



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 4 (№ 38)

Елец - 2025



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.А. БУНИНА»

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 4 (№ 38) / Елец, 2025

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» (399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1).

«Агропромышленные технологии Центральной России» является научно-практическим рецензируемым журналом, входит в перечень ВАК при Минобрнауки российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Журнал размещается в национальной информационно-аналитической системе РИНЦ. Журнал основан в 2016 году, выходит 4 раза в год. Свидетельство о регистрации ISSN: 2541-7835

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ГУЛИДОВА Валентина Андреевна – Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

ЗАХАРОВ Вячеслав Леонидович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

ШУБКИН Сергей Юрьевич – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

АБЖАНОВА Шолпан Амангелдыкызы – канд. техн. наук, профессор Алматинского технологического университета.

БАКИН Игорь Алексеевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева».

ВАСЮКОВА Анна Тимофеевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского».

ГЛОТОВА Ирина Анатольевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ЖУРАВЛЕВ Михаил Валентинович – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева»

КЛЮЧНИКОВ Андрей Иванович – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)».

ОВСЯННИКОВ Виталий Юрьевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

ОСПАНОВ Асан Бекешович – Академик Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, председатель правления Казахского НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности.

РСКЕЛДИЕВ Бердан Абдазимович – Член-корреспондент Национальной академии естественных наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор Алматинского технологического университета, почетный профессор Государственного университета им. Шакарима г. Семей.

СОКОЛ Наталья Викторовна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

ШКОЛЬНИКОВА Марина Николаевна – д-р техн. наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

ЩЕГОЛЬКОВ Николай Фёдорович – канд. с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Липецкой лаборатории ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела».

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

АЛИЕВ Таймасхан Гасан-Гусейнович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

ИВОЙЛОВ Александр Васильевич – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

КУЗИН Андрей Иванович – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФНЦ им. И.В. Мичурина, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

НАУМКИН Владимир Петрович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина».

ОБРАЗЦОВ Владимир Николаевич – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ОНИЩЕНКО Людмила Михайловна – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

СОЛДАТЕНКО Алексей Васильевич – Академик Российской академии наук, д-р с.-х. наук, профессор, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

СОТНИКОВ Борис Александрович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЩУЧКА Роман Викторович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ГИЕВСКИЙ Алексей Михайлович – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ЕДНАЧ Валерий Николаевич – канд. техн. наук, доцент УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ПОЛЯКОВ Роман Николаевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева».

САВИН Леонид Алексеевич – Действительный член Российской инженерной академии, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева».

СОЛОВЬЕВ Сергей Владимирович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

ЧАТКИН Михаил Николаевич – Член-корреспондент Российской академии Естественных наук, ректор ФГБОУ ДПО «Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса», д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

ЧЕБОТАРЁВ Валерий Петрович – д-р техн. наук, профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ШАХОВ Сергей Васильевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВИНОГРАДОВ Дмитрий Валериевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет».

ДУБРОВИНА Ольга Алексеевна – канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЗАЙЦЕВ Глеб Анатольевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы».

ЗУБКОВА Татьяна Владимировна – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

КРАВЧЕНКО Владимир Александрович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

КОЧАРЛИ Нателла Керишкызы – канд. биол. наук, доцент Бакинского государственного университета.

The founder and the publisher: *The Federal State Educational Government-Financed Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University» (399770, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov street, 28, 1).*

«Agro-Industrial Technologies of Central Russia» is a scientific and practical peer-reviewed journal, is included in the list of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russian peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degrees of doctor and candidate of sciences should be published. The journal is published in the national information and analytical system of the RSCI. The journal was founded in 2016, it is published 4 times a year. The certificate on registration in National agency ISSN: 2541-7835.

EDITORIAL COUNCIL:

EDITOR-IN-CHIEF OF THE JOURNAL, CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:

GULIDOVA Valentina – Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

ZAKHAROV Vjacheslav – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

EXECUTIVE SECRETARY:

SHUBKIN Sergej – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

ABZHANOVA Sholpan – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Almaty Technological University.

BAKIN Igor - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

VASYUKOVA Anna - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Vernadsky Russian State University of National Economy.

GLOTOVA Irina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

ZHURAVLEV Mikhail – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

KLYUCHNIKOV Andrey – Doctor of Technical Sciences, Professor of the K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University).

OVSYANNIKOV Vitaly – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

OSpanov Asan – Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Board of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry.

RSKELDIEV Berdan – Corresponding Member of the National Academy of Natural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor of Almaty Technological University, Honorary Professor of the State University Shakarima G. Semey.

SOKOL Natalia – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Kuban State Agricultural University.

SHKOLNIKOVA Marina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ural State University of Economics.

SHCHEGOLKOV Nikolay – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Russian Research Institution of Breeding Case (Lipetsk Laboratory).

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

ALIEV Tajmaskhan – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

IVOILOV Aleksandr – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ogaryov Mordovian State University.

KUZIN Andrey – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the I. V. Michurin Federal Research Center, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

NAUMKIN Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

OBRAZTSOV Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

ONISHCHENKO Lyudmila – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin.

SOLDATENKO Alexey – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center of Vegetable Growing».

SOTNIKOV Boris – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

SHHUCHKA Roman – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

GIEVSKY Alexey – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

EDNACH Valery – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

POLYAKOV Roman – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

SAVIN Leonid – Full Member of the Russian Academy of Engineering, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

SOLOVYOV Sergey – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

CHATKIN Mikhail – Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Rector of the Mordovian Institute of Agribusiness Personnel Retraining, Doctor of Technical Sciences, Professor of the National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev.

CHEBOTARYOV Valery – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

SHAKHOV Sergej – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

VINOGRADOV Dmitry – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev.

ZAITSEV Gleb – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Akmulla Bashkir State Pedagogical University.

ZUBKOVA Tatiana – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

DUBROVINA Olga – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

KRAVCHENKO Vladimir – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

KOCHARLI Natella – Candidate of Biological Sciences, associate Professor of the Baku State University.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Вадовский И.К., Васюкова А.Т., Эдварс А.Р., Кривошонок К.В. Влияние способов обработки рубленых полуфабрикатов на микробиологические показатели готовых изделий для ОВД диеты.....	10
Высоцкая Е.А., Королькова Н.В., Корольков К.Е. Исследование растительных масел для жировой фазы майонезов и майонезных соусов.....	19
Журавлёв М.В., Назаров А.Ю., Мустафина А.С. Обоснование целесообразности применения озона в технологии разделения утфеля первой ступени кристаллизации.....	26
Забалуева Ю.Ю., Шевченко Г.В., Амерханов К.Р., Титов Е.Д. Создание мясных продуктов из биоресурсов Арктической зоны Российской Федерации.....	35
Зимняков В.М., Курмаев Д.А., Фролов Д.И. Совершенствование технологии производства вареных колбас из мяса индейки.....	45
Калужских А.Г., Трубников В.Н., Заикин А.А. Исследование влияния шафрана на физико-химические показатели пшеничного хлеба.....	54
Кузьмин С.В., Есаулова О.В., Мощенская Н.В., Русаков В.Н., Горина И.Е. Исследование влияния ионизирующего излучения на показатели качества и безопасности мясной продукции.....	62
Кузьмин С.В., Есаулова О.В., Мощенская Н.В., Русаков В.Н., Горина И.Е. Научное обоснование алгоритма функционирования цифровой системы дистанционного контроля в сфере обработки продукции ионизирующим излучением...	80
Кузьмин С.В., Есаулова О.В., Мощенская Н.В., Русаков В.Н., Горина И.Е. Научное обоснование создания системы сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением, с применением средств дистанционного контроля.....	91
Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Евдокимова О.В., Павлова А.Е., Ковалева Д.А. Оценка качества ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника.....	101
Роднищев С.В., Шахов С.В., Дмитриев Д.В., Глотова И.А. Физико-механические свойства семян киноа отечественной селекции.....	112
Четвериков В.И., Уразов А.В., Рожнов Е.Д., Захаров В.Л. Древесина плодовых пород как инструмент импортозамещения в производстве дистиллятов.....	122

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Гизатуллина А.Т., Сташевски З., Вологин С.Г., Гимаева Е.А., Амерханова Ф.Р., Закиева Э.И. Результаты эколого-географического испытания сортов картофеля в условиях Республики Татарстан.....	132
---	-----

Дубровина Т.Ю., Дубровина О.А., Зубкова Т.В. Эффективность методов биологического и химического контроля над популяциями гороховой тли.....	146
Кистанова С.А., Виноградов Д.В., Зубкова Т.В., Мартынушкин А.Б. Развитие и урожайность сортов гречихи при применении органоминерального удобрения в условиях юга Нечерноземной зоны.....	153

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Бунеев С.С., Шубкин С.Ю., Чудинов Е.С. Математическое моделирование и оптимизация конструктивно-кинематических параметров дробилки-калибратора кормов для домашней птицы.....	165
Габаев А.Х., Мишхожев А.А., Курманова М.К. Теоретическое исследование параметров катушки высевающего аппарата зерновой сеялки.....	174
Радин С.Ю., Шубкин С.Ю., Добрин С.А., Коростелев П.П., Хныкин С.В. Исследование адаптивной торсионной рессорной подвески автотракторного прицепа....	185

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Акимов А.А., Беленков А.И. Динамика агрофизических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в севооборотах короткой ротации Центрального Нечерноземья.....	195
Захаров В.Л., Моргачева Н.В. Химические свойства различных типов и подтипов почвы в садообороте СПССПК «Тимирязевский».....	206

CONTENTS

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Vadovsky I.K., Vasyukova A.T., Edwards A.R., Krivoshonok K.V. The influence of processing methods of chopped semi-finished products on the microbiological parameters of finished products for the BVD diet.....	10
Vysotskaya E.A., Korolkova N.V., Korolkov K.E. The study of vegetable oils for fatty phases of mayonnaise and mayonnaise sauces.....	19
Zhuravlyov M.V., Nazarov A.Yu., Mustafina A.S. Justification of the feasibility of using ozone in the technology of separating first crystallization masecuite.....	26
Zabalueva Yu.Yu., Shevchenko G.V., Amerkhanov K.R., Titov E.D. Creation of meat products from bioresources of the Arctic zone of the Russian Federation.....	35
Zimnyakov V.M., Kurmaev D.A., Frolov D.I. Improvement of the technology of production of cooked sausages from turkey meat.....	45
Kaluzhskikh A.G., Trubnikov V.N., Zaikin A.A. Investigation of the effect of saffron on the physico-chemical indicators of wheat bread.....	54
Kuzmin S.V., Esaulova O.V., Moshenskaya N.V., Rusakov V.N., Gorina I.E. Investigation of the effect of ionizing radiation on the quality and safety of meat products.....	62
Kuzmin S.V., Esaulova O.V., Moshenskaya N.V., Rusakov V.N., Gorina I.E. Scientific justification of the operating algorithm of the «Radurization» digital remote control system for ionizing radiation processing of products.....	80
Kuzmin S.V., Esaulova O.V., Moshenskaya N.V., Rusakov V.N., Gorina I.E. Scientific justification for the creation of a certification system for products treated with ionizing radiation, using remote control devices	91
Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Evdokimova O.V., Pavlova A.E., Kovaleva D.A. Evaluation of the quality of the royal cheesecake using oatmeal talkan and rosehip fruit powder.....	101
Rodnishchev S.V., Shakhov S.V., Dmitriev D.V., Glotova I.A. Physical and mechanical properties of domestic-breed quinoa seeds.....	112
Chetverikov V.I., Urazov A.V., Rozhnov E.D., Zakharov V.L. Fruitwood as an import substitution tool in the production of distillates.....	122

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Gizatullina A.T., Stasevski Z., Vologin S.G., Gimaeva E.A., Amerkhanova F.R., Zakieva E.I. Results of potato variety evaluation in the conditions of Tatarstan Republic.....	132
Dubrovina T.Yu., Dubrovina O.A., Zubkova T.V. The effectiveness of methods of biological and chemical control over populations of pea aphids.....	146

Kistanova S.A., Vinogradov D.V., Zubkova T.V., Martynushkin A.B. Development and yield of buckwheat varieties under organomineral fertilizer application in the southern Non-Black Earth Zone.....	153
---	-----

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Buneev S.S., Shubkin S.Yu., Chudinov E.S. Mathematical modeling and optimization of the design and kinematic parameters of a feed crusher-calibrator for poultry.....	165
--	-----

Gabayev A.Kh., Mischogev A.A., Kurmanova M.K. Theoretical study of the parameters of the seeding unit coil of a grain seeder.....	174
--	-----

Radin S.Yu., Shubkin S.Yu., Dobrin S.A., Korostelev P.P., Khnykin S.V. Investigation of adaptive torsion spring suspension of an automotive trailer.....	185
---	-----

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Akimov A.A., Belenkov A.I. Dynamics of agrophysical properties of sod-podzolic light loam soil in short-rotation crop rotations of the Central Non-Black Earth region.....	195
---	-----

Zakharov V.L., Morgacheva N.V. Chemical properties of various types and subtypes of soil in the horticultural rotation of the Timiryazevsky agricultural production supply and marketing cooperative.....	206
--	-----

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 664.7

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-10-18

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ОВД ДИЕТЫ

**Вадовский Илья Константинович¹, Васюкова Анна Тимофеевна^{2✉},
Эдварс Анатолий Ростиславович², Кривошонов Константин Викторович⁴**

^{1,2}Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского, 143900, Россия, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1

^{2,3}Российский биотехнологический университет, 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

⁴Федеральный центр мониторинга питания обучающихся, 105005, Россия, г. Москва, ул. Радио, д. 10Ас1, флигель 3

¹i.vadovskiy@mail.ru

²vasyukova-at@yandex.ru✉

³aedvars@yandex.ru

⁴krivoshonok@gmail.com

Аннотация. Белоксодержащие продукты животного происхождения наиболее востребованы. Они входят в рационы как сбалансированного, так и диетического питания. Особую важность для взрослого трудоспособного населения они приобретают в целях компенсации величины физиологической потребности в энергии и пищевых веществах в условиях интенсивных производственных процессов, характеризующихся коэффициентом физической активности (КФА), а также профилактики неинфекционных заболеваний у населения в условиях дефицита качественных продуктов питания в различных странах. Поэтому разработка обогащенных продуктов и исследование их показателей качества, в том числе микробиологических, становится значимой и остро востребованной задачей. Важным является не только изготовление качественного продукта, но и обеспечение его пищевых и микробиологических показателей на всех этапах технологического процесса. Введение овощных (кабачок, лук репчатый и чеснок свежие) и зернобобовых (сухая функциональная смесь 3/ВС-2) добавок в рыбный фарш позволили повысить антиоксидантные свойства пищевой системы, что отразилось на продолжительности хранения изделий из котлетной массы. Синергический эффект концентрации фенольных компонентов вместе с витаминами С, бета-каротином и группы В достигается при 10% смеси 3/ВС-2 и 20% овощей. В образцах определяли общий микробный фон, содержание КМАФАнМ, БГКП и присутствие патогенных микроорганизмов, выявляли соответствие требованиями ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013.

Ключевые слова: диетические блюда, рубленые полуфабрикаты, микробиологические показатели, пищевая ценность, ОВД диета.

Для цитирования: Влияние способов обработки рубленых полуфабрикатов на микробиологические показатели готовых изделий для ОВД диеты / И.К. Вадовский, А.Т. Васюкова, А.Р. Эдварс, К.В. Кривошонов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 10-18. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-10-18>.

Права: © И.К. Вадовский, А.Т. Васюкова, А.Р. Эдварс, К.В. Кривошонов (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

THE INFLUENCE OF PROCESSING METHODS OF CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS ON THE MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF FINISHED PRODUCTS FOR THE BVD DIET

Ilya K. Vadovsky¹, Anna T. Vasyukova²✉, Anatoly R. Edwards³, Konstantin V. Krivoshonok⁴

^{1,2}Vernadsky Russian State University of National Economy, 1 Yu. Fuchika Str., Balashikha, Moscow region, 143900, Russia

^{2,3}Russian Biotechnology University, 11 Volokolamsk highway, Moscow, 125080, Russia

⁴Federal Center for Monitoring Student Nutrition, 10As1 Radio Str., wing 3, Moscow, 105005, Russia

¹i.vadovskiy@mail.ru

²vasyukova-at@yandex.ru✉

³aedvars@yandex.ru

⁴krivoshonok@gmail.com

Abstract. Protein-containing animal products are the most popular. They are included in both balanced and dietary diets. They are especially important for working-age adults to meet their physiological needs for energy and nutrients in intensive production processes, characterized by a physical activity index (PAI), and to prevent non-communicable diseases in the population amid shortages of high-quality food products in various countries. Therefore, the development of fortified products and the study of their quality indicators, including microbiological ones, is becoming a significant and highly sought-after task. It is important not only to produce a high-quality product but also to ensure its nutritional and microbiological indicators at all stages of the technological process. The introduction of vegetable (fresh zucchini, onions, and garlic) and legume (dry functional mixture 3/BC-2) additives to minced fish improved the antioxidant properties of the food system, which affected the shelf life of products made from the cutlet mass. A synergistic effect of the concentration of phenolic components together with vitamins C, beta-carotene, and group B is achieved at 10% of the 3/BC-2 mixture and 20% of vegetables. The samples were analyzed for the general microbial background, the content of QMAFAnM, coliform bacteria, and the presence of pathogenic microorganisms, and compliance with the requirements of TR CU 021/2011 and TR CU 034/2013 was determined.

Keywords: dietary dishes, chopped semi-finished products, microbiological indicators, nutritional value, BVD diet.

For citation: The influence of processing methods of chopped semi-finished products on the microbiological parameters of finished products for the BVD diet. I.K. Vadovsky, A.T. Vasyukova, A.R. Edwards, K.V. Krivoshonok. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 10-18. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-10-18>.

Copyright: © I.K. Vadovsky, A.T. Vasyukova, A.R. Edwards, K.V. Krivoshonok (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

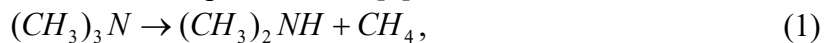
В последнее десятилетие замечен повышенный спрос на здоровые продукты питания, особенно животного происхождения. Это соотносится с правительственными документами «Доктрина продовольственной безопасности» и «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы». Потребность в здоровых продуктах и повышение осведомленности о роли таких продуктов у населения связаны с интенсивным ростом неинфекционных заболеваний у трудоспособной категории граждан и вопросами их предупреждения. Повышение энергетических затрат, вследствие осуществления производственной деятельности и высокой физической нагрузки в совокупности с недостаточным сбалансированным питанием в течение рабочей смены и дефицитом времени на приготовления блюд в домашних условиях являются факторами риска ранней заболеваемости. Заболевания сердечно-сосудистой, эндокринной, мочевыделительной системы, желудочно-кишечного тракта, диабет второго типа, онкологические заболевания лидируют в нашей стране и за рубежом. Качественные диетические продукты функциональной направленности

предоставляются потребителям и пациентам узкого ассортимента и соответствующего качества, выбор данной продукции сильно ограничен.

Резервом для разработки функциональных продуктов питания, рекомендуемых для основного варианта стандартной диеты (ОВД), могут стать не традиционные для рыбных фаршевых изделий дополнительные компоненты, позволяющие регулировать функционально-технологические свойства сырья и полуфабрикатов, создавать возможность проявления сырьем синергизма при взаимодействии основных пищевых веществ, способах обработки и оптимизированных режимах. Все перечисленные факторы в совокупности позволят получить пищевые продукты нового поколения.

Приоритетным направлением создания функциональных продуктов для ОВД диеты является использование предварительно сбалансированных по аминокислотному составу сухих функциональных смесей (СФС) на основе зернобобового, пряно-ароматического сырья и специй, нетрадиционных растительных компонентов и щадящих режимов тепловой обработки. Перечисленное сырье обладает комплексом пищевых веществ: витаминно-минеральным, минорных соединений, в том числе полифенольных, имеющих в комплексе более чем одной фенольной группы в молекуле. Это позволяет создать стабильные комплексные соединения, повысить антиоксидантные свойства пищевой системы, содержат стильбены, что интенсифицирует основные функции – нейтрализация свободных радикалов, укрепление сосудистых стенок, снижение уровня глюкозы и холестерина в крови, защита нервных клеток от повреждения. Все это приводит к коррекции сроков хранения особо скоропортящихся продуктов и улучшению их качества.

Свежие овощи: кабачок, лук репчатый и чеснок – кладовая витаминов и минеральных веществ. Эти нетрадиционные компоненты рецептуры взаимодействуют с триметиламином рыбы, что приводит к получению диметиламина и снижения резко выраженного рыбного запаха и вкусо-ароматического ощущения готового продукта [6]. Так, кабачок содержит 0,1% органических кислот. В результате реакции деалкилирования (отщепления алкильной группы), которая происходит при взаимодействии органических кислот в водной среде и при повышении температуры образуется вторичный амин, производное аммиака, в молекуле которого два атома водорода замещены метильными радикалами [6]:



(триметиламин → диметиламин + метан).

Дмитрикова В.Г. предложила дезодорирование фарша из минтая 0,2% раствором органических кислот (уксусная, лимонная, винная и молочная), предварительное бланширование и последующую обработку горячим паром, оптимальным способом подготовительной обработки мяса минтая является пропекание горячим воздухом при температуре 100-140°C [6].

Снижение концентрации биогенных аминов получено Васюковой А.Т. и Кривошонком К.В. [4, 5] путем взаимодействия фарша из минтая со сметанным, сметанным с томатом соусами в процессе запекания при температуре 180 °С.

Журавлева С.В., Бойцова Т.М. и другие предложили биомодификацию ферментных систем минтая и сельди – рыб с низкой активностью собственных ферментных систем [7]. Журавлевой С.В. отмечен дезодорирующий эффект измельченной мышечной ткани рыбы биомодификацией молочнокислыми микроорганизмами [8, 9].

Кроме формирования вкусовых характеристик фаршей из минтая определено воздействие зернобобовых культур на структуру фаршевых систем. Богданов В.Д. с соавторами установили влияние смеси криоконцентратов из морепродуктов, рисовой и пшеничной муки в присутствии фермента транслутаминазы. Криоконцентраты, входящие в рецептуру, способствовали связыванию воды и повышению водоудерживающей способности фарша [2].

Коржавина Ю.Н. с соавторами [11] предложила использовать натуральные растительные ингредиенты (кукурузный крахмал, кукурузная, пшеничная, рисовая, льняная мука и цельнозерновая полбяная мука) в качестве структурообразователя. Консистенция рыбного фарша зависит от водоудерживающей способности (ВУС), степени измельчения мышечной ткани рыбы и содержании влаги в рыбном сырье. Упругоэластические свойства промыш-

ленного комплекса показателей характеризуют способность формирования фарша и фаршевых изделий в процессе производства. Добавление муки из зерновых культур и крахмала оказывают содействие увеличению ВУС на 5-10% в зависимости от вида наполнителя.

Таким образом, выявлены нетрадиционные компоненты рыбных фаршей, которые воздействуют на функционально-технологические свойства пищевой системы и повышают пищевую ценность за счет витаминно-минерального комплекса растительного сырья.

Цель исследования – обоснование влияния СФС и свежих овощей на функционально-технологические свойства пищевой системы – рыборастворительного фарша и изделий из него.

Материалы и методы исследований

Разработку комбинированных рыборастворительных полуфабрикатов и кулинарных изделий, определение микробиологических показателей качества осуществляли в течение 2024-2025 годов. Лабораторные испытания проводились на фабрике-кухне торговой марки «ЗОЩ» г. Москвы, в ООО «Центр сертификации и экологического мониторинга агрохимической службы «Московский», а производственную апробацию осуществляли на линии «Бега-рат» в ООО «А-Групп» г. Ульяновска. Для обоснования полученных результатов использовалась база данных ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» о пищевой ценности сырья, гастрономических и кулинарных изделий [13].

Объект исследования: полуфабрикаты и кулинарные изделия из филе минтая, в рецептуру которых входила СФС - мука из злаков и бобовых (З/ВС-2), свежие овощи (кабачок, лук репчатый, чеснок). В качестве панировочного полуфабриката (панировка белая) был использован батон нарезной, без корок, нарезанный кубиками с ребром 5 мм и подсушенными в жарочном шкафу при 180°C, для приобретения стабильной не крошащейся консистенции и хорошо сохраняемой формы. В процессе подбора соотношений использовался метод однофакторного планирования эксперимента с варьированием содержания растительных компонентов в пределах 10–20% от общей массы.

Предмет исследования – способы обработки рубленых полуфабрикатов

Образцы готовили по Сборнику рецептов [12]. Определение выхода полуфабрикатов и кулинарных изделий в процессе разработки новой продукции осуществляли по ГОСТ 32691-2014. Услуги общественного питания. Порядок разработки фирменных и новых блюд и изделий на предприятиях общественного питания.

Важным являлось также установление оптимального периода хранения при заданных температурных условиях и типе упаковки, в течение которого продукт сохраняет стабильность микробиологических, физико-химических и сенсорных показателей. Ввиду специфики состава, включающего как животные, так и растительные компоненты, а также ориентации на глубокую заморозку, исследование проводилось в соответствии с нормами ГОСТ 32299-2013. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва, СанПиН 2.3/2.4.3590-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения и Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), а также с учетом рекомендаций технологических регламентов по замороженным полуфабрикатам. Исследуемый продукт хранился при температуре минус 18 °C в герметично упакованном виде с использованием модифицированной газовой среды (80% N₂ и 20% CO₂), что обеспечивает ингибирование роста аэробной микрофлоры и окислительных процессов. Контрольные образцы отбирались через интервалы: 0, 15, 30, 60, 90 и 120 суток.

На каждом этапе проводился анализ по следующим показателям: общее микробное число (ОМЧ), наличие БГКП, сальмонелл, дрожжей и плесеней, а также измерялись значения pH, влагосвязывающей способности, органолептических свойств и активности перекисного окисления липидов (ПОЛ), основанного на реакции тиобарбиталовой кислоты (ТБК) с малоновым альдегидом (МДА) Анализ проводился в соответствии с ГОСТ Р 55810-2013 Мясо и мясные продукты. Метод определения тиобарбитурового числа.

Сенсорная оценка мясорастительных полуфабрикатов и кулинарных изделий проводилась дегустационной комиссией, состоящей из квалифицированных преподавателей, а также участвовали студенты-технологи. Органолептические характеристики, а именно, сочетаемость рыбного и растительного сырья в составе комбинированной пищевой системы определены на основании пятибалльной гедонической шкалы [10]. Полученные результаты сенсорной оценки были учтены для анализа возможности обогащения нетрадиционными для рыбных фаршей растительными добавками и рекомендаций для использования в диетическом питании для ОВД диеты.

Результаты исследований и их обсуждение

Основной вариант стандартной диеты предполагает механическое, химическое и термическое щажение диетических блюд. Определение оптимального соотношения компонентов в рецептуре высокобелкового рыбного полуфабриката является критически важным этапом технологической разработки, поскольку от пропорций базовых и функциональных ингредиентов напрямую зависят физико-химические, структурно-механические, органолептические и микробиологические свойства продукта. На основании исследований консистенции компонентов рецептуры и их совокупного воздействия в пищевой системе установлены количественные соотношения между филе рыбы, мукой СФС и свежими измельченными овощами, в концентрации 10% смеси 3/ВС-2 и 20% овощей. При данных соотношениях достигается максимальная технологическая стабильность и биологическая полноценность продукта, а также сохраняются его потребительские качества. Разработанные рыборастительные диетические котлеты из рыбы показаны в табл. 1.

Таблица 1. Котлеты из рыбы диетические

Наименование сырья	Расход сырья и полуфабрикатов	
	1 порцию	90 штук
	Нетто, г	Нетто, кг
Филе минтая свежемороженого	28,6	2,574
Хлеб пшеничный	2,5	0,225
Масло сливочное	3,5	0,315
Сухая функциональная смесь (3/ВС-2)	5,0	0,450
Молоко или вода	10,0	0,900
Кабачок свежий	7,6	0,684
Лук репчатый свежий	2,25	0,203
Чеснок свежий	0,25	0,022
Соль пищевая	0,5	0,045
Перец чёрный молотый	0,01	0,001
Панировка белая	5,0	0,450
Итого	50,0	90 шт. по 50 г

Установленное в процессе моделирования рецептуры и технологических исследований соотношение компонентов обеспечивает достижение оптимального уровня белка – свыше 20%, при сохранении структурной целостности и формируемости полуфабриката. Данные органолептической оценки свидетельствуют о высокой потребительской привлекательности полуфабриката и его готовности к выводу на рынок в качестве конкурентоспособного продукта с функциональной направленностью. Подчеркивается синергетический эффект от сочетания рыбного белка с растительными ингредиентами, который выражается не только в улучшении нутриентного профиля, но и в органолептической гармоничности. В итоге, исходя из вышеизложенного, можно заключить, что предложенная рецептура и технология обеспечивают стабильный результат с высокой степенью сенсорного восприятия, соответствующую

щего требованиям современной пищевой индустрии и запросам целевых потребительских групп, а также соответствует требованиям ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции, СанПиН 2.3./2.4.3590-20 и методическим рекомендациями к ним.

Необходимо отметить также, что положительное влияние методов кулинарной обработки отразилось на показатели безопасности изделий из высокобелкового рыбного фарша. Микробиологические показатели инновационных рыбных полуфабрикатов даны в табл. 2.

Таблица 2. Микробиологические показатели высокобелкового рыбного полуфабриката

Показатель	Единица измерения	Полученное значение	Допустимое значение по ГОСТ	Методика / норматив
Общее микробное число (ОМЧ)	КОЕ/г	$1,9 \times 10^3$	$\leq 5,0 \times 10^3$	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	в 0,01 г	Не обнаружены	Отсутствие	ГОСТ 30518-97
Сальмонеллы	в 25 г	Не обнаружены	Отсутствие	ГОСТ 31659-2012
Дрожжи и плесени	КОЕ/г	<10	$\leq 5,0 \times 10^2$	ГОСТ 10444.12-88
Сульфитредуцирующие клостридии	в 0,01 г	Не обнаружены	Отсутствие	ГОСТ 29185-91
Коагулазоположительные стафилококки	КОЕ/г	Не обнаружены	$\leq 10^2$	ГОСТ 30347-97

Полученные данные позволяют сделать обоснованный вывод о том, что исследуемый полуфабрикат полностью соответствует действующим санитарным требованиям по микробиологическим показателям. Он может быть рекомендован к производству и реализации при условии соблюдения технологических режимов и сроков хранения, указанных в нормативной документации. Высокий уровень микробиологической чистоты продукции во многом обеспечивается благодаря правильной предварительной обработке сырья (бланширование овощей, дефростация рыбы при низких температурах), рациональной технологии приготовления полуфабрикатов, готовых кулинарных изделий и своевременной упаковке в газовой среде. Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что предложенный состав и схема производства позволяют получить безопасный и стабильный продукт, пригодный для длительного хранения в замороженном виде при температуре -18°C и выше [3, 14].

Исследование сроков годности высокобелкового рыбного полуфабриката с добавлением СФС и свежих овощей представляет собой заключительный этап оценки потребительских и товарных свойств продукта, определяющий допустимую продолжительность его хранения без утраты безопасности, органолептических и питательных характеристик. В течение первых 60 суток хранения показатели оставались стабильными: уровень ОМЧ не превышал $2,1 \times 10^3$ КОЕ/г, значение pH колебалось в пределах 6,42–6,39, активность ПОЛ была минимальной (ТБК-показатель 0,18 мг МДА/кг), органолептические свойства не изменялись. На 90 сутки наблюдалось незначительное увеличение ОМЧ до $3,4 \times 10^3$ КОЕ/г и снижение влаго-связывающей способности на 3%, при этом дегустационная комиссия отметила появление лёгкой зернистости в текстуре и снижение яркости вкусового профиля, однако общая оценка оставалась в пределах допустимого (8,4 балла по 10-балльной шкале). На 120 сутки зафиксировано повышение уровня ПОЛ до 0,35 мг МДА/кг, pH снизился до 6,27, консистенция стала менее упругой, наблюдалась потеря сочности и появление лёгкого постороннего запаха. ОМЧ приблизилось к предельному уровню ($4,8 \times 10^3$ КОЕ/г), а уровень дрожжевых грибов составил меньше 10 КОЕ/г, что, хотя и находилось в пределах нормативов, свидетельствовало о начале процессов деградации. Данные сведены в табл. 3.

Таблица 3. Влияние сроков хранения на показатели качества разработанного рыбного полуфабриката

Срок хранения, сут.	pH	ОМЧ, КОЕ/г	ТБК-показатель, мг/кг	ВСВ, %	Органолептическая оценка (из 10)
0	6,42	$1,7 \times 10^3$	0,12	74,1	9,2
30	6,40	$2,0 \times 10^3$	0,15	73,6	9,1
60	6,39	$2,1 \times 10^3$	0,18	72,8	8,9
90	6,33	$3,4 \times 10^3$	0,26	71,5	8,4

Полученные данные позволяют сделать вывод, что при соблюдении температурного режима минус 18 °С и использовании барьерной упаковки полуфабрикат сохраняет все качественные показатели в пределах санитарных норм и потребительских требований в течение 90 суток. После этого срока начинается медленная деградация структуры, накопление продуктов окисления липидов и ухудшение органолептики. Учитывая результаты комплексного анализа, а также данные, представленные в аналогичных исследованиях стабильности комбинированных рыбных полуфабрикатов [1, 4, 5], оптимальный срок хранения продукта может быть обоснованно установлен на уровне 3 месяцев при температуре –18 °С.

Выводы

1. В представленной работе проводилось комплексное исследование возможностей обогащения рыбных фаршей нетрадиционными растительными компонентами, способствующими созданию оптимальных функционально-технологических свойств и получения высокобелковых пищевых систем. Основные научные результаты, полученные при выполнении работы позволят рекомендовать рыбные диетические котлеты в рацион пациентов, которым назначена ОВД диета.

2. Исходя из полученных данных, можно заключить, что разработанная рецептура и предложенная технология обладают высоким уровнем технико-технологической эффективности, удовлетворяющим современным критериям безопасности, рациональности, экономичности и устойчивости. Установлено, хранение диетических рыбных полуфабрикатов в полиэтиленовой упаковке без изменений качества может быть в течение 90 дней при температуре –18 °С. Достижение полученных режимов хранения возможно при введении в рецептуру 20% растительного сырья, обладающего антиоксидантными свойствами.

3. Продукт адаптирован к промышленному производству, не требует модернизации оборудования, демонстрирует стабильные параметры качества и может быть внедрён в производственные циклы с минимальными барьерами. Такое решение отвечает приоритетным задачам развития отечественной пищевой промышленности и способствует повышению конкурентоспособности российских полуфабрикатов на внутреннем и потенциально – внешнем рынках.

Список источников

1. Бессмертная И.А., Цибизова М.Е. Обогащение рыбных фаршевых изделий растительными белками: проблемы и решения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 106-115.
2. Богданов В.Д. и др. Исследование влияния структурорегулирующих добавок на свойства рыбных фаршевых систем. Вестник МГТУ. 2022. Т. 25. № 3. С. 219-230.
3. Бойцова Т.М. Сбалансированные продукты на основе рыбного фарша // Питание XXI века: медико-биологические аспекты, пути оптимизации: тр. междунар. симпозиума. Владивосток. ГМУ, 1999. С.97-98.
4. Васюкова А.Т., Кривошонок К.В., Сидоренко Ю.И. Биогенные амины в рыбных полуфабрикатах и кулинарных изделиях. Рыбное хозяйство. 2022. № 1. С. 95-102.

5. Васюкова А.Т. и др. Формирование вкуса комбинированных рыбных фаршей в процессе кулинарной обработки / А.Т. Васюкова, К.В. Кривошонок, М.Д. Веденяпина, В.В. Кузнецов // Рыбное хозяйство. 2022. № 3. С. 99–103.
6. Дмитрикова В.Г. Пути улучшения вкусоароматических свойств мяса // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление, 2002. С. 89-93.
7. Журавлева С.В. и др. Влияние биомодификации на органолептические показатели мышечной ткани рыб / С.В. Журавлева, Т.М. Бойцова, Ж.Г. Прокопец, А.В. Журавлева // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2018. № 45. С. 37-42.
8. Журавлева С.В. Разработка технологии рыбных паст из сырья прибрежного лова с использованием молочнокислых микроорганизмов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 2008. 23 с.
9. Журавлева С.В., Бойцова Т.М. Получение функциональных продуктов питания с использованием *Lbm. acidophilum* // Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы: тезисы третьей междунар. науч.-практ. конф., Светлогорск, 2-3 июля 2008 г. Москва: МАКС Пресс, 2008. С. 54.
10. Землякова Е.С. Сенсорные методы оценки качества продуктов пищевой биотехнологии: учеб.-методич. пособие по лабораторным работам для студ., обучающихся в магистратуре по направлению подгот. Биотехнология (профиль Пищевая биотехнология). Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2022. 56 с.
11. Коржавина Ю.Н., Альшевский Д.Л., Устич В.И. Ряды натуральных растительных ингредиентов для сравнения органолептические и реологические характеристики фарша и готовых колбасных изделий из кларового сомы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 1. С. 127-136.
12. Сборник технических нормативов. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Часть 1. Москва, Хлебпродинформ, 2021. 602 с.
13. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под редакцией академиков РАН В. А. Тутельяна [и др.]. Москва : ДеЛи, 2024. 192 с.
14. Чернявская С.Л. Технология комбинированных рыбных продуктов с заданными функциональными свойствами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Калининград, 2022. 175 с.

References

- 1 Bessmertnaya I.A., Tsibizova M.E. Enrichment of minced fish products with vegetable proteins: problems and solutions. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries, 2022, no. 2, pp. 106-115.
2. Bogdanov V.D. et al. Study of the influence of structure-regulating additives on the properties of minced fish systems. Bulletin of Moscow State Technical University, 2022, vol. 25, no. 3, pp. 219-230.
3. Boytsova T.M. Balanced products based on minced fish. Nutrition of the XXI century: medical and biological aspects, ways of optimization: proc. of the international. symposium. Vladivostok. State Medical University, 1999, pp. 97-98.
4. Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V., Sidorenko Yu.I. Biogenic amines in semi-finished fish products and culinary products. Fish industry, 2022, no. 1, pp. 95-102.
5. Vasyukova A.T. et al. Formation of taste of combined minced fish during culinary processing. A.T. Vasyukova, K.V. Krivoshonok, M.D. Vedenyapina, V.V. Kuznetsov. Fisheries, 2022, no. 3, pp. 99-103.
6. Dmitrikova V.G. Ways to improve the taste and aroma properties of pollock meat. Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management, 2002, pp. 89-93.
7. Zhuravleva S.V. et al. Influence of biomodification on the organoleptic indicators of fish muscle tissue. S.V. Zhuravleva, T.M. Boytsova, Zh.G. Prokopets, A.V. Zhuravleva. Bulletin of Kamchatka State Technical University, 2018, no. 45, pp. 37-42.

8. Zhuravleva S.V. Development of technology for producing fish pastes from coastal catches using lactic acid microorganisms: Abstract of Cand. Sci. (Eng.) Dissertation. Vladivostok, 2008. 23 p.
9. Zhuravleva S.V., Boytsova T.M. Production of functional foods using *Lbm. acidophilum*. Food and marine biotechnology: problems and prospects: Proceedings of the third international scientific and practical conference, Svetlogorsk, July 2-3, 2008. Moscow: MAKS Press Publ., 2008, p. 54.
10. Zemlyakova E.S. Sensory methods for assessing the quality of food biotechnology products: a teaching aid for laboratory work for students studying in the master's program in the direction of preparatory work. Biotechnology (profile Food Biotechnology). Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2022. 56 p.
11. Korzhavina Yu. N., Alshevsky D. L., Ustich V. I. Series of natural plant ingredients for comparison of organoleptic and rheological characteristics of minced meat and finished sausages from soma caviar. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries, 2022, no. 1, pp. 127-136.
12. Collection of technical standards. Collection of recipes for dishes and culinary products for catering establishments. Part 1. Moscow, Breadproinform, 2021. 602 p.
13. Chemical composition of Russian food products: reference book. edited by RAS academicians V. A. Tutelyan [et al.]. Moscow: DeLi, 2024. 192 p.
14. Chernyavskaya S.L. Technology of combined fish products with specified functional properties: dis. ... Cand. of Engineering Sciences: 05.18.04. Kaliningrad, 2022. 175 p.

Информация об авторах

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры биотехнологий и продовольственной безопасности;

И.К. Вадовский – аспирант;

А.Р. Эдварс – аспирант;

К.В. Кривошонок – аспирант

Information about the authors

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Biotechnology and Food Security

I.K. Vadovsky – Postgraduate Student;

A.R. Edwards – Postgraduate Student;

K.V. Krivoshonok – Postgraduate Student.

Научная статья

УДК 665.35.002.611

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-19-25

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ЖИРОВОЙ ФАЗЫ МАЙОНЕЗОВ И МАЙОНЕЗНЫХ СОУСОВ

**Высоцкая Елена Анатольевна^{1✉}, Королькова Надежда Валентиновна²,
Корольков Константин Евгеньевич³**

^{1,2,3}Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I,
394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1

¹murka1979@mail.ru✉

²corolkova.nadya@yandex.ru

³costya.korolkoff@yandex.ru

Аннотация. Для жировой фазы майонезов и майонезных соусов используются растительные масла. Пищевая и физиологическая ценность которых обуславливается их жирнокислотным составом. Однако не всегда жирнокислотный состав жировой фазы сбалансирован. Данная статья посвящена изучению жирнокислотного состава традиционных и нетрадиционных растительных масел используемых для производства майонезов и майонезных соусов. В качестве объекта исследования были выбраны наиболее популярные растительные масла и два нетрадиционных, но уже широко потребляемых населением масла тыквенное и авокадо. Для определения жирных кислот в масле использовался метод газовой хроматографии. Проведенный анализ жирнокислотного состава масел показали, что исследуемые масла содержат более 80% ненасыщенных жирных кислот ω -9 олеиновую ω -6 линолевую ω -3 линоленовую. Лидерами по содержанию ω -9 олеиновой жирной кислоты были рапсовое масло пищевых сортов и оливковое масло с содержанием более 50%. Значительное содержание ω -6 наблюдается в кукурузном масле и масле авокадо 40,894 и 32,122% соответственно. Содержание линоленовой полиненасыщенной жирной кислоты ω -3 в большинстве масел незначительное. Соевое, рапсовое и кукурузное масло содержат от 9 до 11%. Но предъявляемым требованиям Института питания РАМН по соотношению ω -6 к ω -3 не соответствует ни одно из исследуемых масел, и превышают установленный показатель в несколько раз. Для улучшения физиологических свойств растительных масел как основы для жировой фазы майонезов необходимо применять купажирование с учетом жирнокислотного состава.

Ключевые слова: ω -6-ненасыщенные жирные кислоты, ω -3-ненасыщенные жирные кислоты, растительные масла, майонезные соусы.

Для цитирования: Высоцкая Е.А., Королькова Н.В., Корольков К.Е. Исследование растительных масел для жировой фазы майонезов и майонезных соусов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 19-25. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-19-25>.

Право: © Е.А. Высоцкая, Н.В. Королькова, К.Е. Корольков (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

THE STUDY OF VEGETABLE OILS FOR FATTY PHASES OF MAYONNAISE AND MAYONNAISE SAUCES

Elena A. Vysotskaya^{1✉}, Nadezhda V. Korolkova², Konstantin E. Korolkov³

^{1,2,3}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 1 Michurina Str., Voronezh,
Voronezh region, 394087, Russia

¹murka1979@mail.ru✉

²corolkova.nadya@yandex.ru

³costya.korolkoff@yandex.ru

Abstract. Vegetable oils are used for the fat phase of mayonnaise and mayonnaise sauces. The nutritional and physiological value of which is determined by their fatty acid composition. However, the fatty acid

composition of the fat phase is not always balanced. This article is devoted to the study of the fatty acid composition of traditional and non-traditional vegetable oils used for the production of mayonnaise and mayonnaise sauces. The most popular vegetable oils and two non-traditional but already widely consumed pumpkin and avocado oils were selected as the object of research. The method of gas chromatography was used to determine fatty acids in oil. The analysis of the fatty acid composition of the oils showed that the studied oils contain more than 80% of the unsaturated fatty acids ω -9 oleic acid ω -6 linoleic acid ω -3 linolenic acid. The leaders in the content of omega-9 oleic fatty acid were rapeseed oil of edible varieties and olive oil with a content of more than 50%. Significant ω -6 content is observed in corn oil and avocado oil of 40.894 and 32.122%, respectively. The content of linolenic polyunsaturated fatty acid ω -3 in most oils is insignificant. Soybean, rapeseed and corn oil contain from 9 to 11%. But none of the studied oils meets the requirements of the Institute of Nutrition of the Russian Academy of Medical Sciences in terms of the ratio of ω -6 to ω -3, and exceed the established figure several times. To improve the physiological properties of vegetable oils as the basis for the fatty phase of mayonnaise, it is necessary to use blending taking into account the fatty acid composition..

Keywords: ω -6-unsaturated fatty acids, ω -3-unsaturated fatty acids, vegetable oils, mayonnaise sauces.

For citation: Vysotskaya E.A., Korolkova N.V., Korolkov K.E. The study of vegetable oils for fatty phases of mayonnaise and mayonnaise sauces. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 19-25. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-19-25>.

Copyright: © E.A. Vysotskaya, N.V. Korolkova, K.E. Korolkov (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Введение

Одним из самых популярных и наиболее потребляемых населением России соусов является майонез. Он широко используется в общественном питании и в кулинарии.

По своей структуре майонезы относятся к прямым концентрированным эмульсиям. Зачастую содержание жировой фазы в них составляет 50-65%. Майонезные эмульсии представляют собой дисперсные системы, в которых одна жидкость (масло) в виде капель распределяется в другой (воде). Причем обе жидкости взаимно нерастворимые. В случае майонеза дисперсной (внутренней) фазой являются капли масла, а вода составляет дисперсную (внешнюю) среду. Большинство исследований и разработок посвящено именно процессу эмульгирования, который заключается в равномерном распределении дисперсной фазы (масла) в дисперсионной среде (воде) с использованием различных видов эмульгаторов для стабилизации эмульсии [5].

Однако важной составляющей майонезной эмульсии является именно жировая фаза, которая определяет полезность готового продукта. Важным вопросом на сегодняшний день является сбалансированность жирнокислотного состава масел входящих в состав жировой основы майонезов и майонезных соусов [8].

Сбалансированность жирнокислотного состава майонезной эмульсии характеризуется оптимальным соотношением эссенциальных (незаменимых) жирных кислот групп ω -3 и ω -6 [6].

В растительных маслах ω -3 группа представлена α -линоленовой жирной кислотой, а ω -6 группа линолевой жирной кислотой. Попадая в организм человека жирные кислоты групп ω -3 и ω -6 подвергаются биохимическим изменениям, в результате которых из линолевой кислоты образуется γ -линоленовая и в конечном итоге арахидоновая полиненасыщенная кислота [7]. Из α -линоленовой синтезируются эйкозапентановая и докозагексановая кислоты. Арахидоновая кислота образуется в организме человека путем биохимического взаимодействия линолевой кислоты с витаминами группы В. По данным медицинских исследований [10] ее содержание в организме не должно превышать 2 г. Избыток может привести к необратимым и опасным для человеческого организма последствиям. Для предотвращения избыточного синтеза арахидоновой кислоты из линолевой в организм должна поступать α -линоленовая кислота, которая является естественным конкурентом в метаболическом процессе [4]. На основании многочисленных медицинских и биохимических исследований Институт питания РАМН разработал рекомендации по оптимальному соотношению ω -6/ ω -3. В соответствии с этими рекомендациями для питания здорового человека в его рационе соот-

ношение ω -6/ ω -3 составляет 10:1. Для людей с патологией жирового обмена и заболеваниями пищеварительной системы соотношение ω -6/ ω -3 составляет 5:1 или 3:1 [2]. В многочисленных исследованиях ВНИИЖ были сформулированы рекомендации пищевого жира. В масле должно содержаться около 50% ω -9 олеиновой кислоты, не менее 20% полиненасыщенных жирных кислот ω -6 и ω -3 и не более 10% предельных жирных кислот с соотношением 1:1 средне- и высокомолекулярных [10].

В своих исследованиях нами сделан уклон на изучение жирнокислотного состава традиционных растительных масел, таких как, оливковое холодного отжима; рафинированные подсолнечное, рапсовое, соевое и кукурузное [1]. Масло авокадо и тыквенное масло являются нетрадиционными, однако, эти масла получены методом холодного отжима и отличаются высоким содержанием токоферолов, а в частности α -токоферола, обладающего самой высокой Е-витаминной активностью [11]. Кроме того, в этих маслах высокое содержание каротиноидов, фосфолипидов и минеральных веществ. Все исследуемые виды масел могут быть использованы для составления купажированной жировой основы для производства майонезов и майонезных соусов [3].

Цель исследования – изучение жирнокислотного состава растительных масел для формирования сбалансированных по питательной и физиологической ценности жировых основ майонезов и майонезных соусов.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – растительные масла: подсолнечное, соевое, кукурузное, рапсовое, оливковое тыквенное и масло авокадо.

Предмет исследования – жирнокислотный состав растительных масел.

Анализ жирно-кислотного состава образцов и масел проводился на базе сертифицированной производственной лаборатории ООО «Эфко-Пищевые ингредиенты» в 2024-2025 гг. методом газовой хроматографии на хроматографе «Маэстро ГХ» в соответствии с ГОСТ 31663-2012. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот.

На базе научно-исследовательской лаборатории Воронежского государственного аграрного университета определяли: кислотное число масла титриметрическим методом в соответствии с ГОСТ 31933-2012. Масла растительные. Методы определения кислотного числа; йодное число рефрактометрическим методом по методике, изложенной в [9]; перекисное число масла в соответствии с ГОСТ 26593-85. Масла растительные. Метод измерения перекисного числа; массовую долю влаги в масле в соответствии с ГОСТ 11812-2022. Масла растительные. Методы определения влаги и летучих веществ; содержание мыла в соответствии с ГОСТ 5480-2023. Масла растительные и натуральные жирные кислоты Методы определения мыла (мыльная проба).

Результаты исследований и их обсуждение

В исследуемых маслах были определены основные показатели качества общепринятыми методами (см. табл.1).

Таблица 1. Качественные характеристики исследуемых масел

Название масел	Массовая доля влаги, %	Кислотное число масла мг КОН	Йодное число масла, %	Перекисное число масла $\frac{1}{2}$ O моль/кг	Проба на мыло
Подсолнечное масло	0,09	0,1	129,4	2,00	отсутствует
Оливковое масло	0,10	0,18	85,6	2,50	отсутствует
Тыквенное масло	0,085	0,2	127,4	1,79	отсутствует
Соевое масло	0,06	0,21	136,7	1,84	отсутствует
Рапсовое масло	0,08	0,3	105,4	1,96	отсутствует

Кукурузное масло	0,084	0,1	128,9	1,45	отсутствует
Масло авокадо	0,079	0,32	106,2	1,98	отсутствует

Все исследуемые масла отличаются высоким качеством, физико-химические показатели масел соответствуют требованиям соответствующих межгосударственных стандартов. Соответственно, они могут использоваться и в дальнейших исследованиях.

Результаты исследования жирнокислотного состава растительных масел представлены в табл. 2.

Лидерами по содержанию ω -9 олеиновой жирной кислоты были рапсовое масло безэруковых сортов и оливковое масло. Ее содержание более 50%, что в целом отвечает рекомендациям ВНИИЖ. В жирнокислотном составе остальных масел содержание ω 9 олеиновой жирной кислоты колеблется на уровне 23,26-39,86%. Кроме олеиновой кислоты в состав всех масел входят моно-ненасыщенные кислоты пальмитоолеиновая и гадолеиновая. Следовые количества гептадеценовой жирной кислоты с нечетным количеством атомов углерода обнаружены в оливковом и тыквенном масле. Нервоновая кислота и следы эруковой кислоты содержатся в рапсовом масле в незначительных количествах.

Таблица 2. Содержание жирных кислот в исследуемых маслах, %

Жирные кислоты	Подсолнечное масло	Оливковое масло	Тыквенное масло	Соевое масло	Рапсовое масло	Кукурузное масло	Масло авокадо
Миристиновая $C_{14:0}$	0,0628	-	0,114	0,0767	0,056	0,0556	0,0588
Пальмитиновая $C_{16:0}$	4,012	10,816	12,658	10,406	4,377	10,767	17,424
Пальмитоолеиновая $C_{16:1}$	0,120	0,820	0,152	0,071	0,240	0,0997	8,408
Маргариновая $C_{17:0}$	-	0,047	0,077	-	-	-	0,0979
Гептадеценовая $C_{17:1}$	-	0,085	0,066	-	-	-	-
Стеариновая $C_{18:0}$	2,503	3,005	5,830	4,63	1,787	2,19	0,886
Олеиновая $C_{18:1}$	25,827	72,01	28,594	23,26	62,835	33,583	39,86
Линолевая $C_{18:2}$	65,737	11,23	51,516	51,39	17,52	40,894	32,122
Арахидовая $C_{20:0}$	0,228	0,574	0,481	0,415	0,662	0,544	0,0803
Линоленовая $C_{18:3}$	0,0646	0,603	0,174	9,029	10,36	11,221	0,853
Гадолеиновая $C_{20:1}$	0,274	0,435	0,104	0,189	1,302	0,304	0,165
Бегеновая $C_{22:0}$	0,859	0,271	0,160	0,398	0,420	0,164	-
Эруковая $C_{22:1}$	-	-	-	-	0,096	-	-
Лигноцериновая $C_{24:0}$	0,309	0,110	0,074	-	0,176	0,176	0,047
Нервоновая $C_{24:1}$	-	-	-	-	0,168	-	-

Высокое содержание линолевой жирной кислоты ω -6 по данным газовой хроматографии прослеживается у целого ряда масел: подсолнечного, тыквенного, соевого и превышает 50%.

Значительное содержание ω -6 наблюдается в кукурузном масле и масле авокадо 40,894 и 32,122% соответственно. Причем для этих масел характерно сопоставимое содержание ω -6 и ω -9 практически в равном количестве.

Содержание линоленовой полиненасыщенной жирной кислоты ω -3 в большинстве масел незначительное. Соевое, рапсовое и кукурузное масло содержат от 9 до 11%.

Суммарное содержание предельных жирных кислот в исследуемых маслах представлено в табл. 3.

Таблица 3. Сумма предельных и непредельных жирных кислот в масле

Название масел	Олеиновая к-та C _{18:1} , %	Линолевая к-та C _{18:2} , %	Линоленовая к-та C _{18:3} , %	Сумма предельных жирных кислот, %	Сумма непредельных жирных кислот	ω6/ω3
Подсолнечное масло	25,827	65,737	0,0646	7,974	92,026	1017
Оливковое масло	72,01	11,23	0,603	14,823	85,177	18,62
Тыквенное масло	28,594	51,516	0,174	19,39	80,61	296
Соевое масло	23,26	51,39	9,029	15,92	84,08	5,69
Рапсовое масло	62,835	17,52	10,36	7,56	92,44	1,69
Кукурузное масло	33,583	40,89	11,221	13,897	86,103	3,64
Масло авокадо	39,86	32,221	0,853	18,59	81,41	13,15

Содержание предельных жирных кислот в исследуемых маслах колеблется от 7 до 19%. По данным анализа максимальное содержание наблюдается в тыквенном масле и масле авокадо 19,39 и 18,59% соответственно. В подсолнечном и рапсовом масле содержание предельных кислот не более 8%. Практически во всех растительных масла основной предельной жирной кислотой является пальмитиновая. Минимальное содержание пальмитиновой кислоты наблюдается в подсолнечном масле 4,012%, а максимальное в масле авокадо 17,424%. Стеариновая кислота в меньших количествах входит в состав предельных жирных кислот. Ее минимальное содержание 0,886% в масле авокадо, а максимальное наблюдается в тыквенном масле 5,830% (см. табл. 2). В незначительных количествах в суммарное содержание предельных жирных кислот входят миристиновая, арахиновая, бегеновая, лигноцерновая. В небольших следовых значениях – в оливковом, тыквенном и масле авокадо идентифицирована маргариновая кислота с нечетным количеством углеводородных атомов (см. табл. 2).

Предельные жирные кислоты выполняют важную роль в рационе питания, они способствуют усвоению кальция и жирорастворимых витаминов в организме и регулируют процесс пищеварения. Однако следует отметить, что избыток предельных жирных кислот может негативно сказаться на здоровье человек. Исследованиями установлено, что в рационе содержание предельных жирных кислот не должно быть больше 10% дневного потребления.

Суммарное содержание непредельных жирных кислот во всех исследуемых маслах превышает 80%.

Расчет соотношения ω6/ω3 показал, что подавляющее большинство исследуемых масел не отвечает нормам. Так, для подсолнечного масла значение превышает практически в 100 раз, для тыквенного 29 раз. Значение ω6/ω3 близкое к оптимальному можно отметить только у соевого масла 5:1 и у кукурузного 3:1 (табл.3).

Выводы

1. Исследования показали, что все исследуемые масла являются источниками моно и полиненасыщенных ω-9 ω-6 и ω-3 жирных кислот их суммарное содержание колеблется от 80 до 92%, что является необходимым в пищевом рационе человека.

2. Жирнокислотный состав большинства исследуемых масел не отвечает рекомендациям Института питания РАМН об оптимальном соотношении ω6/ω3 жирных кислот. Значение близкое к оптимальному для диетического питания наблюдается у соевого и кукурузного масел 5,69 и 3,64 соответственно.

3. Одним из вариантов улучшения физиологической ценности растительных масел, является применение купажирования для получения продукта с заданными свойствами.

4. Исследованные рафинированные растительные масла подсолнечное, рапсовое, соевое и кукурузное могут служить основой купажированного продукта.
5. Такие масла как оливковое, тыквенное и масло авокадо полученные методом холодного отжима в купажных композициях могут использоваться в качестве физиологически активных добавок за счет высокого содержания витаминов и минеральных солей.

Список источников

1. Бирбасова А.В. и др. Исследование показателей качества растительных масел отечественных производителей / А.В. Бирбасова, Т.И. Тимофеев, С.Н. Никонович, А.И. Шейко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1. С. 115-118.
2. Колногоров К.П. и др. Новые функциональные пищевые масложировые продукты со сбалансированным жирнокислотным составом // Масла и жиры. 2021. № 1-2. С. 18-21
3. Клейменова Н.Л. Разработка купажей растительных масел для здорового питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 1(87). С. 187-191.
4. Кудряков Д.Н., Фролов Д.И. Сравнение жирно-кислотного состава различных видов пищевых масел // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 4. С. 11-16.
5. Нечаев А. П. Эмульсионные жировые продукты функционального назначения в современном питании [Майонезный соус с растительным сырьём] / А.П. Нечаев и др. // Пищевая промышленность. 2018. №5. С. 26-29.
6. Орловцева О.А.,Тефикова С.Н., Клейменова Н.Л. Изучение купажей растительных масел // Товаровед продовольственных товаров. 2024. № 8. С. 493-495
7. Сорокин А.Н. и др. Купажированные растительные масла со сбалансированным жирно-кислотным составом для здорового питания / А.Н. Сорокин, А.Н. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Г. Барышев // Масложировая промышленность. 2002. № 2. С. 26-27.
8. Старовойтова К.В., Терещук Л.В. Разработка рецептур майонеза с учетом основных тенденций совершенствования ассортимента // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 1. С. 91-98.
9. Технохимический контроль жиров и жирозаменителей: учебное пособие / под ред. О.Б. Рудакова. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2011. 576с.
10. Тармаева И.Ю. и др. Оценка питания взрослого населения на современном этапе / И.Ю. Тармаева, Н.В. Ефимова, Е.П. Лемешевская, О.Г. Богданова // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. С. 9-16.
- 11.Фомичева Т.И., Колужникова Е.В., Гунькова П.И. Масла авокадо и тыквы, как источники жирных кислот // Вестник Международной академии холода. 2022. № 2. С. 56-60.

References

1. Birbasova A.V. et al. Research of quality indicators of vegetable oils from domestic producers. A.V. Birbasova, T.I. Timofeenko, S.N. Nikonovich, A.I. Sheiko. News of higher educational institutions. Food technology, 2015, no. 1, pp. 115-118.
2. Kolnogorov K.P. et al. New functional edible fat and oil products with a balanced fatty acid composition. Oils and fats, 2021, no, 1-2, pp. 18-21
3. Kleimenova N.L. Development of vegetable oil blends for healthy nutrition. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2021, vol. 83, no. 1(87), pp. 187-191.
4. Kudryakov D.N., Frolov D.I. Comparison of fatty acid composition of various types of edible oils. Innovative technique and technology, 2023, vol. 10, no. 4, pp. 11-16.
5. Nechaev A.P. Emulsion fatty products of functional purpose in modern nutrition [Mayonnaise sauce with vegetable raw materials]. A.P. Nechaev et al. Food industry, 2018, no. 5, pp. 26-29.
6. Orlovtsseva O.A.,Tefikova S.N., Kleimenova N.L. Study of vegetable oil blends. A specialist in food products, 2024, no. 8, pp. 493-495

7. Sorokin A.N. et al. Blended vegetable oils with a balanced fatty acid composition for a healthy diet. A.N. Sorokin, A.N. Nechaev, A.A. Kochetkova, A.G. Baryshev. Fat and oil industry, 2002, no. 2, pp. 26-27.
8. Starovoitova K. V., Tereshchuk L. V. Development of mayonnaise recipes taking into account the main trends in product range improvement. Machinery and technology of food production, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 91-98.
9. Technochemical control of fats and fat substitutes: a textbook. Edited by O.B. Rudakov. Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2011. 576 p.
10. Tarmayeva I.Yu. et al. Assessment of adult nutrition at the present stage. I.Yu. Tarmayeva, N.V. Efimova, E.P. Leshevskaya, O.G. Bogdanova. Modern problems of science and education, 2017, no. 5, pp. 9-16.
11. Fomicheva T. I., Koluzhnikova E. V., Gunkova P. I. Avocado and pumpkin oils as sources of fatty acids. Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2022, no. 2, pp. 56-60.

Информация об авторах

Е.А. Высоцкая – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств;

Н.В. Королькова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств;

К.Е. Корольков – аспирант.

Information about the authors

E.A. Vysotskaya – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries;

N.V. Korolkova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries;

K.E. Korolkov – Postgraduate Student.

Научная статья

УДК 664.1.054

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-26-34

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОНА В ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ УТФЕЛЯ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Журавлёв Михаил Валентинович^{1✉}, Назаров Александр Юрьевич²,

Мустафина Анна Сабирдзяновна³

^{1,2,3}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

¹zyravlev@rgau-msha.ru✉

²alexnazarov2025@mail.ru

³mustafina@rgau-msha.ru

Аннотация. В научной статье комплексно исследованы технологические барьеры, возникающие при центрифугировании утфеля первой ступени кристаллизации в сахарном производстве. Методами реологического анализа установлено, что ключевой причиной низкой эффективности разделения служат повышенные структурно-механические показатели мелассы, обусловленные присутствием коллоидных компонентов пектиновой природы и продуктов реакции Майяра. Научно аргументирована целесообразность применения озона для направленной коррекции реологических параметров системы. Экспериментально доказано, что обработка озонкислородной смесью с концентрацией 2,8-3,2 мг/л на протяжении 95-110 секунд обеспечивает статистически значимое уменьшение динамической вязкости мелассы на 15,7±1,8% и увеличение скорости фильтрации на 22,4±2,3%. Установлено, что озонирование способствует снижению цветности межкристалльного раствора на 18-22% и обеспечивает уменьшение общей микробной численности на 2-3 порядка. Дополнительно выявлено сокращение времени центрифугирования на 17-20% при одновременном повышении выхода белого сахара на 2,1-2,5%. Анализ качественных показателей утфеля первой ступени кристаллизации свидетельствует о высокой эффективности предлагаемого технологического решения, а оценка экологической безопасности показала отсутствие образования токсичных промежуточных продуктов. Разработанная методика позволяет интенсифицировать процесс разделения утфеля без модификации существующего технологического оборудования и может быть рекомендована для внедрения на предприятиях сахарной промышленности.

Ключевые слова: сахарное производство, утфель первой ступени кристаллизации, озон, меласса, центрифугирование.

Для цитирования: Журавлёв М.В., Назаров А.Ю., Мустафина А.С. Обоснование целесообразности применения озона в технологии разделения утфеля первой ступени кристаллизации // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 26-34. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-26-34>.

Права: © М.В. Журавлёв, А.Ю. Назаров, А.С. Мустафина (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF USING OZONE IN THE TECHNOLOGY OF SEPARATING FIRST CRYSTALLIZATION MASSECUTE

Mikhail V. Zhuravlyov^{1✉}, Alexander Yu. Nazarov², Anna S. Mustafina³

^{1,2,3}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russia

¹zyravlev@rgau-msha.ru✉

²alexnazarov2025@mail.ru

³mustafina@rgau-msha.ru

Abstract. In a scientific article comprehensively investigates the technological barriers arising during the centrifugation of first crystallization massecuite in sugar production. Using rheological analysis meth-

ods, it was established that the key reason for low separation efficiency is the increased structural and mechanical properties of molasses, caused by the presence of colloidal components of a pectic nature and Mailard reaction products. The feasibility of using ozone for the targeted correction of the system's rheological parameters is scientifically substantiated. It has been experimentally proven that treatment with an ozone-oxygen mixture at a concentration of 2.8-3.2 mg/l for 95-110 seconds ensures a statistically significant reduction in the dynamic viscosity of molasses by $15.7 \pm 1.8\%$ and an increase in filtration rate by $22.4 \pm 2.3\%$. It was found that ozonation promotes a reduction in the color of the intercrystalline solution by 18-22% and ensures a decrease in total microbial count by 2-3 orders of magnitude. Additionally, a reduction in centrifugation time by 17-20% was revealed, along with a simultaneous increase in marketable sugar yield by 2.1-2.5%. The analysis of the qualitative indicators of the wafer of the first stage of crystallization indicates the high efficiency of the proposed technological solution, and the assessment of environmental safety showed the absence of the formation of toxic intermediates. The developed technique allows for the intensification of the massecuite separation process without modifying existing process equipment and can be recommended for implementation at sugar industry enterprises.

Keywords: sugar production, first crystallization massecuite, ozone, molasses, centrifugation.

For citation: Zhuravlyov M.V., Nazarov A.Yu., Mustafina A.S. Justification of the feasibility of using ozone in the technology of separating first crystallization massecuite. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 26-34. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-26-34>.

Copyright: © M.V. Zhuravlyov, A.Yu. Nazarov, A.S. Mustafina (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Важнейшим вектором развития отечественного АПК, является исполнение приказа Минсельхоза России от 21.01.2025 № 28 «Об утверждении Методики расчета показателя национального проекта по обеспечению технологического лидерства «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности». Одним из ключевых направлений данного приказа, является обеспечение технической и технологической независимости сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности, создание условий для развития производств новых видов техники и оборудования.

Сахарная промышленность перерабатывающая значительные объемы сахарной свеклы, является масштабным кластером пищевой промышленности отечественного АПК. Это обусловлено высоким потребительским спросом на сахар [6, 19], как у рядовых потребителей, так и у различных пищевых [5] отраслей, в которых сахар играет огромную роль и является незаменимым компонентом производства. В производственном потоке свеклосахарного предприятия, особое внимание уделяется станциям диффузионного [7, 14] извлечения сахарозы и кристаллизационному отделению. Поддержание максимальной эффективности работы кристаллизационного отделения свеклосахарного предприятия, а также своевременное выявление и устранение различных проблем, возникающих на данном участке производства, является главной задачей, стоящей перед сотрудниками инженерно-технических служб.

За последние несколько лет, широкую популярность приобрели методы совершенствования технологических процессов пищевых отраслей с применением озона (озонирование) на различных производственных этапах: обеззараживание артезианской воды, дезинфицирование воздуха производственных помещений, хранении пищевых продуктов, ввиду высоких окислительных свойств данного вещества. Данный процесс отличается сравнительно невысокими капитальными вложениями и не предполагает кардинальной перестройки действующего технологического оснащения [17].

В сахарной промышленности, данный газ активно применяется на различных этапах (хранение сахарной свёклы, обработка диффузионного [18] сока, обработка сиропа после выпарной установки) для ингибирования микробиологической активности в производственных полупродуктах (диффузионный сок, сироп, утфель) и корректировки их реологических характеристик. Выбор озона в качестве активного реагента для коррекции характеристик утфеля базируется на изучении его физико-химических параметров и механизмов взаимодействия с элементами системы. Озон характеризуется значительным окислительно-восстановительным потенциалом ($E^0 = 2,07\text{В}$), что обеспечивает его эффективное взаимодей-

ствие с органическими соединениями, присутствующими в составе несахаров мелассы [11]. При этом озон демонстрирует избирательность воздействия на определенные функциональные группы, что ограничивает его влияние на сахарозу. Ключевые процессы воздействия озона на реологические параметры утфеля охватывают следующие процессы:

- 1) деструкцию пектиновых веществ посредством разрыва гликозидных связей и окисления карбоксильных групп [16];
- 2) агрегацию коллоидных частиц через трансформацию их поверхностного заряда;
- 3) изменение поверхности кристаллов сахарозы путем окисления адсорбированных органических пленок.

Озон относится к экологически нейтральным реагентам, поскольку распадается до молекулярного кислорода без образования токсичных продуктов распада [10]. Это составляет его преимущество перед традиционными химическими реагентами, применяемыми для интенсификации центрифугирования.

Производительность кристаллизационного отделения свеклосахарного предприятия в значительной степени зависит от эффективности реализации процесса разделения утфеля первой ступени кристаллизации, сопряженного с высоким удельным водопотреблением и затратам энергии [3], что в конечном итоге определяет ключевые экономические параметры готовой продукции. Технологические затруднения на данном этапе обусловлены специфическими реологическими особенностями утфеля – многофазной системы, включающей кристаллы сахарозы и высококонцентрированную межкристальную жидкость (мелассу), которая содержит существенное количество коллоидных и поверхностно-активных компонентов [1].

Согласно исследованиям [8], именно коллоидная фракция мелассы, состоящая преимущественно из пектиновых соединений и продуктов реакции Майяра, формирует пространственную структуру, обуславливающую чрезмерно высокую вязкость и недостаточную фильтрующую способность системы. Это провоцирует значительные технологические потери сахарозы при центрифугировании, достигающие 5-8% от первоначального содержания в утфеле [15].

Применяемые в настоящее время способы интенсификации центрифугирования, в том числе тепловая обработка и использование химических дефекокулянтов, демонстрируют недостаточную результативность и способны отрицательно сказываться на качестве конечного продукта [2]. В этой связи особую важность приобретает создание новых физико-химических подходов к модификации структуры утфеля, обеспечивающих избирательное воздействие на коллоидные составляющие без нарушения кристалличности сахарозы.

Перспективной областью считается внедрение окислительных методик, в частности применения озона, характеризующегося значительной реакционной способностью и экологической нейтральностью [10].

Цель исследования – обоснование целесообразности применения озона для оптимизации процесса разделения утфеля I кристаллизации путем трансформации реологических свойств мелассовой фазы.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служил утфель первой ступени кристаллизации, отобранный на предприятии АО «Ливенский сахарный завод» в период сезона сахароварения 2024-2025 года. Исходные характеристики утфеля представлены в табл. 1.

Предметом исследования стало влияние озонирования на реологические, фильтрационные, микробиологические и качественные показатели утфеля первой ступени кристаллизации с целью интенсификации процесса его разделения (центрифугирования).

Исследования были проведены в период 2024-2025 гг. на базе лабораторий кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Таблица 1. Характеристики исходного утфеля

Показатель	Значение
Массовая доля сухих веществ, %	92,5±0,3
Содержание кристаллов сахарозы, %	52,1±0,8
Чистота межкристалльного раствора, %	88,3±0,5
Динамическая вязкость при 80°C, Па·с	11,8±0,2
Плотность при 20°C, кг/м³	1450±15
Температура кристаллизации, °C	78,5±0,5
Размер кристаллов сахарозы, мкм	450±50
Коэффициент однородности кристаллов	0,75±0,05
Содержание редуцирующих веществ, %	0,45±0,03
Цветность по ICUMSA, ед.	8500±250
Зольность, %	0,85±0,05
pH межкристалльного раствора	7,2±0,1
Содержание пектиновых веществ, %	0,35±0,02

Для проведения озонирования использовалась лабораторная установка, схема которой представлена на рис. 1.

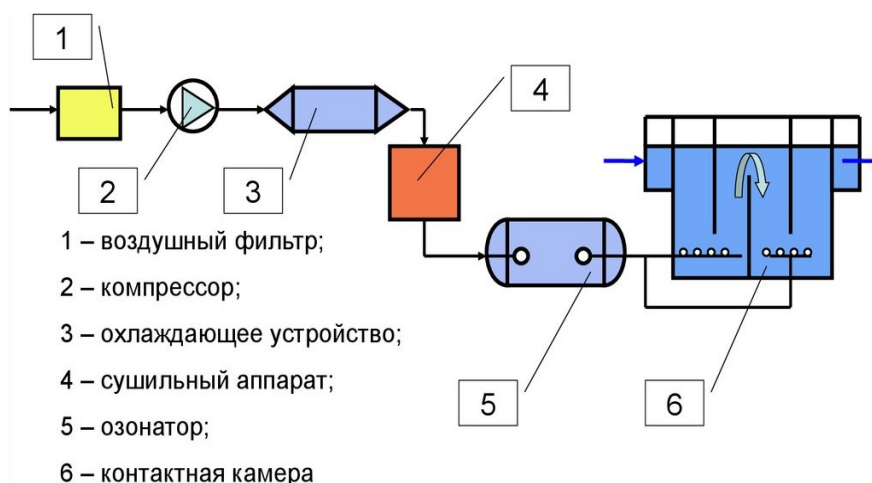


Рисунок 1. Схема лабораторной установки для озонирования утфеля

Методика проведения экспериментов включала следующие этапы:

1. Отбор пробы утфеля массой 1 кг.
2. Термостатирование при температуре 80±1°C.
3. Подача озонкислородной смеси с заданной концентрацией.
4. Выдержка в течение определенного времени.
5. Отбор проб для анализа.

Реологические характеристики определяли на ротационном вискозиметре при температуре 80°C и скорости сдвига 10 с⁻¹. Фильтрационные свойства оценивали по методике [4] с использованием вакуум-фильтровальной установки.

Результаты исследований и их обсуждение

Выполнены исследования по изучению влияния озонирования утфеля первой ступени кристаллизации на величину реологических показателей свекловичной мелассы. Чем выше значение показателя вязкости мелассы, тем эффективнее происходит её отделение на завершающем этапе кристаллизации сахарозы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что озоновое воздействие вызывает существенное изменение реологических свойств мелассы (см. табл. 2). Максимальный результат отмечен при концентрации озона 3,0 мг/л и продолжительности обработки 100 секунд – динамическая вязкость уменьшилась с 11,8 до 9,9 Па·с,

что соответствует снижению на $15,7 \pm 1,8\%$ ($p < 0,05$). Увеличение продолжительности обработки и концентрации расхода, позволяет добиться увеличения показателей, однако является не рациональным с точки зрения затрат времени, электроэнергии и расхода озона.

Таблица 2. Влияние параметров озоновой обработки на вязкость мелассы

Концентрация озона, мг/л	Время обработки, с	Снижение вязкости, %	Массовая доля СВ, %	Содержание РВ, %	pH
2,0	90	$8,2 \pm 0,9$	$84,2 \pm 0,5$	$0,38 \pm 0,02$	$7,1 \pm 0,1$
2,5	100	$12,6 \pm 1,2$	$84,5 \pm 0,4$	$0,39 \pm 0,03$	$7,0 \pm 0,1$
3,0	100	$15,7 \pm 1,8$	$84,8 \pm 0,3$	$0,41 \pm 0,02$	$6,9 \pm 0,1$
3,5	110	$16,1 \pm 1,9$	$85,1 \pm 0,4$	$0,42 \pm 0,03$	$6,8 \pm 0,1$
4,0	120	$16,3 \pm 2,0$	$85,3 \pm 0,3$	$0,43 \pm 0,02$	$6,7 \pm 0,1$
4,5	130	$16,4 \pm 1,8$	$85,4 \pm 0,4$	$0,44 \pm 0,03$	$6,6 \pm 0,1$
5,0	140	$16,5 \pm 2,1$	$85,5 \pm 0,3$	$0,45 \pm 0,02$	$6,5 \pm 0,1$

Полученные сведения указывают на существование оптимального диапазона параметров обработки. Последующее увеличение концентрации озона выше 3,2 мг/л и времени обработки свыше 110 секунд не вызывает статистически значимого усиления эффекта ($p > 0,05$), что объясняется полным потреблением озона на окисление доступных функциональных групп.

Исследовано влияние озонирования утфеля на его фильтрационные характеристики. Полученные значения экспериментальных данных, свидетельствуют о высокой эффективности озонирования. Выявлено, что обработка озоном оказывает комплексное воздействие на величину динамической вязкости утфеля. Кроме того, одновременно со снижением вязкости зафиксировано улучшение фильтрационных показателей системы. Величина коэффициента фильтрации возрастает с 0,48 до 0,59 см/с, что соответствует приросту на $22,4 \pm 2,3\%$. Улучшение фильтрационных свойств находится в корреляционной зависимости от данных по снижению вязкости (коэффициент корреляции $r = 0,94$), что свидетельствует о целесообразности выбранной методики обработки (см. табл.3).

Таблица 3. Значения реологических показателей утфеля первой ступени кристаллизации после озонирования

Показатель	Значения показателей до обработки	Значения показателей после обработки	Величина изменения показателей, %
Вязкость динамическая, Па·с	$11,8 \pm 0,2$	$9,9 \pm 0,3$	-15,7
Коэффициент фильтрации, $\text{см}^4/(\text{с} \cdot \text{дин})$	$0,48 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,03$	+22,4
Время центрифугирования, с	185 ± 5	152 ± 4	-17,8
Массовая доля СВ, %	$84,0 \pm 0,5$	$85,1 \pm 0,4$	+1,3
Содержание РВ, %	$0,37 \pm 0,02$	$0,42 \pm 0,03$	+13,5
pH	$7,2 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,1$	-5,6
Цветность по ICUMSA, ед.	8500 ± 250	6850 ± 140	-19,4
Зольность, %	$0,85 \pm 0,05$	$0,79 \pm 0,04$	-7,1
Содержание пектиновых веществ, %	$0,35 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,02$	-20,0

Проведены исследования по оценке влияния озонирования утфеля первой ступени кристаллизации на величину микробиологической обсеменённости данного полупродукта. Полученные значения экспериментальных данных приведены в табл. 4.

Таблица 4. Значения микробиологические показатели утфеля 1-й ступени кристаллизации после озонирования

Микроорганизмы	Исходный утфель, КОЕ/г	После озонирования, КОЕ/г	Снижение, %
Мезофильные аэробные бактерии	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^2$	99,7
Плесневые грибы	$(8,5 \pm 0,5) \cdot 10^3$	<10	>99,9
Дрожжи	$(5,2 \pm 0,4) \cdot 10^3$	<10	>99,9
Термофильные бактерии	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$	<10	>99,9
Колиформные бактерии	$(6,5 \pm 0,4) \cdot 10^2$	<10	>99,9
« <i>Bacillus subtilis</i> »	$(9,2 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(2,1 \pm 0,2) \cdot 10^1$	97,7
Микроскопические грибы рода « <i>Aspergillus</i> »	$(3,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$	<10	>99,9
Молочнокислые бактерии	$(4,8 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^1$	99,3
Сахаролитические бактерии	$(2,7 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(8,5 \pm 0,4) \cdot 10^1$	99,7
Спорообразующие бактерии	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(4,5 \pm 0,3) \cdot 10^1$	96,3

Установлено, что применение обработки озоном обеспечивает интенсивное и оперативное снижение величины всех показателей микробиологической обсемененности утфеля первой ступени кристаллизации. Наибольшее влияние процесс озонирования оказывает на развитие плесневых грибов, дрожжей, термофильных бактерий, колиформных бактерий и микроскопических грибов рода «*Aspergillus*».

Выполнены исследования по оценки воздействия обработки озоном на качество белого сахара. Анализ качества образцов готового товарного кристаллического сахара, полученного с применением озонирования утфеля с последующим разделением на центрифугах периодического действия, свидетельствует об изменении следующих важнейших показателей качества готового сахара:

- снижение цветности белого сахара с 85,3 до 69,8 ед. ICUMSA (уменьшение на 18,2%);
- снижение массовой доли золы (зольности) с 0,047 до 0,038% (уменьшение на 19,1%).

Снижение концентрации редуцирующих веществ не претерпела статистически значимых изменений ($p > 0,05$). Отсутствие динамики изменения данного показателя, свидетельствует об избирательности озонового воздействия на сахара (примеси), без оказания влияния на целевой продукт – белый сахар [4].

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности озоновой обработки утфеля I кристаллизации. Механизм действия озона можно объяснить следующими процессами:

- 1) деструкция высокомолекулярных соединений пектиновой природы за счет окисления гликозидных связей;
- 2) коагуляция коллоидных частиц вследствие изменения их поверхностного заряда;
- 3) окисление красящих веществ меланоидинового ряда;
- 4) бактерицидное действие, приводящее к снижению ферментативной активности микрофлоры.

На основе комплексного анализа полученных экспериментальных значений показателей утфеля первой кристаллизации, выявлены следующие рациональные значения параметров его озонирования: концентрация озона – 2,8-3,2 мг/л; продолжительность обработки озоном – 95-110 с. Данные значения параметров обработки обеспечивают максимальный технологический эффект при минимальном расходе реагента.

Выводы

Проведенные изыскания позволяют сформулировать следующие заключения:

1. Разработано комплексное обоснование целесообразности применения озона для оптимизации разделения утфеля I ступени кристаллизации через преобразование реологических свойств мелассовой фазы.
2. Определены рациональные параметры обработки: концентрация озона 2,8-3,2 мг/л, продолжительность воздействия 95-110 секунд. В указанных условиях достигается уменьшение вязкости на $15,7 \pm 1,8\%$ и повышение скорости фильтрации на $22,4 \pm 2,3\%$.
3. Установлена избирательность влияния озона на несахара, что гарантирует сохранение кристаллической структуры сахарозы и повышение потребительских свойств конечного продукта.
4. Подтверждена экологическая приемлемость разработанной технологии.

Список источников

1. Беликов М.Ю. Коллоидная химия в сахарном производстве. Москва: ДеЛи принт, 2020. 214 с.
2. Горбунов А.Д. Современные методы интенсификации процессов сахарного производства // Пищевая промышленность. 2021. № 4. С. 24-28.
3. Журавлев М.В. Энергосберегающая технология извлечения сахарозы из свеклы в сахарном производстве // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-8. С. 1582-1587.
4. Кузнецов В.В. Селективное окисление несахаров в технологических растворах // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 3. С. 41-45.
5. Кульнева Н.Г., Матвиенко Н.А. Инновационный способ сенсорного анализа сахаров // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 5(389). С. 100-104.
6. Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Парамонова К.А. Разработка эффективного способа экстрагирования сахарозы из свеклы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 1(59). С. 181-184.
7. Кульнева Н.Г., Журавлев М.В. Способы повышения эффективности диффузионного извлечения сахарозы из свёклы // Сахар. 2017. № 1. С. 30-33.
8. Липатов Н.Н. Реология сахарных растворов и утфелей // Сахар. 2021. № 7. С. 32-36.
9. Мустафина А. С., Бакин И. А. Реализация принципов ESG в бизнес-планировании инвестиционных проектов агропромышленного комплекса // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 101-114.
10. Орлова С.В. Экологически безопасные окислительные технологии в пищевой промышленности. Москва: Пищепромиздат, 2020. 186 с.
11. Патент № 2845567 С1 Российская Федерация, МПК С13В 30/10. Способ разделения утфеля первой кристаллизации: № 2024135314: заявл. 26.11.2024: опубл. 21.08.2025 / А. А. Славянский, Д. П. Митрошина, В.А. Грибкова, А.Ю. Назаров, А.А. Авакова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского».
12. Патент № 2827984 С1 Российская Федерация, МПК С13В 30/06. Способ разделения утфеля первой кристаллизации в фильтрующей центрифуге периодического действия: № 2024109670: заявл. 10.04.2024 : опубл. 04.10.2024 / А.А. Славянский, Н.Н. Лебедева, Д.П. Митрошина, А.Ю. Назаров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского».
13. Патент № 2246343 С1 Российская Федерация, МПК В01F 7/26, В28С 5/16. Центробежный смеситель : № 2003133055/15: заявл. 11.11.2003: опубл. 20.02.2005 / В.Н. Иванец, И.А. Бакин, А.С. Волков [и др.]; заявитель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.

14. Патент № 2553234 С1 Российская Федерация, МПК C13B 10/00. Способ получения диффузионного сока: № 2013153019/13: заявл. 29.11.2013: опубл. 10.06.2015 / Н.Г. Кульнева, М.В. Журавлев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий».
15. Семенов П.А. Анализ потерь сахарозы на стадии центрифугирования // Сахарная промышленность. 2022. № 8. С. 16-20.
16. Сидоров А.И. Техничко-экономическое обоснование внедрения озоновых технологий // Экономика пищевой промышленности. 2023. № 2. С. 45-49.
17. Фролов Д.И. Озонолиз полисахаридов: механизмы и кинетика // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. Вып. 6. С. 745-752.
18. Швецов А.А., Кульнева Н.Г., Журавлев М.В. Эффективность тепловой обработки свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы на Балашовском сахарном комбинате // Сахар.2016. № 3.С. 44-46.
19. Zhuravlev M.V. et al. The rationale for the method of thermochemical processing of beet chips before extraction of sucrose / M.V. Zhuravlev, N.G. Kulneva, G.V. Agafonov, I.S. Naumchenko, N.A. Matvienko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Voronezh. February 26-29, 2020. Voronezh, 2021. P. 052020.

References

1. Belikov M.Y. Colloidal chemistry in sugar production. Moscow: Deli Print, 2020. 214 p.
2. Gorbunov A.D. Modern methods of intensification of sugar production processes. Food industry, 2021, no. 4, pp. 24-28.
3. Zhuravlev M.V. Energy-saving technology for extracting sucrose from beets in sugar production. Fundamental research, 2013, no. 11-8, pp. 1582-1587.
4. Kuznetsov V.V. Selective oxidation of non-sugars in technological solutions. Storage and processing of agricultural raw materials, 2022, no. 3, pp. 41-45.
5. Kulneva N. G., Matvienko N. A. An innovative method of sensory analysis of sugars. News of higher educational institutions. Food technology, 2022, no. 5(389), pp. 100-104.
6. Kulneva N. G., Zhuravlev M. V., Paramonova K. A. Development of an effective method for extracting sucrose from beetroot. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2014, no. 1(59), pp. 181-184.
7. Kulneva N. G., Zhuravlev M. V. Ways to increase the efficiency of diffusion extraction of sucrose from beets. Sugar, 2017, no. 1, pp. 30-33.
8. Lipatov N.N. Rheology of sugar solutions and wafers. Sugar, 2021, no. 7, pp. 32-36.
9. Mustafina A. S., Bakin I. A. Implementation of ESG principles in business planning of investment projects of the agro-industrial complex. Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy, 2023, no. 5, pp. 101-114.
10. Orlova S.V. Environmentally safe oxidative technologies in the food industry. Moscow: Food industry publishing house, 2020. 186 p.
11. Patent No. 2845567 C1 Russian Federation, IPC C13B 30/10. Method of separation of the first crystallization wafer: No. 2024135314: application no. 11/26/2024: published 08/21/2025 / A. A. Slavyansky, D. P. Mitroshina, V.A. Gribkova, A. Yu. Nazarov, A.A. Avakova; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky.
12. Patent No. 2827984 C1 Russian Federation, IPC C13B 30/06. Method of separation of the first crystallization wafer in a periodic filtration centrifuge: No. 2024109670: application 04/10/2024 : published 04/10/2024 / A.A. Slavyansky, N.N. Lebedeva, D.P. Mitroshina, A.Yu. Nazarov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky.

13. Patent No. 2246343 C1 Russian Federation, IPC B01F 7/26, B28C 5/16. Centrifugal mixer: No. 2003133055/15: application 11.11.2003: published 20.02.2005 / V.N. Ivanets, I.A. Bakin, A.S. Volkov [et al.]; applicant Kemerovo Technological Institute of Food Industry.
14. Patent No. 2553234 C1 Russian Federation, IPC C13B 10/00. Method of obtaining diffusion juice: No. 2013153019/13: application 29.11.2013: published 10.06.2015 / N.G. Kulneva, M.V. Zhuravlev; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Voronezh State University of Engineering Technologies.
15. Semenov P.A. Analysis of sucrose losses at the centrifugation stage. Sugar industry, 2022, no. 8, pp. 16-20.
16. Sidorov A.I. Feasibility study of the introduction of ozone technologies. Economics of the food industry, 2023, no. 2, pp. 45-49.
17. Frolov D.I. Ozonolysis of polysaccharides: mechanisms and kinetics. Journal of Applied Chemistry, 2020, vol. 93, Issue. 6, pp. 745-752.
18. Shvetsov A.A., Kulneva N.G., Zhuravlev M.V. Efficiency of heat treatment of beet chips before sucrose extraction at the Balashovsky sugar combine. Sugar, 2016, no. 3, pp. 44-46.
19. Zhuravlev M. V. et al. The rationale for the method of thermochemical processing of beet chips before extraction of sucrose. M. V. Zhuravlev, N. G. Kulneva, G.V. Agafonov, I. S. Naumchenko, N. A. Matvienko. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Voronezh. February 26-29, 2020. Voronezh, 2021, p. 052020.

Информация об авторах

М.В. Журавлёв – кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств;

А.Ю. Назаров – магистрант, ведущий инженер кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства;

А.С. Мустафина – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции.

Information about the authors

M.V. Zhuravlyov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries;

A.Y. Nazarov – Master's student, Leading Engineer of the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products;

A.S. Mustafina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Crop Products.

Научная статья

УДК 637.5

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-35-44

СОЗДАНИЕ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ БИОРЕСУРСОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Забалуева Юлия Юрьевна^{1✉}, Шевченко Глеб Владимирович²,
Амерханов Кирилл Ринатович³, Титов Егор Дмитриевич⁴

^{1,2,3,4}Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), 109004, Россия, г. Москва,
ул. Земляной Вал, д. 73

¹u.zabalueva@mgutm.ru✉

²g.shevchenko@mgutm.ru

³kirik.amerh@gmail.com

⁴brytalino@gmail.com

Аннотация. В целях расширения ассортимента отечественных продуктов питания и укрепления продовольственной безопасности Арктической зоны, в статье представлен материал по изучению возможного потенциала использования мяса северного оленя в производстве сырокопченых колбас. Методами математического моделирования определены оптимальные рецептуры готовых изделий, обеспечивающие сбалансированный нутриентный профиль. Описана технология производства сырокопченых колбас на основе жилованной оленины с применением стартовых культур. Установлено, что стартовые культуры способствуют ускоренному снижению pH фарша, что, в свою очередь, интенсифицирует процесс влагоотдачи, приводя к снижению массовой доли влаги в опытных образцах до 35,1-37,5% (против 39,5% в контроле) и формированию более плотной структуры. Выявлено, что опытные образцы характеризуются повышенной интенсивностью и равномерностью цвета, а также гармоничным, ярко выраженным вкусом с нотками солености, кислинки и остроты. Изучение макроэлементного состава и соотношения белок: жир показало, что в опытном образце с оптимальной рецептурой показатель достиг рекомендованного для жителей Арктической зоны соотношения 1:1, в то время как в контроле оно составило 1:3. Полученные результаты подтверждают перспективность применения оленины в технологии мясных продуктов, особенно на Крайнем Севере.

Ключевые слова: сырокопченые колбасы, Арктическая зона, сырье, качество, рецептура, оленина, pH.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг ДС № 075-03-2025-285/3 от 08.08.2025 г. Рег. № НИОКТР 123121300085-4.

Для цитирования: Создание мясных продуктов из биоресурсов Арктической зоны Российской Федерации / Ю.Ю. Забалуева, Г.В. Шевченко, К.Р. Амерханов, Е.Д. Титов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 35-44. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-35-44>.

Права: © Ю.Ю. Забалуева, Г.В. Шевченко, К.Р. Амерханов, Е.Д. Титов (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

CREATION OF MEAT PRODUCTS FROM BIORESOURCES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Yulia Y. Zabalueva^{1✉}, Gleb V. Shevchenko², Kirill R. Amerkhanov³, Egor D. Titov⁴

^{1,2,3,4}Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University),
73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

¹u.zabalueva@mgutm.ru✉

²g.shevchenko@mgutm.ru

³kirik.amerh@gmail.com

⁴brytalino@gmail.com

Abstract. In order to expand the assortment of domestic food products and strengthen food security in the Arctic zone, this article presents material on studying the potential of using reindeer meat in the production of dry-cured sausages. Optimal recipes for the finished products, ensuring a balanced nutrient profile, were determined using mathematical modeling methods. The technology for producing dry-cured sausages based on boneless reindeer meat with the application of starter cultures is described. It has been established that starter cultures contribute to an accelerated decrease in the pH of the minced meat, which, in turn, intensifies the moisture release process, leading to a reduction in the mass fraction of moisture in the experimental samples to 35.1–37.5% (versus 39.5% in the control) and the formation of a denser structure. It was revealed that the experimental samples are characterized by increased intensity and uniformity of color, as well as a harmonious, pronounced taste with notes of saltiness, sourness, and spiciness. A study of the macroelement composition and protein-to-fat ratio showed that in the experimental sample with the optimal recipe, the indicator reached the 1:1 ratio recommended for residents of the Arctic zone, while in the control, it was 1:3. The obtained results confirm the prospects of using reindeer meat in meat product technology, especially in the Far North.

Keywords: dry-cured sausages, Arctic zone, raw materials, quality, recipe, venison, pH.

Funding: the work was performed within the framework of the state assignment for the provision of public services DS No. 075-03-2025-285/3 dated 08.08.2025, R&D Reg. no. 123121300085-4.

For citation: Creation of meat products from bioresources of the Arctic zone of the Russian Federation. Yu. Yu. Zabalueva, G.V. Shevchenko, K.R. Amerkhanov, E.D. Titov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 35–44. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-35-44>.

Copyright: © Yu.Y. Zabalueva, G.V. Shevchenko, K.R. Amerkhanov, E.D. Titov (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

На сегодняшний день по официальным оценкам, численность населения, проживающего на территориях Крайнего Севера и приравненных к ним районах, составляет порядка 8–10 млн. человек. В границах Арктической зоны Российской Федерации (полностью или частично) проживает примерно 2 млн. человек. В состав этой группы входит население Мурманской области, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов, а также северные районы Республики Саха (Якутия), Красноярского края и Архангельской области. Около 800 тыс. человек из указанной численности составляют представители коренных малочисленных народов Севера; остальную часть населения формируют прибывшие в северные регионы работники (в том числе вахтовым методом) и переселенцы из европейской части России [7].

Переезжая в северные регионы, люди сталкиваются с рядом трудностей, особенно с комплексом адаптационных проблем. Экстремальные климатические условия оказывают негативное воздействие на иммунный, элементный и антиоксидантный статусы организма человека. Наблюдаемые нарушения приводят к развитию состояний, рассматриваемых как факторы риска ряда неинфекционных заболеваний, включая патологии метаболизма, сердечно-сосудистой, костно-мышечной и желудочно-кишечной систем [1].

Одним из факторов, являющимся важным и одновременно доступным для управления и решения адаптационных проблем, является питание. В условиях экстремального климата и изменяющегося метаболизма приезжего в Арктический регион населения, возникает острая потребность в уточнении рекомендованных суточных норм потребления основных пищевых веществ и разработке специализированных продуктов питания, адаптированных к данным физиологическим потребностям. Особенно стоит обратить внимание на применение в технологиях продуктов питания биоресурсов Арктического региона.

Анализ рациона питания значительной части населения, проживающего в северных регионах, выявил наличие дисбаланса, характеризующегося как энергетической диспропорцией, так и дефицитом эссенциальных нутриентов. В частности, отмечается недостаточное потребление витаминов, макро- и микроэлементов, незаменимых аминокислот и полиненасы-

ценных жирных кислот, а также неоптимальное соотношение данных компонентов в рационе (см. рис. 1, 2).



Рисунок 1. Средняя фактическая калорийность рациона в Российской Федерации [4]

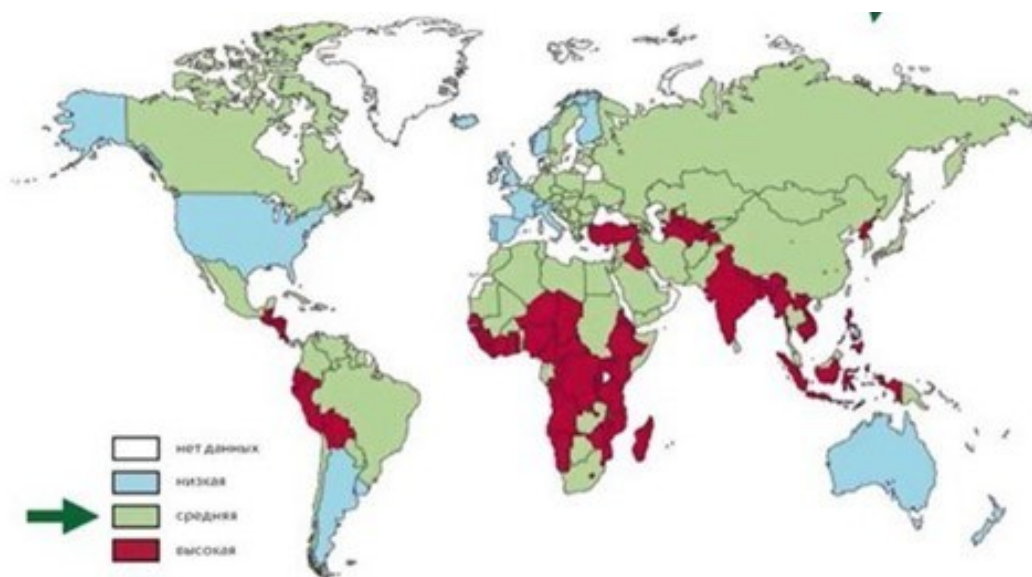


Рисунок 2. Статистика дефицита витаминов и минералов в Российской Федерации [12]

С точки зрения биоэкономики, описанная ситуация отражает неэффективность существующей системы обеспечения продовольственной безопасности в северных регионах. Экономические ограничения и логистические сложности, препятствующие регулярному поступлению разнообразных пищевых ресурсов, приводят к нарушению рациона питания населения. Снижение потребления белковой пищи, содержащей незаменимые аминокислоты, и переход к углеводно-липидному рациону с дефицитом микронутриентов и преобладанием рафинированных продуктов, демонстрирует неоптимальное использование биологических ресурсов и потенциала пищевой промышленности для поддержания здоровья и благополучия населения. Это, в свою очередь, приводит к снижению человеческого капитала и увеличению нагрузки на систему здравоохранения, что негативно сказывается на социально-

экономическом развитии региона. Совокупность вышеуказанных факторов, в сочетании с негативным воздействием акклиматизации на иммунную систему человека, обуславливает высокую распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний и алиментарно-зависимых патологий [2, 8].

Решение проблемы расширения ассортимента, увеличения объема выпуска отечественных продуктов питания с заданными качественными характеристиками требует привлечения сырьевых ресурсов местного характера. В работе таким сырьем была жилованная оленина.

Выпуск сырокопченых колбас проводили по технологии с использованием в рецептуре стартовых культур. Стартовые культуры способствуют образованию приятного специфического вкуса, аромата и стабильного цвета готовых изделий. Они обладают выраженным угнетающим эффектом на патогенную микрофлору, что позволяет стабилизировать сложный процесс созревания данной продукции, контролируя величину pH фарша в процессе производства [5, 9, 10].

Цель исследования – разработка технологии сырокопченых колбас с использованием биоресурсов Арктической зоны Российской Федерации.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на кафедре биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского» в 2025 году.

Объект исследования: колбасный фарш для сырокопченых колбас; сырокопченые колбасы в соответствии с ГОСТ Р 55456-2013. Колбасы сырокопченые. Технические условия, ГОСТ 15846-2002. Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.

Предмет исследования – рецептуры сырокопченых колбас с оптимизированным соотношением основных питательных веществ, адаптированные к физиологическим потребностям, энергетическим затратам населения Крайнего Севера и технологические параметры их производства.

Стартовые культуры для сырокопченых колбас BessaSTART, производитель: «MOGUNTIA Schweiz AG», Швейцария по ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». В состав стартовой культуры входят микроорганизмы: *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus*, моносахара.

Контрольным образцом сырокопченной колбасы являлся образец колбасы «Столичная полусухая» по ГОСТ Р 55456-2013. Колбасы сырокопченые. Технические условия (см. табл.1).

Таблица 1. Рецепт сырокопченной колбасы «Столичная полусухая»

Наименование сырья	Сырье основное несоленое, кг на 100 кг
Основное сырье:	
говядина жилованная высшего сорта	35
свинина жилованная нежирная	35
шпик свиной хребтовый	30
Итого	100
Специи, пряности и вспомогательные материалы:	
соль пищевая	1,83
нитритно-посолочная смесь (0,6%)	1,67
сахар белый	0,20
перец душистый молотый	0,05
перец черный молотый	0,15
кардамон молотый	0,05
стартовая культура BessaSTART	0,06

Рецептуры опытных образцов сырокопченых колбас с использованием биоресурсов Арктического региона были получены в процессе моделирования. При составлении рецептов применялся подход, основанный на моделировании состава продукта путем использования инструмента «поиск решения» в программе для работы с электронными таблицами *Microsoft Excel* [6, 11].

В процессе проведения моделирования рецептов колбас программа предложила варианты рецептурных сочетаний мясных компонентов, удовлетворяющим функции цели (максимум содержания в готовом продукте белка). Второстепенное сырье, пряности и соль не были учтены в экоматематической модели, вследствие, отсутствия в своих составах жизненно важных макронутриентов.

Технология выработки лабораторных образцов сырокопченых колбас включала в себя несколько основных этапов.

Подготовка сырья: используют подмороженное ($-2...-4$ °C) мясо свинины, оленины и шпик. Важно использовать мясо высокого качества, без признаков порчи.

Измельчение: мясо и шпик измельчают на волчках с различными диаметрами решеток. Сначала мясо грубо измельчают (решетка 12-25 мм), затем шпик на более мелкой решетке (3-8 мм), чтобы сохранить его структуру.

Приготовление фарша: мясо и шпик смешивают на куттере с добавлением соли, нитритно-посолочной смеси и специй, а также стартовых культур. Смешивание равномерное, но не слишком интенсивное, чтобы не разрушить структуру шпика.

Наполнение оболочек: фарш плотно набивают в оболочки с помощью шприцов-наполнителей. Для наполнения батонов колбас используют белковые оболочки (диаметр оболочки 45 мм).

Формирование батонов: батонам колбасы придают нужную форму и длину. Концы батонов перевязывают шпагатом.

Осадка: батоны колбас размещают в камерах при температуре $2-4$ °C и относительной влажности 75-80% в течение 3 суток.

Копчение: его проводят холодным дымом (температура $18-22$ °C) в течение 2-х суток. Используют дым от тления древесины твердых пород (например, дуба, бука, ольхи).

Сушка: после копчения колбасу сушат в камерах при температуре $10-15$ °C и относительной влажности 70-75% в течение 2-х недель (15 суток) [3].

Физико-химические показатели объектов исследования определяли с использованием следующих методов: массовую долю влаги – методом высушивания до постоянной массы при температуре 103 ± 2 °C (ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги), концентрацию ионов $[H^+]$ (величину pH) определяли потенциометрическим методом (ГОСТ Р 51478-99. Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH)).

Составление органолептического профиля осуществляли по ГОСТ ISO 13299-2015. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. Сущность профильного метода состоит в том, что сложное понятие одного из органолептических свойств (вкус, запах, консистенция и др.) представляется в виде совокупности простых составляющих, которые оцениваются испытателями по качеству, интенсивности и порядку проявления. При выполнении профильного анализа использовали 9-ти балльные шкалы для оценки органолептических показателей готового продукта:

- 0 – признак отсутствует;
- 1 – признак очень неприятный, очень плохой (неприемлемый);
- 2 – признак неприятный, плохой (неприемлемый);
- 3 – признак неприятный (приемлемый);
- 4 – признак немного непривлекательный (приемлемый);
- 5 – признак средний (удовлетворительный);
- 6 – признак недостаточно хороший;
- 7 – признак хороший;

8 – признак очень хороший;

9 – признак очень приятный.

Определение показателей качества осуществляли в 3-х кратной повторности, проведение статистической обработки полученных данных осуществляли с помощью программы *Microsoft Excel*.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных расчетов при моделировании рецептур сырокопченых колбас было получено несколько комбинаций рецептурных ингредиентов, для которых определены ожидаемые значения показателей химического состава и уровня физиологических потребностей населения Арктики. Они представлены в табл. 2.

Таблица 2. Рецептурные составы сырокопченых колбас

Вид мясного сырья	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Говядина I категории				45				
Говядина II категории	20				40	30		25
Свинина мясная			40	20		10	35	
Свинина беконная		45			50			50
Свинина жирная	45		20	10		40	30	
Оленина I категории	35				10	20		25
Оленина II категории		55	40	25			35	

Было получено восемь вариантов по оптимальному соотношению мясных компонентов для выработки фаршей сырокопченых колбас, которые отвечали требованиям питания лиц, работающих и постоянно проживающих в условиях Крайнего Севера (в частности по белково-липидному коэффициенту).

Одним из ключевых технологических параметров в производстве сырокопченых мясных изделий является снижение pH до значений, близких к изоэлектрической точке мышечных белков (5,2-5,6). Данный диапазон активной кислотности способствует уменьшению гидрофильности белков фарша, что приводит к высвобождению свободой влаги из фаршевой системы, при этом создаются благоприятные условия для формирования монолитной структуры готового продукта и образования нитрозопигментов, ответственных за интенсивность окраски сухих и полусухих видов колбас. Кроме того, pH фарша оказывает существенное влияние на характер развития микробиологических процессов.

Исходя из вышесказанного, целесообразным было провести исследования по изучению поведения стартовых культур в фарше, состоящего из мяса оленины и свинины в сравнении с традиционной рецептурой, предусматривающей использование говядины. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3 уровень pH опытных образцов на протяжении всего эксперимента ниже значений активной кислотности контрольного образца колбас. Необходимо отметить, что у готовых колбасных изделий из оленины значение pH было ниже диапазона изоэлектрической точки мышечных белков мяса и составило 4,8.

Более низкое значение величины pH связано предположительно с большим количеством углеводов в мясе оленины по сравнению с говядиной, т.к. большая подвижность животного в процессе жизни приводит к большому накоплению гликогена в мышцах, а значит и к большому количеству образовавшихся сахаров при гликолизе в процессе созревания мясного сырья.

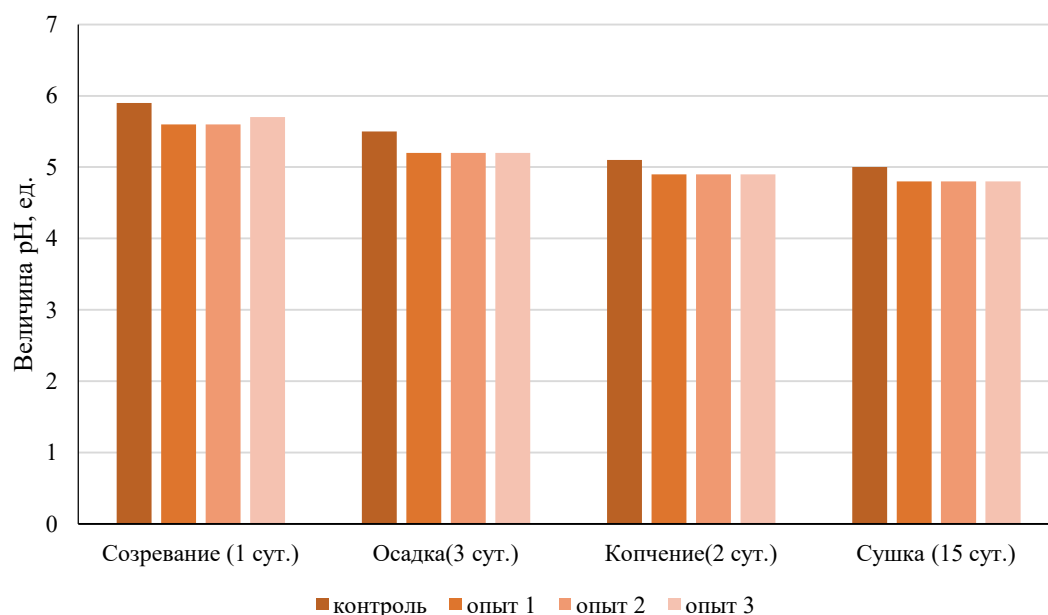


Рисунок 3. Динамика pH лабораторных образцов сырокопченых колбас

Полученные данные по динамике величины pH хорошо коррелируют с результатами определения характера изменения массовой доли влаги в контрольном и опытных образцах сырокопченых колбас в процессе их изготовления. Результаты даны на рис. 4.

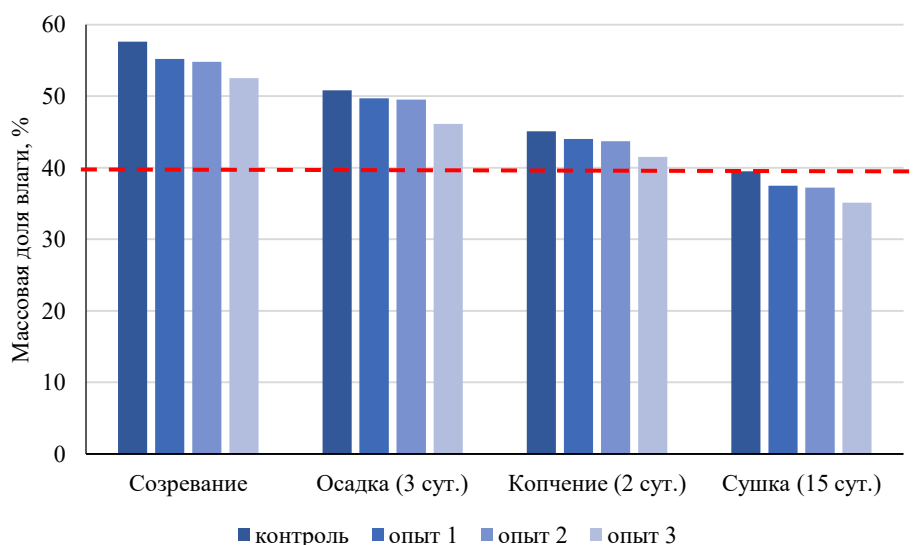


Рисунок 4. Динамика массовой доли влаги в лабораторных образцах сырокопченых колбас

Как видно из диаграммы уровень влажности в образцах уменьшалась, находясь в прямой зависимости с данными, полученными при изучении изменения величины pH в образцах. Известно, что в области изоэлектрической точки мышечных белков их гидрофильность резко уменьшается, и влага не переходит в связанную, оставаясь свободной и тем самым удаляется из продукта. В конце процесса сушки массовая доля влаги составила в контроле 39,5%, а в опытных образцах 35,1-37,5%. Еще одной возможной причиной является большее количество соединительнотканых белков в составе мышечной ткани оленины по сравнению с говядиной, которые в нативном состоянии не связывают воду. При этом необходимо отметить, что показатель массовой доли влаги отвечал требованиям ГОСТа на полусухие сырокопченые колбасы.

Таким образом, присутствие стартовых культур в мясных фаршевых системах оленина–свинина приводит к ускоренному снижению величины рН мяса, а, следовательно, и к более интенсивному снижению влаги опытных образцов и формированию плотной структуры колбасного батона.

Как известно, использование стартовых культур при производстве сырокопченых колбасных изделий позволяет не только ускорить производственный процесс, но и получить готовую продукцию с новыми оригинальными вкусо-ароматическими характеристиками. Это происходит потому, что в ходе метаболизма ароматобразующих микроорганизмов имеет место синтез веществ, оказывающих влияние на вкус и аромат сырокопченых мясных продуктов. Например, образование жирных кислот, значительная часть которых относится к летучим соединениям (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, валериановая и другие).

Органолептический профиль контрольного и опытных образцов сырокопченых колбас представлен на рис. 5.

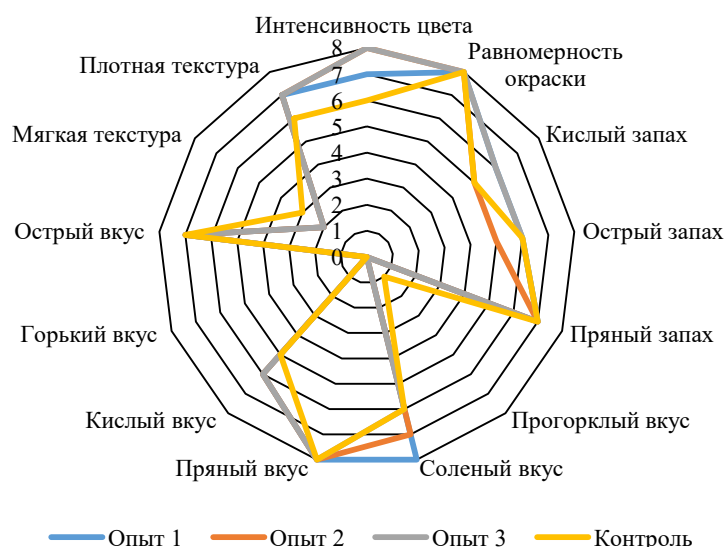


Рисунок 5. Органолептический профиль образцов сырокопченых колбас

Из профилограммы видно, что опытные образцы колбас характеризуются повышенной интенсивностью цвета по отношению к контролю (8 баллов к 6 баллам). Высокая равномерность окраски всех образцов свидетельствует о равномерности распределения структурных компонентов. Во вкусе образцов гармонично и ярко проявляются солёность, «кислинка», «острота». Консистенция готовых изделий характеризовалась умеренной плотностью.

Применение в технологии мясных продуктов местных биоресурсов – оленины, является перспективным, особенно на Крайнем севере. Это обусловлено высоким уровнем белка в мышечной ткани оленины. Результатами изучения содержания макроэлементов в контрольном и опытных образцах сырокопченых колбас и установления соотношения белок:жир было получено, что рекомендуемое соотношение белок:жир для жителей Арктической зоны 1:1 наблюдалось только в третьем опытном образце колбас, в опыте 1 и опыте 2 данное соотношение было 1:1,1. В контрольном образце – 1:3.

Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Методом математического моделирования разработаны рецептуры сырокопченых колбас с оптимизированным соотношением основных питательных веществ, адаптированные к физиологическим потребностям и энергетическим затратам населения Крайнего Севера.

2. Применение стартовых культур в технологии сырокопченых колбас из оленины обеспечивает ускоренное и более выраженное снижение величины рН по сравнению с образцами, выработанными из традиционного сыря.

3. Интенсивное снижение рН, обусловленное действием стартовых культур, хорошо коррелирует с данными по влагоотдаче образцов колбас в процессе их производства. Снижение массовой доли влаги в опытных образцах составило до 35,1-37,5% (против 39,5% в контроле) и способствовало формированию более плотной структуры.

4. Разработанные сырокопченые колбасы из оленины с применением стартовых культур имели улучшенные органолептические характеристики: более интенсивный (8 баллов против 6 в контроле) и равномерный цвет, гармоничный вкус с выраженными соленостью, кислинкой и остротой.

Список источников

1. Багнетова Е.А., Малюкова Т.И., Болотов С.В. К вопросу об адаптации организма человека к условиям жизни в северном регионе // Успехи современного естествознания. 2021. № 4. С. 111-116.

2. Буганов А.А., Агабалян А.А., Ионова И.Е. Влияние фактора питания на состояние здоровья населения Крайнего Севера // Медицина труда и промышленная экология. 2003. № 4. С. 25-28.

3. Величко Н.А. и др. Технология мяса и мясных продуктов / Н.А. Величко, А.И. Машанов, Е.А. Речкина, Е.А. Рыгалова. Москва: ИНФРА-М, 2025. 270 с.

4. Еганян Р.А. Особенности питания жителей Крайнего Севера России (обзор литературы) // Профилактическая медицина. 2013. № 5. С. 40-47.

5. Забалуева Ю.Ю. и др. Влияние биотехнологической обработки на физико-химические и структурно-механические характеристики деликатесных изделий из мяса птицы / Ю.Ю. Забалуева, Л.В. Данилова, Д.Б. Маламуд, Г.В. Шевченко, К.Р. Амерханов // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 4 (91). С. 5-13.

6. Забалуева Ю.Ю. Применение симплекс-метода при моделировании рецептур мясных изделий / Ю.Ю. Забалуева, Т.С. Бычкова, Б.А. Баженова, С.Ю. Лескова, А.Л. Андреева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2023. № 2 (79). С. 10-14.

7. Плешкова Н.О. Демографическая ситуация в районах Крайнего Севера // Арктика и инновации. 2025. № 3(2). С.45-54.

8. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2020 // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. № 21 (4). С. 32-35.

9. Столяренко А.В., Забалуева Ю.Ю. Использование стартовых культур при производстве сырокопченой мясной продукции / В сборнике: Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение. Сборник научных статей и докладов IX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. С. 365-367.

10. Шевченко Г.В., Бирченко Д.Н., Забалуева Ю.Ю. Выбор стартовых культур для производства сырокопченых мясных изделий // В сборнике: Современные достижения биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Инновационные биотехнологии природных и синтетических биологически активных веществ. Нарочанские чтения-16. Материалы IX Международной научно-практической конференции. Ставрополь, 2024. С. 429-431.

11. Шевченко Г.В. и др. Моделирование рецептур сырокопченых колбас, как фактор обеспечения безопасного и здорового питания населения России / Г.В. Шевченко, Ю.Ю. Забалуева, Т.С. Бычкова, М.В. Клоконос, Н.Н. Лебедева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2025. № 4 (93). С. 28-34.

12. Robert E. Black et al. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences / Robert E. Black, Lindsay H. Allen, Zulfiqar A. Bhutta, Laura E. Caulfield, Majid Ezzati // The Lancet. 2008. Vol. 371. Issue 9608. Pp. 243-260.

References

1. Bagnetova E.A., Malyukova T.I., Bolotov S.V. On the adaptation of the human body to living conditions in the northern region. Successes of modern natural science, 2021, no. 4, pp. 111-116.
2. Buganov A.A., Agabalyan A.A., Ionova I.E. The influence of the nutrition factor on the health status of the population of the Far North. Occupational medicine and industrial ecology, 2003, no. 4. pp.25-28.
3. Velichko N.A. et al. Technology of meat and meat products. N.A. Velichko, A.I. Mashanov, E.A. Rechkina, E.A. Rygalova. Moscow: INFRA-M, 2025. 270 p.
4. Yeganyan R.A. Nutrition features of the inhabitants of the Far North of Russia (literature review). Preventive medicine, no.5, 2013, pp. 40-47.
5. Zabalueva Yu.Y. et al. The influence of biotechnological treatment on the physico-chemical and structural-mechanical characteristics of delicatessen products from poultry meat. Yu.Yu. Zabalueva, L.V. Danilova, D.B. Malamud, G.V. Shevchenko, K.R. Amerkhanov // Bulletin of East Siberian State University of Technology and Management, 2023, no. 4 (91), pp. 5-13.
6. Zabalueva Yu.Y. Application of the simplex method in modeling recipes of meat products. Yu.Y. Zabalueva, T.S. Bychkova, B.A. Bazhenova, S.Y. Leskova, A.L. Andreeva. Technology and commodity science of innovative food products, 2023, no. 2 (79), pp. 10-14.
7. Pleshkova N.O. Demographic situation in the regions of the Far North. Arctic and Innovations, 2025, no. 3(2), pp.45-54.
8. Prevention of chronic noncommunicable diseases in the Russian Federation. National Guidelines 2020. Cardiovascular therapy and prevention, 2022, no. 21 (4), pp.32-35.
9. Stolyarenko A.V., Zabalueva Yu.Y. The use of starter cultures in the production of raw smoked meat products. In the collection: Food safety: scientific, personnel and information support. Collection of scientific articles and reports of the IX International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2023, pp. 365-367.
10. Shevchenko G.V., Birchenko D.N., Zabalueva Yu.Y. Selection of starter cultures for the production of raw smoked meat products. In the collection: Modern achievements of biotechnology: fundamental and applied aspects. Innovative biotechnologies of natural and synthetic biologically active substances. Narochnye readings-16. Materials of the IX International Scientific and Practical Conference. Stavropol, 2024, pp. 429-431.
11. Shevchenko G.V. et al. Modeling recipes for smoked sausages as a factor in ensuring safe and healthy nutrition of the Russian population. G.V. Shevchenko, Yu.Y. Zabalueva, T.S. Bychkova, M.V. Klokonos, N.N. Lebedeva. Technology and commodity science of innovative food products, 2025, no. 4 (93), pp. 28-34.

Информация об авторах

Ю.Ю. Забалуева – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии продуктов питания из растительного и животного сырья;

Г.В. Шевченко – аспирант;

К.Р. Амерханов – аспирант;

Е.Д. Титов – обучающийся.

Information about the authors

Yu.Yu. Zabalueva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Food Products from Plant and Animal Raw Materials;

G.V. Shevchenko – Postgraduate Student;

K.R. Amerhanov – Postgraduate Student;

E.D. Titov – Student.

Научная статья

УДК 664.953.6:637.522.2

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-45-53

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАС ИЗ МЯСА ИНДЕЙКИ

Зимняков Владимир Михайлович¹, Курмаев Дмитрий Александрович²,
Фролов Дмитрий Иванович³✉

^{1,2}Пензенский государственный аграрный университет, 440014, Россия, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, д. 30

³Пензенский государственный технологический университет, 440039, Россия, Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11

³Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73

¹zimnyakov@bk.ru

²kurmaev.dmit@yandex.ru

³surr@bk.ru✉

Аннотация. В статье рассмотрено использование пищевых добавок в технологическом процессе производства вареных колбас из мяса индейки. Частичная замена основного сырья на пищевые добавки представляет собой эффективный подход к сокращению использования мясного сырья, а также к улучшению органолептических и физико-химических характеристик готового продукта. Исследование направлено на изучение влияния добавления различных доз комплексной пищевой добавки (КПД) «Профи Гам Эластик» на органолептические характеристики, химический состав, энергетическую и биологическую ценность вареной колбасы из мяса индейки. Лабораторная выработка состояла из 4 образцов: 1-й образец – колбаса Докторская (контроль); 2-й образец – вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,0 кг); 3-й образец – вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг); 4-й образец – вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,4 кг). В результате дегустационной оценки вареных колбас по 9-балльной шкале было установлено, что образец №3 с внесением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг) получил самый высокий балл – 8,7 балла. Химические исследования образцов выявили отличие в пищевой ценности изделий: содержание белков в 100 г для образца №3 составило – 14 г, жиров – 9,5 г, углеводов – 2,3 г. В сравнении с контрольным образцом у образца №3 содержание белков и жиров в 100 г увеличилось на 1 г, а углеводов снизилось на 0,2 г. Внедрение в технологию производства вареных колбас из мяса индейки КПД «Профи Гам Эластик» в оптимальной дозировке 1,2 кг на 100 кг мясного сырья позволяет улучшить структурно-механические и органолептические свойства готового продукта, расширить ассортимент функциональных колбасных изделий и повысить рентабельность производства за счёт стабильного качества и высокой потребительской оценки.

Ключевые слова: пищевые добавки, вареные колбасы, мясо индейки, органолептические характеристики, Профи Гам Эластик.

Для цитирования: Зимняков В.М., Курмаев Д.А., Фролов Д.И. Совершенствование технологии производства вареных колбас из мяса индейки // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 45-53. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-45-53>.

Прав: © С.С. В.М. Зимняков, Д.А. Курмаев, Д.И. Фролов (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF COOKED SAUSAGES FROM TURKEY MEAT

Vladimir M. Zimnyakov¹, Dmitry A. Kurmaev², Dmitry I. Frolov³✉

^{1,2}Penza State Agrarian University, 30 Botany Str., Penza, Penza region, 440014, Russia

³Penza State Technological University, 1a/11, Baydukova passage/Gagarina Str., Penza,

Penza region, 440039, Russia

³Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University),
73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

¹zimnyakov@bk.ru

²kurmaev.dmit@yandex.ru

³surr@bk.ru[✉]

Abstract. The article considers the use of food additives in the technological process of production of cooked turkey sausages. Partial replacement of the main raw material with food additives is an effective approach to reducing the use of meat raw materials, as well as to improving the organoleptic and physico-chemical characteristics of the finished product. The study is aimed at studying the effect of adding different doses of the complex food additive (CFA) «Profi Gam Elastic» on the organoleptic characteristics, chemical composition, energy and biological value of cooked turkey sausage. The laboratory production consisted of 4 samples: Sample 1 – Doctor's sausage (control); Sample 2 – cooked sausage with the addition of CFA «Profi Gam Elastic» (1.0 kg); Sample 3 – cooked sausage with the addition of CFA «Profi Gam Elastic» (1.2 kg); Sample 4 – cooked sausage with the addition of CFA «Profi Gam Elastic» (1.4 kg). As a result of tasting evaluation of cooked sausages on a 9-point scale, it was found that sample No. 3 with the introduction of KPD Profi Gam Elastic (1.2 kg) received the highest score - 8.7 points. Chemical studies of the samples revealed a difference in the nutritional value of the products: the protein content in 100 g for sample No. 3 was 14 g, fat – 9.5 g, carbohydrates – 2.3 g. In comparison with the control sample, the protein and fat content in 100 g of sample No. 3 increased by 1 g, and carbohydrates decreased by 0.2 g. The introduction of CFA «Profi Gam Elastic» in the optimal dosage of 1.2 kg per 100 kg of raw meat into the production technology of cooked sausages from turkey meat allows to improve the structural, mechanical and organoleptic properties of the finished product, expand the range of functional sausages and increase the profitability of production due to stable quality and high consumer rating.

Keywords: food additives, cooked sausages, turkey meat, organoleptic characteristics, Profi Gum Elastic.

For citation: Zimnyakov V.M., Kurmaev D.A., Frolov D.I. Improvement of the technology of production of cooked sausages from turkey meat. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 45-53. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-45-53>.

Copyright: © V.M. Zimnyakov, D.A. Kurmaev, D.I. Frolov (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Переработка птицы представляет собой ключевой сектор аграрной экономики, обеспечивающий население диетическими и энергетически ценными продуктами питания [2]. В последнее время в производстве диетических продуктов особую популярность приобретает мясо индейки. Промышленное разведение индейки ориентировано на стабильное, круглогодичное производство высококачественного мяса. Индейка относится к числу наиболее крупных видов сельскохозяйственной птицы, выращиваемых для получения мяса, отличающегося превосходными пищевыми и вкусовыми качествами [7, 8].

Мясо индейки является диетическим продуктом с гипоаллергенными свойствами и низким содержанием холестерина. Оно превосходит другие виды мяса по содержанию витаминов и микроэлементов. Этот ценный белковый продукт является важным источником полноценных белков и липидов, богатых незаменимыми жирными кислотами. Кроме того, мясо индейки отличается прекрасными вкусовыми характеристиками и легкостью в приготовлении, что делает его перспективным продуктом питания. Выход съедобных частей тушки индейки превышает 70%, а мышечной ткани – 60%. Индейка считается полупремимальным продуктом в рознице и высокотехнологичным сырьем мясоперерабатывающей промышленности [3, 7, 15].

Современный рынок колбасных изделий играет значимую роль в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации. Среди предпочтений отечественных потребителей лидирующие позиции на рынке мясопродуктов занимает группа вареных колбасных изделий, в которой колбасы из мяса индейки занимают заметную долю [1, 17].

В последние десятилетия создание инновационных продуктов стало ключевым направлением развития пищевой промышленности. В рамках данного исследования был изучен процесс изготовления вареных колбас с добавлением семян кунжута. Установлено, что при включении 10% семян кунжута в рецептуру, содержание влаги в конечном продукте увеличивается на 2,4%. Это объясняется способностью семян кунжута адсорбировать влагу в процессе термической обработки. Одновременно, содержание белка снижается на 1,6%, а содержание жира уменьшается на 0,9%. Таким образом, частичная замена основного сырья на 10% семян кунжута представляет собой эффективный подход к сокращению использования мясного сырья, а также к улучшению органолептических и физико-химических характеристик готового продукта [5].

Внедрение муки из зародышей пшеницы в технологический процесс изготовления вареных колбас представляет собой инновационный подход к модификации рецептуры. В частности, замена 20% мясного сырья на указанную муку оказывает существенное влияние на характеристики конечного продукта. Повышение pH фарша и конечного продукта до уровня 6,3 зафиксировано при увеличении количества добавленной муки из зародышей пшеницы. Кроме того, наблюдается незначительное изменение цвета колбасы, выражающееся в потемнении оттенка с увеличением процентного содержания добавленной муки [12].

В нынешних условиях актуальным становится насыщение ежедневного питания витаминами, макро- и микроэлементами, а также пищевыми волокнами. Эти компоненты играют важную роль в оптимизации метаболизма, поддержании и укреплении здоровья, предотвращении заболеваний и усилении иммунной системы. Использование растительных добавок позволяет стабилизировать функциональные и технологические характеристики сырья, увеличивая биологическую ценность и улучшая органолептические свойства готовых изделий.

Мука из льна, тыквы и овсяное толокно являются ценными источниками минеральных веществ, витаминов, пищевых волокон, белков и полиненасыщенных жирных кислот. Уникальный химический состав этих добавок способствует улучшению вкусовых качеств и повышению пищевой и биологической ценности мясной продукции. Например, добавление льняной муки может повысить содержание Омега-3 жирных кислот в мясных продуктах, а тыквенная мука обогащает их витаминами группы В и каротиноидами. Овсяное толокно, в свою очередь, является отличным источником растворимых пищевых волокон, способствующих улучшению пищеварения [14, 16].

Актуальность исследования обусловлена тем, что на производствах, занимающихся переработкой мяса индейки, стоит задача производства высококачественных мясных продуктов. Для решения поставленной задачи необходим комплексный подход, который включает в себя процесс совершенствования технологий переработки мяса индейки [6, 9, 10, 11, 13].

Для изменений потребительских и технологических показателей (вкус, запах, аромат, цвет, консистенция, внешний вид, устойчивость при хранении и др.) сырья и готовой продукции вносятся пищевые добавки. Главными свойствами добавок-усилителей являются – коррекция, восстановление или стабилизация вкуса и аромата, а также восстановление свойственных продукту ароматов, утраченных при изготовлении мясopодуктов.

Рядом исследователей установлено, что комбинированная пищевая добавка (КПД) «Профи Гам Эластик» активно взаимодействует с белками. Опубликованы научные работы отечественных и зарубежных авторов, которые считают, что уровень КПД влияет на несколько показателей качества производимого фарша из мяса индейки. Дополнительные исследования были необходимы в связи с отсутствием научных работ о влиянии КПД на питательную и биологическую ценность фарша из мяса индейки [4].

Цель исследования – изучение влияния внесения различных доз пищевой добавки КПД «Профи Гам Эластик» на органолептические характеристики, химический состав, энергетическую и биологическую ценность вареной колбасы из мяса индейки.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования: процесс производства вареных колбас из мяса индейки с использованием комплексной пищевой добавки «Профи Гам Эластик».

Предмет исследования: влияние различных доз комплексной пищевой добавки «Профи Гам Эластик» (1 кг, 1,2 кг, 1,4 кг) на органолептические характеристики, химический состав, энергетическую и биологическую ценность вареных колбас из мяса индейки.

Лабораторная выработка вареных колбас и органолептические исследования проводились в условиях лаборатории переработки мяса Пензенского ГАУ; химического состава в лаборатории ООО «ПензаМолИнвест» в 2025 году.

В процессе исследования проводились две лабораторные выработки. Первая лабораторная выработка была пробной, её целью являлось установление оптимальных норм ввода такого ингредиента как КПД «Профи Гам Эластик», который позволил бы улучшить органолептические показатели готового продукта.

Перед выработкой был произведен анализ мясного сырья и специй. В качестве основного сырья для лабораторной выработки вареной колбасы использовали мясной набор (мясо каркаса, бедра) торговой марки «ИндиЛайт», производимое на ООО «ПензаМолИнвест». Исследуемое сырье по физико-химическим показателям соответствовало СТО 81934262-003-2020 Изделия колбасные вареные из мяса птицы. Технические условия.

Отбор проб проводили по ГОСТ 9792-73 Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб. Массовую долю жира, белка и влаги в готовых изделиях измеряли с применением анализатора FoodScan Lab по методике ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова». По органолептическим и физико-химическим показателям колбасные изделия соответствовали ГОСТ 23670-2019 Изделия колбасные вареные мясные. Технические условия. Органолептическую оценку вареных колбас по 9-балльной шкале проводили по ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. Энергетическую ценность определяли расчетным методом.

Дозировка КПД «Профи Гам Эластик» была определена на основании рекомендаций на упаковке производителя.

Статическая обработка данных проводилась с помощью программ MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Для исследования по органолептическим показателям были изготовлены опытные образцы вареных колбас, с внесением комплексной пищевой добавки (КПД) «Профи Гам Эластик» в различных количествах.

Лабораторная выработка состояла из 4 образцов (см. рис. 1):

- 1-й образец – вареная колбаса «Докторская» (контроль);
- 2-й образец – вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,0 кг);
- 3-й образец – вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг);
- 4-й образец – вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,4 кг).

Рецептура приготовления вареной колбасы «Докторская» по предлагаемой технологии представлена в табл. 1.

Таблица 1. Рецепт приготовления вареной колбасы «Докторская» по предлагаемой технологии

Сырье	Содержание, %	Специи	Масса, кг
Мясо белое рубленое, охл.	26,2	Соль пищевая Экстра	1,6
Мясо красное рубленое, охл.	27,2	Соль нитритная	4,4
Эмульсия кожи (без эмульгатора), охл.	8,7	Клетчатка пшеничная Sanasel WF	4,0
Жир сырец	13,6	Крахмал картофельный	4,8
Вода / чешуйчатый лёд	18,8	КПД Аромакс индии	0,16

Сырье	Содержание, %	Специи	Масса, кг
Итого	100	КПД Мускатная с кардамоном	3,2
		КПД Профи Гам Эластик	1 / 1,2 / 1,4
		КПД Телячья комбинированная	2,8
		Экстракт растительный Фрукторед	0,24

В ходе органолептической оценки было выявлено, что внешний вид каждого образца не имел загрязнений и каких-либо повреждений, батоны имели чистую сухую поверхность (см. табл. 2).



Рисунок 1. Лабораторные образцы перед дегустацией

При разрезе каждого образца фарш имеет светло-розовый оттенок. Вкус и запах каждого образца соответствует данному виду продукта. По результатам органолептической оценки каждый из образцов соответствует требованиям ГОСТ 23670-2019 Изделия колбасные вареные мясные. Технические условия.

Таблица 2. Результаты органолептической оценки вареных колбас по 9-балльной шкале

Оценка продуктов по 9-ти балльной системе							
Образцы	Внешний вид	Вид и цвет на разрезе	Запах (аромат)	Консистенция (нежность, жесткость)	Вкус	Сочность	Общая оценка качества
Вареная колбаса «Докторская» (контроль)	8	7	8	7	8	8	7,6
Вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,0 кг)	8	8	8	7	7	8	7,7
Вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг)	9	9	9	8	8	9	8,7
Вареная колбаса с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,4 кг)	9	9	8	8	7	8	8,2

В результате дегустационной оценки вареных колбас по 9-балльной шкале было установлено, что образец № 3 с внесением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг) получил самый высокий балл – 8,7 балла (очень хорошее качество). При этом максимальное количество баллов 9 – за внешний вид, вид и цвет на разрезе, запах и сочность.

Образец № 3 с внесением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг) был исследован на содержание белка, жира, влаги. После проведения химического анализа его результаты были сопоставлены с контрольным образцом.

Образцы не содержали больших полостей или включений воздуха, так как это могло повлиять на результаты.

Разработанная рецептура вареных колбас обеспечивает адекватность состава продукта медико-биологическим требованиям в соответствии с современной теорией сбалансированного питания, с учетом возрастных особенностей обменных процессов человеческого организма.

Пищевая ценность вареной колбасы «Докторская» без внесения добавки представлена в табл. 3.

Таблица 3. Пищевая ценность вареной колбасы «Докторская» без внесения добавки

Пищевая ценность на 100 г	
Белки, г	13,0
Жиры, г	8,5
Углеводы, г	2,5
Энергетическая ценность, ккал	140

Пищевая ценность вареной колбасы с внесением комплексной пищевой добавки КПД «Профи Гам Эластик» представлена в табл. 4.

Таблица 4. Пищевая ценность вареной колбасы с внесением комплексной пищевой добавки КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг)

Пищевая ценность на 100 г	
Белки, г	14,0
Жиры, г	9,5
Углеводы, г	2,3
Энергетическая ценность, ккал	150

В результате химического анализа образца №3 вареной колбасы с добавлением КПД «Профи Гам Эластик» (1,2 кг) на приборе FoodScan установлено, что содержание белков в 100 г составляет – 14 г, жиров – 9,5 г, углеводов – 2,3 г. Данный образец отличался несколько повышенным содержанием жира и белка в сравнении с контрольным образцом, а также обладал лучшими органолептическими качествами. По органолептическим показателям образец имел выраженную красно-розовую и розоватую окраску и мягкую консистенцию со специфическим вкусом, что согласуется с литературными данными.

Выводы

Результаты исследований по использованию КПД «Профи Гам Эластик» в вареных колбасах из мяса индейки обосновали перспективность её применения.

В ходе исследований установлено:

1. По результатам дегустационной оценки, проведённой по 9-балльной шкале, наилучшие потребительские характеристики продемонстрировал образец № 3 – вареная колбаса с добавлением 1,2 кг комплексной пищевой добавки «Профи Гам Эластик» на 100 кг сырья. Продукт получил высокую оценку – 7 баллов, что соответствует категории «очень хорошее качество». Особенно высокие баллы были присвоены таким показателям, как внешний вид,

цвет и структура на разрезе, аромат и сочность, где зафиксирован максимально возможный результат – 9 баллов.

2. Химический анализ, выполненный с использованием прибора FoodScan, показал, что в 100 граммах образца № 3 содержится 14 г белка; 9,5 г жира и 2,3 г углеводов. По сравнению с контрольным образцом отмечено незначительное увеличение содержания белка и жира, что, в совокупности с улучшенной текстурой и вкусовыми качествами, положительно повлияло на общую органолептическую оценку продукта.

3. На основании полученных данных можно заключить, что внесение комплексной пищевой добавки «Профи Гам Эластик» в количестве 1,2 кг на 100 кг мясного сырья является оптимальным решением. Это позволяет не только улучшить структурно-механические и вкусовые свойства варёной колбасы, но и расширить ассортимент функциональных мясных изделий.

Результаты исследования подтверждают целесообразность внедрения данной разработки в промышленное производство с целью повышения эффективности и потребительской привлекательности колбасной продукции.

Список источников

1. Антипова Л.В., Шигина А.И. Рациональное использование субпродуктов при переработке индеек // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1(71). С. 119-125.

2. Баишева Э.З., Баишев Р.А. Перспективы производства мяса индейки // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 23-24 марта 2017 года. Том II. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. С. 157-159.

3. Бондарева Д.В. Перспективы производства мяса индейки в России // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края, Краснодар, 29-30 ноября 2017 года. Ответственный за выпуск А.Г. Кошаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. С. 1006-1007.

4. Войтенко О.С., Войтенко Л.Г. Изменение органолептических показателей мясного изделия при использовании фитобиотика // Инновационные технологии пищевых производств: материалы всероссийской научно-практической конференции, пос. Персиановский, 10 февраля 2017 года. Пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», 2017. С. 11-14.

5. Емельянова Г.В., Емельянов А.М. Применение семян кунжута в технологии производства вареных колбас // Наука и образование в наши дни: фундаментальные и прикладные исследования: материалы XLIII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях, Ростов-на-Дону, 23 декабря 2021 года. Том Часть 1. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство ВВМ», 2021. С. 377-378.

6. Зимняков В.М. Промышленное производство мяса индейки // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 2(30). С. 100-106.

7. Зимняков В.М. Состояние и перспективы производства и переработки мяса индейки. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. 184 с.

8. Зимняков В.М., Варламова Е.Н. Состояние и перспективы производства мяса индейки // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 55-62.

9. Зимняков В.М., Дмитриева С.Ю. Производство мяса индейки на промышленной основе // Инновационная техника и технология. 2018. № 3 (16). С. 42-49.

10. Зубаирова Л.А., Самигуллина Л.И. Разработка колбасных изделий фитнес линии // Мясная индустрия. 2017. № 3. С. 38-40.

11. Кара-бут А.М., Криштафович В.И., Цветкова Н.Н. Колбасные изделия с использованием мяса индейки // Мясной ряд. 2016. № 2(64). С. 57-61.
12. Кореневская П.А., Котельникова Ю.А. Технология производства вареных колбас с использованием муки из зародышей пшеницы // Научное обеспечение животноводства Сибири: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Красноярск, 14-15 мая 2020 года / Материалы опубликованы в авторской редакции. Красноярск: Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 2020. С. 500-503.
13. Курмаев Д.А. Совершенствование технологий производства варёных колбас // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 1. С. 30-37.
14. Мелешкина Е.П. Научный подход к переработке семян льна на основе использования их фитохимического потенциала с целью создания новых пищевых продуктов с заданными свойствами // Аграрный вестник Юго-Востока. 2016. № 1-2. С. 68-71.
15. Морарь М.А., Вайскрובה Е.С. Товароведная характеристика мяса индейки // Качество продукции, технологий и образования: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию кафедры стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания, Магнитогорск, 30 марта 2016 года. Барышникова Н.И. (отв. редактор). Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2016. С. 150-155.
16. Обогащение продуктов пищевыми волокнами - основа сбалансированного питания / А.Е. Куцова, С.В. Куцов, С.В. Шахов, И.А. Глотова // Международный научный вестник (Вестник Объединения православных ученых). 2015. № 3(7). С. 49-52.
17. Осянин Д.Н., Петрунина И.В. Тенденции развития мясного рынка // Рынок мяса и мясных продуктов. 2019. № 8. С. 2-21.

References

1. Antipova L.V., Shigina A.I. Rational use of by-products in processing turkeys. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2017, vol. 79, no. 1(71), pp. 119-125.
2. Baisheva E.Z., Baishev R.A. Prospects for turkey meat production. Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex of Russia: collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Penza, March 23-24, 2017. Vol. II. Penza: Penza State Agrarian University, 2017, pp. 157-159.
3. Bondareva D.V. Prospects of turkey meat production in Russia. Scientific support of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the XI All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th anniversary of the formation of the Krasnodar Territory, Krasnodar, November 29-30, 2017. Responsible for the launch is A.G. Koshchaev. Krasnodar: Trublin Kuban State Agrarian University, 2017, pp. 1006-1007.
4. Voitenko O.S., Voitenko L.G. Changes in organoleptic parameters of meat products when using phytochemicals. Innovative technologies of food production: materials of the All-Russian scientific and practical conference, village. Persianovsky, February 10, 2017. Pos. Persianovsky: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Don State Agrarian University», 2017, pp. 11-14.
5. Yemelyanova G.V., Yemelyanov A.M. The use of sesame seeds in the technology of production of boiled sausages. Science and education in our days: fundamental and applied research: proceedings of the XLIII All-Russian Scientific and Practical Conference. In 2 parts, Rostov-on-Don, December 23, 2021. Vol. Part 1. Rostov-on-Don: VVM Publishing House, LLC, 2021, pp. 377-378.
6. Zimnyakov V.M. Industrial production of turkey meat. Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization, 2018, no. 2(30), pp. 100-106.

7. Zimnyakov V. M. The state and prospects of production and processing of turkey meat. Penza: Penza State Agrarian University, 2017. 184 p.
8. Zimnyakov V.M., Varlamova E.N. The state and prospects of domestic meat production. Field of the Volga region, 2017, no. 4 (45), pp. 55-62.
9. Zimnyakov V.M., Dmitrieva S.Y. Production of turkey meat on an industrial basis. Innovative machinery and technology, 2018, no. 3 (16), pp. 42-49.
10. Zubairova L.A., Samigullina L.I. Development of fitness line sausage products. Meat industry, 2017, no. 3, pp. 38-40.
11. Kara-but A.M., Krishtafovich V.I., Tsvetkova N.N. Sausage products using turkey meat. Meat row, 2016, no. 2(64), pp. 57-61.
12. Korenevskaya P.A., Kotelnikova Yu.A. Technology of production of boiled sausages using flour from wheat germ. Scientific support of livestock breeding in Siberia: Proceedings of the IV International scientific and practical Conference, Krasnoyarsk, May 14-15, 2020. Materials published in the author's edition. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Animal Husbandry is a separate division of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», 2020, pp. 500-503.
13. Kurmaev D.A. Improvement of technologies for the production of boiled sausages. Innovative technique and technology, 2025, vol. 12, no. 1, pp. 30-37.
14. Meleshkina E.P. A scientific approach to the processing of flax seeds based on the use of their phytochemical potential in order to create new food products with specified properties. Agrarian Bulletin of the South-East, 2016, no. 1-2, pp. 68-71.
15. Morar M.A., Vaiskrobova E.S. Commodity characteristics of turkey meat. Quality of products, technologies and education: proceedings of the XI International Scientific and practical Conference dedicated to the 10th anniversary of the Department of Standardization, Certification and Food Technology, Magnitogorsk, March 30, 2016. Baryshnikova N.I. (editor-in-chief). Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, 2016, pp. 150-155.
16. Fortification of food with dietary fiber - the basis of a balanced diet. A.E. Kutsova, S.V. Kutsov, S.V. Shakhov, I.A. Glotova. International Scientific Bulletin (Bulletin of the Association of Orthodox Scientists), 2015, no. 3(7), pp. 49-52.
17. Osyanin D.N., Petrunina I.V. Trends in the development of the meat market. Meat and meat products market, 2019, no. 8, pp. 2-21.

Информация об авторах

В.М. Зимняков – доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»;

Д.А. Курмаев – обучающийся;

Д.И. Фролов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Пищевые производства» ПензГТУ; заведующий кафедрой «Промышленные технологии и сервис» МГТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ);

Information about the authors

V.M. Zimnyakov – Doctor of Economics, Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Processing of Agricultural Products;

D.A. Kurmaev – Student;

D.I. Frolov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of «Food Production» PenzSTU; Head of the Department of «Industrial technologies and services» of K.G. Razumovsky Moscow State Technical University (FCU).

Научная статья

УДК 664.661

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-54-61

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШАФРАНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Калужских Александр Геннадьевич^{1✉}, Трубников Владимир Николаевич²,
Заикин Александр Александрович³

^{1,3}Юго-Западный государственный университет, 305040, Россия, Курская область,
г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

²Курский государственный аграрный университет, 305021, Россия, Курская область,
г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70

¹alex.kaluzhskih@yandex.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³impost46 impost@gmail.com

Аннотация. Разработка продуктов питания ежедневного потребления, полезных для здоровья, является приоритетным направлением развития пищевой промышленности. Для создания таких продуктов актуально использовать добавки из растительного и нетрадиционных видов сырья, содержащих в своем составе ряд веществ, таких как макро- и микроэлементы, витамины, пищевые волокна. Цель исследования – изучение возможности использования шафрана в технологии приготовления пшеничного хлеба. Работа проводилась в 2022 г. на базе Курского Государственного Юго-Западного Университета. В работе использованы общепринятые стандартные методы определения органолептических и физико-химических показателей. Приведено обоснование рецептурно-компонентных решений использования молотого шафрана при выпечке пшеничного хлеба. Исследовано влияние внесения в рецептуру шафрана на физико-химические показатели качества пшеничного хлеба. Данный образец имел более высокий показатель пористости – 72%, по сравнению с другими образцами содержащими шафран. Отмечаем увеличение массовой доли минеральных веществ в указанном образце – 2,9%, по сравнению с контрольным образцом – 1,8%. Установлено влияние пряности на физико-химические показатели пшеничного хлеба. Выявлено, что оптимальным количеством шафрана для добавления в тесто является 3% от общего количества муки.

Ключевые слова: хлеб, хлебобулочные изделия, физико-химические показатели, пряности, шафран, технология

Для цитирования: Калужских А.Г., Трубников В.Н., Заикин А.А. Исследование влияния шафрана на физико-химические показатели пшеничного хлеба // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 54-61. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-54-61>.

Права: © А.Г. Калужских, В.Н. Трубников, А.А. Заикин (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SAFFRON ON THE PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF WHEAT BREAD

Alexander G. Kaluzhskikh^{1✉}, Vladimir N. Trubnikov², Alexander A. Zaikin³

^{1,3}Southwestern State University, 94, 50 Years of October Str., Kursk, Kursk region, 305040, Russia

²Kursk State Agrarian University, 70 Karl Marx Str., Kursk, Kursk region, 305021, Russia

¹alex.kaluzhskih@yandex.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³impost46 impost@gmail.com

Abstract. The development of daily consumption food products that are healthy is a priority area of development of the food industry. To create such products, it is relevant to use additives from plant and non-traditional types of raw materials, which contain a number of substances, such as macro- and microelements, vitamins, dietary fiber. The purpose of the work is to study the possibility of using saffron in the technology of making wheat bread. The work was carried out in 2022 at the Kursk State Southwestern University. The work uses standard methods for determining organoleptic and physical and chemical indicators. The paper provides a rationale for using ground saffron in the baking of wheat bread. The paper also explores the impact of adding saffron to the recipe on the physical and chemical properties of wheat bread. This sample had a higher porosity rate of 72%, compared to other samples containing saffron. We note an increase in the mass fraction of minerals in the saffron-infused sample to 2.9%, compared to the control sample's 1.8%. The influence of the spice on the physical and chemical properties of wheat bread has been established. It has been determined that the optimal amount of saffron to add to the dough is 3% of the total flour.

Keywords: bread, bakery products, physical and chemical indicators, spices, saffron, technology

For citation: Kaluzhskikh A.G., Trubnikov V.N., Zaikin A.A. Investigation of the effect of saffron on the physico-chemical indicators of wheat bread. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 54-61. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-54-61>.

Copyright: © A.G. Kaluzhskikh, V.N. Trubnikov, A.A. Zaikin (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Хлеб и хлебобулочные изделия относятся к товарам стратегической важности, а для покупателей представляются продукцией первой необходимости и неизменного спроса, его приобретают всюду. В зависимости, как отлично работает и процветает эта ветвь, обуславливается обеспечение популярным и доступным продуктом питания народонаселения.

Увеличение производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта, наиболее бедной по содержанию микронутриентов, приводит к снижению пищевой ценности хлебопекарной продукции и необходимости обогащать хлебобулочную продукцию полезными веществами [4]. В России традиционно потребляют много хлеба, и технология его приготовления позволяет добавлять в него макро- и микронутриенты в необходимом количестве.

Хлебобулочные изделия являются одними из массово потребляемых продуктов питания. Обогащение их природными антиоксидантами и введение в рацион питания позволит повысить сопротивляемость организма к различным заболеваниям и улучшить многие физиологические процессы [6].

Одним из перспективных источников природных антиоксидантов являются пряно-ароматические растения [9].

Пряно-ароматическое сырье с древних времен применяли в пищу. Пряности ценили не только за изысканный вкус и аромат, но и за лечебно-профилактические свойства и консервирующее действие. Пряности характеризуются богатым и разнообразным химическим составом и высокой биологической активностью. Антиоксидантная активность пряно-ароматических растений обусловлена полифенолами, фенольными соединениями, флавоноидами, токоферолами и др. [10,1].

Потребление пряностей в пищу нормализует секрецию желудочно-кишечного тракта, улучшает аппетит, снижает уровень холестерина в крови и положительно влияет на работу сердечно-сосудистой системы. Кроме того, пряные растения обладают иммуномодулирующим, спазмалгическим, противовирусным и антимикробным действиями.

В пищевой индустрии потребность в этом сырье в мире за последние 10 лет увеличилась практически в 6 раз, а объемы его производства возрастают ежегодно на 20–30%.

Очень важным положительным результатом применения пряно-ароматических растений является возможность снижения химической нагрузки на организм человека путем сокращения или исключения использования улучшителей и других пищевых добавок при производстве такого значимого и популярного продукта, как хлеб [5, 2].

Хлебобулочные изделия должны обладать приятным ароматом. Сложность состоит в том, что разные по составу и количественному соотношению отдельные ароматобразующие вещества и их комбинации смеси могут обладать резко различным по характеру ароматом.

Нельзя не учитывать и то, что отдельные ароматизующие вещества при небольшой концентрации их в продукте придают ему приятный аромат, а при резко повышенном их содержании могут у этого же продукта вызвать очень неприятный запах.

Для получения хлебобулочных изделий с хорошо выраженным вкусом и ароматом нужно обеспечивать оптимальное соотношение пряностей. Влияние разных технологических факторов и добавок на внешний вид, форму, объем хлеба, структуру пористости и реологические свойства имеет также большое значение в повышении пищевой ценности изделий [3, 7, 8].

Шафран – уникальная специя, известная во всем мире. Ее получают из многолетнего травянистого растения семейства ирисов – крокуса.

Рыльца крокуса содержат невероятное количество полезных веществ. Именно за это специя обладает такой большой ценностью. Так, в составе шафрана присутствуют: витамины – группы В, А, С, РР; минералы – кальций, калий, натрий, магний, фтор и пр.; эфирные масла.

Шафран с молоком или любым чаем применяют для растворения камней в почках и желчном пузыре. Всевозможные настои и отвары с использованием специи препятствуют развитию вирусов, грибков и бактерий в организме, успокаивают нервы, способствуют нормализации сна. Шафран – хороший спазмолитик, обезболивающее, противовоспалительное и антигистаминное средство.

В статье представлены результаты исследования возможности использования шафрана в технологии производства пшеничного хлеба.

Цель исследования – изучение возможности использования шафрана в технологии приготовления пшеничного хлеба.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – образцы пшеничного хлеба с добавлением шафрана.

Предмет исследования – физико-химические показатели пшеничного хлеба с добавлением шафрана.

Исследования были проведены в период с января по февраль 2022 года, на базе Курского Государственного Юго-Западного Университета.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с поставленными задачами в лабораториях кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ЮЗГУ.

Свойства готовых лабораторных образцов хлеба оценивали по физико-химическим показателям, которые определяли в соответствии с методиками.

Определение массовой доли влаги и сухих веществ (%) в изделиях проводили стандартным методом по ГОСТ 21094.

Титруемую кислотность (град) определяли по ГОСТ 5670-96.

Пористость хлеба определяли с помощью пробника Журавлёва, состоящего из металлического цилиндра внутренним диаметром 3 см, с заострённым краем с одной стороны; деревянной втулки; деревянного или металлического лотка с поперечной стенкой, в котором на расстоянии 3,8 см от стенки имеется прорез глубиной 1,5 см.

Озоление образцов для анализа пищевых продуктов применяют для исследования различных макро и микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов. Озоление можно проводить различными методами; сжиганием образца в муфельной печи или при помощи микроволновой системы пробоподготовки.

В качестве добавки в рецептуре пшеничного хлеба предлагается добавлять молотый шафран количестве 3%, 5% и 7% от количества муки в рецептуре, приведенные в табл. 1.

Для изучения возможности использования молотого шафрана в приготовлении пшеничного хлеба были использованы следующие образцы:

- образец № 1 – без добавления шафрана (контрольный образец);
- образец № 2 с добавлением 3% молотого шафрана от общего количества муки;
- образец № 3 с добавлением 5% молотого шафрана от общего количества муки;
- образец № 4 с добавлением 7% молотого шафрана от общего количества воды.

В табл. 1 представлена рецептура пшеничного хлеба с добавлением молотого шафрана в различном процентном соотношении.

Таблица 1. Рецептура приготовления пшеничного хлеба с добавлением молотого кардамона в различном процентном соотношении

Наименование компонента рецептуры	Контрольный, без добавления молотого шафрана (образец № 1)	3% молотого шафрана от общей массы муки (образец № 2)	5% молотого шафрана от общей массы муки (образец № 3)	7% молотого шафрана от общей массы муки (образец № 4)
Вода, мл	100	100	100	100
Молотый шафран, г	-	13,5	22,5	31,5
Мука пшеничная в/с, г	450	436,5	427,5	418,5
Соль, г	1	1	1	1
Сахар, г	1	1	1	1
Дрожжи, г	2	2	2	2

В опытные образцы при замесе теста вносили молотый шафран в количестве 3%, 5% и 7% от общей массы муки.



Рисунок 1. Экспериментальные образцы пшеничного хлеба с добавлением шафрана

Тесто замешивали из муки пшеничной высшего сорта, сухих дрожжей, соли и сахара, растворенных в воде. Замес теста осуществляли до получения однородной консистенции.

Продолжительность брожения составляла 30 минут при температуре 30 °С. Тестовые заготовки укладывали в предварительно смазанные растительным маслом формы.

Расстойку тестовых заготовок осуществляли в течение 20 минут при температуре 35-40°С и относительной влажности 75-80%. Выпечку проводили при температуре 200-220 °С в течение 20-25 минут. Качество хлебобулочных изделий оценивали после остывания.

Результаты исследований и их обсуждение

При оценке физико-химических показателей определяют влажность мякиша, кислотность, пористость и общую массовую долю золы, реже – содержание сахара и жира, поваренной соли, принадлежность хлеба к тому или иному типу в зависимости от сорта муки. Повышенная влажность снижает питательную ценность хлеба, ухудшает его вкус и сокращает срок хранения. Как правило, чем выше сорт муки, тем меньше норма влажности хлеба.

Кислотность влияет на вкусовые свойства хлеба. Недостаточно или излишне кислый хлеб неприятен на вкус. По этому показателю судят о правильности ведения технологического процесса.

Изменение кислотности и влажности хлеба в сторону увеличения в гигиеническом отношении нежелательно, так как повышение содержания влаги и органических кислот ухудшает вкусовые свойства и снижает пищевую ценность хлеба.

Употребление хлеба с повышенной кислотностью, кроме того, может вызвать обострения у лиц, страдающих желудочно-кишечными заболеваниями.

Определение кислотности основано на извлечении органических кислот из навески хлеба и последующем титровании их раствором щелочи.

У всех образцов, кроме образца № 4, показатель кислотности соответствует значению ГОСТ Р 58233-2018. У экспериментальных образцов хлеба отмечается увеличение показателя кислотности с возрастанием количества молотого шафрана в рецептуре (см. табл. 2). Это может быть связано с наличием в составе шафрана химических веществ: эфирные масла, кислоты, фенольные соединения.

Влажность хлеба при лабораторном исследовании определяется высушиванием. Влажность различных сортов хлеба составляет 43-51%. Повышенная влажность ухудшает качество хлеба: он делается более тяжёлым, хуже усваивается организмом, быстрее подвергается плесневению и заболеваниям, легко деформируется. Низкая влажность приводит к тому, что хлеб становится сухим, быстро черствеет, ухудшается его вкус. Влажность определяют для расчёта энергетической ценности хлеба, выхода продукта и проверки правильности дозировки основного сырья. Показатель влажности исследуемых образцов хлеба находится в пределах, допустимых ГОСТом. В образце №4 значение влажности превышает допустимую норму.

Пористостью хлеба называется объем пор, заключенный в 100 объемных единицах мякиша. Пористый хлеб легко усваивается, так как хорошо пропитывается в желудочно-кишечном тракте пищеварительными соками.

Пористость выше у пшеничных сортов хлеба, который в процессе изготовления подвергается спиртовому брожению.

При этом виде брожения дрожжевые ферменты расщепляют углеводы с образованием углекислого газа, который разрыхляет тесто, придавая ему пенистую структуру. Под влиянием высокой температуры хлебопекарной печи стенки пор, состоящие из белков, свертываются, что в конечном итоге придает особую пышность хлебу.

Пористость высших сортов пшеничного хлеба может достигать 75% и выше, в то время как у ржаного хлеба из обойной муки она редко превышает 55%. Следовательно, пористость хлеба является признаком, повышающим его пищевую ценность.

Экспериментальные образцы хлеба имели близкие значения пористости. Можно отметить тенденцию к снижению данного показателя с увеличением количества шафрана в рецептуре. Это может быть связано с угнетающим действием химических соединений, содержащихся в пряности, на жизнедеятельность дрожжей.

Хлеб с повышенной влажностью, кислотностью и пониженной пористостью является нестандартным и нуждается в переработке: высушивается на сухари, используется для приготовления хлебного кваса или возвращается на хлебозавод, где замачивается и в определенном количестве добавляется к тесту для выпечки низших сортов хлеба.

В экспериментальных образцах показатель массовой доли золы имеет растущую динамику с увеличением содержания в хлебе пряности. На основании этого можно сделать вывод, что молотый шафран содержит в своём составе минеральные элементы, увеличение количества которых в рецептуре дает рост показателя.

Анализ выпеченных образцов белого хлеба с улучшенными потребительскими свойствами проводили по показателям: влажность, кислотность, массовая доля золы, пористость. Все исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ. Результаты полученных исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследования физико-химических показателей качества образцов белого хлеба

Наименование показателей	Результаты			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Влажность мякиша, %	45	44	45	56
Кислотность мякиша, °Т	1,7	2,2	2,8	4,1
Пористость мякиша, %	75	72	71	71
Массовая доля золы, %	1,8	2,9	4,3	6,7

Как видно из данных табл. 2, полученных в ходе исследования физико-химических показателей качества (влажность, кислотность, массовая доля золы и пористость) хлеба, у всех образцов показатели отличаются незначительно и варьируются в довольно узких пределах.

Выводы

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментальный образец № 2, с добавлением 3% молотого шафрана, оказался лучшим по исследуемым физико-химическим показателям: показатель влажности минимальный, по сравнению со всеми образцами – 44%, увеличивается содержание минеральных веществ – 2,9%, в сравнении с контрольным образцом – 1,8%. У образца № 2 самый низкий показатель кислотности – 2,2°Т, по сравнению с образцами, в которые добавляли молотый шафран: № 3 – 2,8°Т и № 4 – 4,1°Т.

2. Из результатов физико-химического анализа установлено, что пшеничный хлеб с добавлением шафрана соответствует требованиям ГОСТ. Из полученных данных видно, что во всех исследуемых образцах хлеба происходит рост кислотности, возможно, это связано с влиянием шафрана на деятельность дрожжей. Кроме этого, с возрастанием количества шафрана отмечена тенденция к уменьшению показателя пористости и увеличение влажности готовых образцов хлеба.

3. Полученные результаты позволяют говорить о возможности использовать пряность шафран в количестве 3% от общей массы муки в технологии приготовления пшеничного хлеба. Разработанная рецептура может быть адаптирована к технологическому процессу и оборудованию, установленному на действующих предприятиях, и не требует дополнительных затрат.

Список источников

1. Артемьева В.А. и др. Исследование функциональных свойств пряных растений зира и кардамон их применение в технологии ржано-пшеничного хлеба / В.А. Артемьева, Т.А. Ямашев, Е.А. Костикова, Т.А. Постникова, З.Р. Сафина, О.А. Решетник // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 2. С. 132-137.
2. Белявская И.Г. Антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий из пшеничной муки с использованием нетрадиционных видов сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 3. С. 8-17.
3. Беляев А.Г. и др. Изготовление хлеба из разных сортов муки с использованием пектина и молочной сыворотки и исследование их качественных показателей, ИК Фурье спектроскопия полученных образцов / А.Г. Беляев, Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.А. Бывалец // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2020. № 2. С. 24-33.
4. Егушова Е.А., Позднякова О.Г. Технологические аспекты производства хлеба функционального назначения // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 90-93.
5. Калинина И.В., Науменко Н.В., Науменко И.В. Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2015. Т.3. № 1. С. 36-44.

6. Калужских А.Г., Долгополова Н.В., Котельникова М.Н. Исследование возможности использования розмарина в технологии производства хлеба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 4. С. 25-31.
7. Мамедова С., Тохтиева Л.Х. Повышение лечебно-профилактического значения хлеба с использованием растительного сырья // Приднепровский научный вестник. 2019. № 3. С. 38-41.
8. Мирзаханян П.Р., Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е. Инновационные подходы при разработке хлебобулочных изделий // Сборник научных статей 2-й Международной научно-практической конференции: Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания. 2020. С. 263-268.
9. Роганова Е.Е., Макарова Н.В. Возможности использования пряностей в качестве антиокислителей // Пищевая промышленность. 2016. № 6. С.74-76.
10. Kaluzhskikh A., Shubkin S. Analysis of the application of turmeric in wheat bread technology. E3S Web of Conferences: XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan, October 31 – November 02, 2024. Termez, Uzbekistan: EDP Sciences. 2025. P. 3009.

References

1. Artemyeva V.A. et al. Investigation of the functional properties of cumin and cardamom spice plants and their application in rye-wheat bread technology. V.A. Artemyeva, T.A. Yamashev, E.A. Kostikova, T.A. Postnikova, Z.R. Safina, O.A. Reshetnik. Bulletin of the Technological University, 2017, vol. 20, no. 2, pp. 132-137.
2. Belyavskaya I. G. Antioxidant properties of bakery products made from wheat flour using non-traditional types of raw materials. Storage and processing of agricultural raw materials, 2018, no. 3, pp. 8-17.
3. Belyaev A.G. et al. Making bread from different types of flour using pectin and whey and studying their qualitative indicators, IR Fourier spectroscopy of the obtained samples / A.G. Belyaev, E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, O.A. Byvalets. Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex-healthy food products, 2020, no. 2, pp. 24-33.
4. Egushova E.A., Pozdnyakova O.G. Technological aspects of bread production for functional purposes. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2018, vol. 32, no. 12, pp. 90-93.
5. Kalinina I.V., Naumenko N.V., Naumenko I.V. Quality study of enriched types of bread during storage. Bulletin of South Ural State University. The series «Food and biotechnology», 2015, vol. 3, no. 1, pp. 36-44.
6. Kaluzhskikh A.G., Dolgoplova N.V., Kotelnikova M.N. Investigation of the possibility of using rosemary in bread production technology. Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products, 2021, no. 4, pp.25-31.
7. Mammadova S., Tokhtieva L.H. Increasing the therapeutic and preventive value of bread using vegetable raw materials. Pridneprovsky Scientific Bulletin, 2019, no. 3, pp. 38-41.
8. Mirzakhanyan P.R., Pyanikova E.A., Kovaleva A.E. Innovative approaches in the development of bakery products. Collection of scientific articles of the 2nd International Scientific and Practical Conference: Problems of competitiveness of consumer goods and foodstuffs, 2020, pp. 263-268.
9. Roganova E.E., Makarova N.V. Possibilities of using spices as antioxidants. Food industry, 2016, no. 6, pp.74-76.
10. Kaluzhskikh A., Shubkin S. Analysis of the application of turmeric in wheat bread technology. E3S Web of Conferences: XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan, October 31 – November 02, 2024. Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025, p. 3009.

Информация об авторах

А.Г. Калужских – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров;

В.Н. Трубников – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции;

А.А. Заикин – обучающийся.

Information about the authors

A.G. Kaluzhskikh – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

V.N. Trubnikov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products;

A.A. Zaikin – Student.

Научная статья

УДК 613.648.4

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-62-79

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Кузьмин Сергей Владимирович¹, Есаулова Ольга Владимировна²,
Мощенская Нина Владимировна³, Русаков Владимир Николаевич⁴,
Горина Ирина Евгеньевна⁵✉

^{1,5}Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 141014, Россия,
Московская область, г. Мытищи, ул. Семашко, д. 2

⁵Малое инновационное предприятие «Научно-производственный центр им. Ф.Ф. Эрисмана»,
300016, Россия, Тульская область, г. Тула, ул. Набережная, д. 10, стр. 1

¹fncg@fncg.ru

²esaulova.ov@fncg.ru

³moschenskaya.nv@fncg.ru

⁴rusakov.vn@fncg.ru

⁵gorina.ie@fncg.ru✉

Аннотация. Облучение говядины ионизирующим излучением – современный научно обоснованный метод, позволяющий значительно повысить микробиологическую безопасность мяса и продлить его сохранность. Цель исследования – изучение влияния уровня ионизирующего излучения на физико-химические свойства, структурную целостность, функциональные свойства, показатели безопасности и пищевой ценности замороженной мясной продукции из говядины в сравнении с охлажденной продукцией. Облученные при различных дозах ионизирующего излучения (1, 3, 5, 7 и 10 кГр) образцы замороженных мясных продуктов из говядины исследовались по микробиологическим показателям, а также по показателям качества. Полученные результаты сравнивали с показателями необлученной замороженной продукции и охлажденных образцов мясной продукции, облученных ионизирующим излучением в аналогичном диапазоне доз. В результате исследования обоснован оптимальный диапазон уровней облучения для замороженной мясной продукции из говядины – 1-7 кГр, более широкий по сравнению с диапазоном для идентичной охлажденной продукции – 3-5 кГр. Сочетание воздействия ионизирующего излучения и низких температур хранения (-18 °С) позволяет добиться значительного продления сроков годности уже при дозе 1 кГр. Заморозка также нивелирует негативное воздействие излучения дозой свыше 5 кГр на структурную целостность, органолептические свойства и пищевую ценность мясной продукции, что позволяет повысить максимальную поглощенную дозу до 7 кГр. Результаты исследования имеют высокую практическую значимость и демонстрируют возможность подбора оптимальных сочетаний различных видов воздействия на мясные продукты с целью обеззараживания и продления сроков годности.

Ключевые слова: радуризация, облучение пищевых продуктов, ионизирующее излучение, пищевая безопасность, мясная продукция.

Финансирование: исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Научное обоснование системы гигиенической регламентации качества, безопасности, сертификации и верификации сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции, а также товаров народного потребления, прошедших ионизирующую обработку» по теме «Разработка технологических регламентов и режимов облучения (методик) сельскохозяйственной и пищевой продукции, а также товаров народного потребления, упаковки продукции» (Рег. № НИОКТР 1022081000010-3-3.3.5).

Для цитирования: Исследование влияния ионизирующего излучения на показатели качества и безопасности мясной продукции / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 62-79. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-62-79>.

Права: © С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE QUALITY AND SAFETY OF MEAT PRODUCTS

**Sergey V. Kuzmin¹, Olga V. Esaulova², Nina V. Moshenskaya³, Vladimir N. Rusakov⁴,
Irina E. Gorina⁵**

^{1,5}F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, 2 Semashko Str., Mytishchi, Moscow region, 141014, Russia

⁵Small Innovative Enterprise «F.F. Erisman Scientific and Production Center», 10 Embankment Str., building 1, Tula, Tula region, 300016, Russia

¹fncg@fncg.ru

²esaulova.ov@fncg.ru

³moschenskaya.nv@fncg.ru

⁴rusakov.vn@fncg.ru

⁵gorina.ie@fncg.ru

Abstract. Irradiation of beef with ionizing radiation is a modern scientifically proven method that significantly improves the microbiological safety of meat and prolongs its preservation. The purpose of this work was to study the effect of ionizing radiation levels on the physico-chemical properties, structural integrity, functional properties, safety indicators and nutritional value of frozen beef meat products in comparison with chilled products. Samples of frozen beef meat products irradiated at various doses of ionizing radiation (1, 3, 5, 7, and 10 kGy) were examined according to microbiological indicators, as well as quality indicators. The results obtained were compared with those of non-irradiated frozen products and chilled meat samples irradiated with ionizing radiation in a similar dose range. As a result of the study, the optimal range of radiation levels for frozen beef meat products is 1-7 kGy, which is wider than the range for identical chilled products – 3-5 kGy. The combination of exposure to ionizing radiation and low storage temperatures (-18 °C) makes it possible to achieve a significant prolongation of shelf life already at a dose of 1 kg. Freezing also eliminates the negative effects of radiation with a dose of more than 5 kGy on the structural integrity, organoleptic properties and nutritional value of meat products, which makes it possible to increase the maximum absorbed dose to 7 kGy. The results of the study are of high practical importance and demonstrate the possibility of selecting optimal combinations of various types of effects on meat products for the purpose of disinfection and prolongation of expiration dates.

Keywords: radurization, food irradiation, ionizing radiation, food safety, meat products, frozen products, chilled products.

Funding: the study was carried out as part of the research work «Substantiation of the principles, criteria and methods of the accreditation system for radiation treatment centers for food and agricultural products, as well as consumer goods» (R&D Reg. no. 124030700031-1).

For citation: Investigation of the effect of ionizing radiation on the quality and safety of meat products. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 62-79. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-62-79>.

Copyright: © S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Обработка пищевой продукции, включая мясные продукты из говядины, ионизирующим излучением позволяет уничтожить патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, паразиты), замедлять микробную порчу и тем самым продлить свежесть продуктов без тепловой обработки [2-5, 7, 8, 12, 13, 16-18].

Мясные продукты из говядины относятся к скоропортящейся продукции, для их длительного хранения требуются специальные условия. При их несоблюдении в мясе под воздействием физико-химических факторов и при участии собственных ферментов могут развиваться нежелательные изменения, приводящие к порче [9, 19, 20].

Международными экспертными организациями подтверждено, что облучённая пищевая продукция безопасна для потребителя: ионизирующая обработка не делает продукт радиоактивным (используемые энергии излучения недостаточны для индуцирования радионуклидов) и продукты радиолитического мяса не отличаются от соединений, возникающих при обычной тепловой готовке [7, 10, 15-17]. Технология облучения рассматривается как эффективный и экологичный способ обеспечения микробиологической безопасности и увеличения срока годности свежих, охлаждённых и замороженных мяса и мясных продуктов из говядины.

В зависимости от величины дозы и цели обработки, облучение мяса подразделяют на три режима [1, 4, 9, 11, 14, 17]:

- радиуртизация – низкие дозы 0,1-1 кГр, подавляющие активность ферментов и патогенных микроорганизмов в продукте, в мясе говядины такие дозы могут инактивировать паразитов (в том числе уничтожить *Trichinella* и цистицерк), замедлить дыхание и физиологические процессы в свежем мясе, не вызывая заметных изменений качества;

- радиационная – умеренные дозы порядка 1-10 кГр, предназначенные для уничтожения основной массы вегетативных бактерий-патогенов и большинства микроорганизмов порчи (аналогично пастеризации), для мяса говядины именно этот диапазон доз наиболее применим: такие дозы обеспечивают микробиологическую безопасность (уничтожают *Salmonella*, *Listeria*, патогенные *E. coli* и др.) и существенно продлевают срок хранения охлаждённого мяса, хотя продукт не становится стерильным, в частности, для говядины в охлаждённом виде регламентируются дозы до 4–5 кГр, а в замороженном виде – до 7 кГр; облучение в таком режиме не нагревает мясо более, чем на доли градуса и сохраняет его сырым;

- радиационная стерилизация – высокие дозы ≥ 10 кГр (обычно 20-50 кГр), обеспечивающие полную стерилизацию продукта, сопоставимую с консервированием (уничтожаются даже споровые формы микроорганизмов); такие дозы уже негативно влияют на качество продукта (стерилизованное облучением мясо может приобретать посторонний привкус, изменяться по цвету и консистенции), однако радиационная стерилизация на уровне 30–45 кГр используется для обработки специализированных продуктов – например, мясных продуктов длительного хранения (рацион питания в вооружённых силах Российской Федерации, космическом питании, для питания определенного круга пациентов и т.п.), где необходима полная стерилизация. Например, NASA с 1970-х годов использует гамма-облучение говядины (44 кГр) для приготовления стерильных мясных блюд для астронавтов.

Процесс облучения может проводиться как в охлажденном (от 0 до +5 °C), так и в замороженном состоянии продукта (глубокая заморозка от -40 до -18 °C). От температурного состояния зависят радиочувствительность микрофлоры и характер радиационно-химических изменений. Так, известно, что замораживание оказывает защитный эффект при облучении, снижая выход радиолитических продуктов воды и замедляя образование свободных радикалов [4, 20].

Главная цель облучения мяса – уничтожение или инактивация патогенной микрофлоры, вызывающей пищевые инфекции, а также существенное сокращение общего микробного обсеменения, от которого зависят сроки порчи продукта. Говядина может быть носителем таких опасных бактерий, как *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* и др., способных размножаться в продукте и вызывать отравления у потребителей. Ионизирующее излучение повреждает ДНК и клеточные структуры этих микроорганизмов, приводя к их гибели [4, 12, 18]. Экспериментальные данные свидетельствуют, что пастеризационные дозы (около 2-7 кГр) обеспечивают многократное (логарифмическое) уменьшение численности микроорганизмов. Так, расчетные модели и опыты показывают, что обработка 3-4 кГр даёт не менее 99,9% уничтожения *E. coli* O157:H7 (то есть 3-кратное логарифмическое уменьшение численности микроорганизмов 3 log) [4, 6, 18]. Сходные дозы обеспечивают 2–3 log снижение *Salmonella* и *Listeria* даже при облучении охлаждённого и замороженного фарша и мяса индейки [1, 11, 14]. Таким образом, облучение говядины дозами 3–7 кГр способно практически полностью обеззаразить продукт от неспоровых бактериальных патогенов. Помимо бактерий, радиаци-

онная обработка уничтожает паразитов и гельминтов, которые могут присутствовать в сыром мясе: например, цисты *Toxoplasma gondii* и финны бычьего цепня (*Cysticercus bovis*) инактивируются в ходе обработки [17]. Облучённое мясо также безопасно по отношению к вирусам и риккетсиям – они гораздо чувствительнее к радиации, чем бактерии. Таким образом, по микробиологическим показателям облучение признано эффективной мерой профилактики пищевых инфекций при потреблении мясных продуктов из говядины [4, 18].

Важно отметить, что споровые формы бактерий (например, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*) значительно устойчивее к ионизирующему излучению. Умеренные дозы (до 7–10 кГр) не гарантируют уничтожения всех спор, хотя и подавляют вегетативные клетки этих микроорганизмов [17]. Регулирующие органы многих стран (например, Министерство сельского хозяйства США, Health Canada и др.) указывают, что облучение мяса не должно рассматриваться как замена хранению в холодильнике – охлаждение остаётся основной мерой против роста анаэробных споровых бактерий [4, 18]. Практически это означает, что облучённую говядину необходимо хранить в тех же температурных условиях, что и необлучённую.

Обсеменённость сырого мяса срезов (охлаждённой говядины) обычно составляет 10^2 – 10^4 КОЕ/г мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий уже сразу после убоя, а в процессе хранения при температуре от 0 до +5 °С достигает 10^6 – 10^8 КОЕ/г, вызывая порчу продукта. Основные психротрофные бактерии, ответственные за порчу охлаждённого мяса на воздухе, – грамотрицательные палочки рода *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella* и др. Они обладают высокой ферментативной активностью (протеолиз, окисление компонентов), в результате при их развитии возникают неприятные запахи, слизь, изменение цвета и др. дефекты продукта [8, 9, 19, 20]. Облучение мяса ионизирующим излучением крайне эффективно против *Pseudomonas*: эти бактерии обладают низкой радиоустойчивостью и погибают уже при относительно малых дозах [9]. Таким образом, в облучённом мясе быстро подавляется именно та часть микробиоценоза, которая вносит основной вклад в порчу (гнилостный запах, протеолитическое разложение) – благодаря этому замедляется процесс порчи и удлиняется время сохранения свежести. Грамположительные микроорганизмы (такие как молочнокислые бактерии *Lactobacillus*, *Bacillus*, микроскопия *Micrococcus* и др.) более устойчивы к радиации; после облучения они способны выжить и при дальнейшем хранении начинают преобладать в микрофлоре продукта. Например, в исследованиях [6, 19, 20] показано, что в охлаждённой говядине после облучения в вакууме дозами ≥ 2 –3 кГр фоновой рост *Pseudomonas* полностью отсутствует, тогда как через несколько недель хранения умеренно увеличивается доля радиоустойчивых лактобацилл (молочнокислых кокков и палочек), вызывающих кисловатый запах при очень длительном хранении. Тем не менее, скорость развития этой остаточной флоры значительно ниже, а характер порчи мягче, чем у необлучённого мяса. В вакуумной упаковке облучённая говядина обычно портится по типу «кислой порчи» (за счёт молочнокислых бактерий) спустя длительное время, без резкого гнилостного запаха.

Подавление микроорганизмов порчи напрямую приводит к увеличению длительности хранения мяса. Во многих исследованиях показано, что облучение способно в 1,5–3 раза продлить срок годности охлаждённой говядины по сравнению с контрольной (необлучённой) при тех же условиях хранения [6, 19, 20]. Например, установлено, что доза 0,5 кГр (минимальная из изученных) увеличивает срок хранения мяса примерно на 50% без обнаружимых продуктов радиолитиза [6, 20]. Более высокие дозы (1,5 кГр, 3 кГр и 6 кГр) давали ещё более выраженный эффект: так, при 1,5–3 кГр рост общей микрофлоры в охлаждённом фарше существенно замедлялся, что позволяло хранить мясо в вакууме почти вдвое дольше по сравнению с контрольным образцом. Дозы порядка 6 кГр и выше практически стерилизуют мясо от вегетативных бактерий – охлаждённая говядина, облучённая 5–7 кГр, при хранении в холодильнике может не портиться в течение нескольких недель. Однако на практике такие высокие дозы применяют редко, чтобы избежать нежелательных изменений органолептических свойств и других показателей качества. Оптимальными считают дозы порядка 3–5 кГр, позволяющие продлить хранение говядины при температуре от 0 до 5 °С в 2–3 раза без заметно-

го ухудшения свойств [12, 14, 20]. Так, облучение говяжьего фарша 3–4 кГр в сочетании с вакуумной упаковкой продлевает его годность при +4 °С с 7–8 суток до 20 суток (т.е. почти втрое) при сохранении удовлетворительных органолептических показателей [5, 7, 9]. Если же после облучения мясо хранить при пониженной температуре (от -18 °С до -8 °С), то срок годности может исчисляться месяцами. К примеру, для замороженной говядины сочетание радиационной обработки и хранения при температуре от -18 °С до -8 °С позволило увеличить срок годности до трёх месяцев [19, 20]. Такое продление срока хранения (годности) без применения химических консервантов – одно из важнейших преимуществ технологии обработки ионизирующим излучением.

Дозы облучения от 1 до 10 кГр практически не влияют на содержание основных макро-нутриентов говядины – белков, жиров, аминокислот, минералов – и лишь незначительно изменяют некоторые витамины. По данным обзоров ВОЗ и FDA, потери питательных веществ при облучении сопоставимы с потерями при традиционном хранении или легкой тепловой обработке [1, 9-11, 14-17, 19, 20]. Витамины группы В (рибофлавин, ниацин, В6, В12) в мясе устойчивы к дозам до 5–7 кГр, тогда как тиамин (витамин В1) – наиболее чувствителен и может частично разрушаться при облучении [9]. Исследования показали, что содержание тиамина в говядине снижается после облучения на 10–20%, в то время как уровни рибофлавина и ниацина существенно не меняются [19]. Жирорастворимые витамины (А, D, Е, К) в мясе присутствуют в небольших количествах, и их потери при облучении дозами ~5 кГр минимальны (порядка нескольких процентов). Аминокислотный состав белков говядины вплоть до 7 кГр сохраняется без изменений, тогда как очень высокие дозы (близкие к 10 кГр) способны незначительно снижать усвояемость белка из-за образования некоторых производных аминокислот [8, 19]. Например, отмечено, что у говядины при 9 кГр немного уменьшилась пищевая ценность белка, тогда как при 3-7 кГр изменений не наблюдалось [19]. В целом облучение в диапазоне доз, используемых для пастеризации мяса (до 7-8 кГр), не приводит к существенным потерям пищевой ценности [19]. Более того, некоторые работы отмечают сохранность незаменимых жирных кислот: например, облучение не разрушает ценные омега-3 жиры в мясе, если проводится в замороженном состоянии [10, 19, 20]. Таким образом, заморозка оказывает позитивное воздействие на сохранение питательной ценности и нутриентного состава при воздействии ионизирующего излучения.

Цвет сырой говядины определяется состоянием мышечного пигмента – миоглобина. Облучение может приводить к изменениям степени окисления миоглобина и тем самым влиять на окраску мяса. В вакуумной упаковке (без доступа кислорода) гамма-лучи способны вызывать кратковременное восстановление миоглобина: образующиеся при радиоллизе воды восстановители (например, радикалы водорода) переводят метмиоглобин (буро-коричневый) обратно в ярко-красный оксимиоглобин [10, 19, 20]. Благодаря этому сразу после облучения вакуумированное мясо может выглядеть более красным и привлекательным. В то же время окислительные процессы в длительном хранении могут ускоряться, и спустя некоторое время возможна накопление метмиоглобина. Экспериментально установлено, что высокие дозы, особенно при наличии кислорода, приводят к более быстрому побурению мяса при хранении [19, 20, 6]. Дозы порядка 1-3 кГр обычно не оказывают существенного влияния на цвет охлаждённого мяса: в присутствии кислорода может наблюдаться лишь лёгкое побледнение или потемнение, а в вакууме цвет почти не меняется либо улучшается (за счёт образования окси- или карбоксимиоглобина). В целом, для сохранения цвета говядины рекомендуется облучение в вакууме или замороженном состоянии, что минимизирует окисление пигментов. При соблюдении этих условий изменений окраски может вообще не происходить вплоть до доз 7-10 кГр [10, 19, 20]. Если же мясо облучалось на воздухе, возможно появление серовато-коричневого оттенка (метмиоглобиновая форма) при дозах >3 кГр.

Органолептическая приемлемость – чувствительный показатель, от которого зависит восприятие потребителем. Многочисленные дегустационные испытания показывают, что при дозах до 3 кГр никаких посторонних запахов или привкусов в говядине не появляется [10, 19, 20]. Мясо сохраняет свой характерный аромат, и дегустаторы не отличают облучённые об-

разцы от контрольных. При более высоких дозах (4–7 кГр) иногда отмечаются тонкие изменения вкуса: появление слабого привкуса, описываемого как «затхлый» или «сернистый», и уменьшение интенсивности мясного аромата. Эти эффекты связаны в основном с радиолизом липидов и аминокислот, приводящим к образованию следовых летучих соединений (например, сульфидов, альдегидов). Так называемый «радиационный запах» мяса обычно нестойкий: он выветривается после вскрытия упаковки в течение нескольких минут либо исчезает при коротком хранении после облучения [10]. В случае говядины дозозависимый рост показателя степени окисления жира (ТБЧ) коррелирует со снижением вкусовых свойств. Тем не менее даже облучение дозой 4–5 кГр обычно не приводит к неприемлемому вкусу: дегустаторы признают такие продукты пригодными, хотя и отмечают некоторые отличия. Облучение говядины в вакууме или в заморозке резко снижает интенсивность привкуса, и мясо остаётся органолептически почти неотличимым от свежего [6, 20].

Облучение говядины влияет на белково-водную структуру мышечной ткани дозозависимым образом. Низкие дозы (до 1 кГр) практически не затрагивают структуру: мясо сохраняет исходную нежность и влагоудерживающую способность [10, 6]. Однако высокие дозы вызывают уплотнение структуры и потерю сочности. Причина – радиационно-индуцированная денатурация белков (особенно миозина и коллагена) и окисление липидов, что ведёт к сокращению мышечных волокон и выталкиванию связанной влаги. Так, при облучении говядины 5–7 кГр наблюдается увеличение потери жидкости при хранении (более интенсивное сокоотделение) и несколько снижается влагоудерживающая способность мяса. Эксперимент с замороженным мясом показал, что заморозка снижает негативное влияние излучения на влагоудерживающую способность мяса.

В отношении говядины во многих странах разрешена обработка замороженного и охлаждённого мясного сырья в целях дезинфекции [4, 12, 17, 18]. В некоторых нишах (питание людей с иммунодефицитом, детское и диетическое питание, космическое и военное продовольствие) обработка мясных продуктов радиацией уже стала стандартом. В Канаде и США облучённая говядина продаётся в рознице с начала 2000-х гг., особенно после случаев вспышек *E. coli*, чтобы повысить безопасность фарша. В России на сегодняшний день актуальны исследования в направлении оптимизации режимов облучения – подбора минимальной и максимальной дозы, комбинации облучения с другими щадящими методами (например, заморозка, вакуумная упаковка) для полного сохранения качества мясных продуктов, облучения продуктов в конечной потребительской таре.

В Российской Федерации радиационная обработка мяса говядины разрешена техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011, базовым документом, устанавливающим общие требования к безопасности всех пищевых продуктов, обращающихся на территории ЕАЭС. Он требует, чтобы облучённые продукты сохраняли свою питательную ценность и органолептические свойства в пределах, допустимых для аналогичной переработанной продукции. В контексте радиационной обработки принципы ХАССП, которые являются обязательными при производстве и обработке пищевой продукции в соответствии с ТР ТС 021/2011, применимы следующим образом: облучение может являться мерой управления опасностью (например, уничтожение бактерий или паразитов в мясе), а эффективная доза облучения – критической контрольной точкой, требующей мониторинга. К критическим контрольным точкам при радиационной обработке пищевой продукции должны быть отнесены уровни облучения (поглощенная продуктом доза излучения), которые должны укладываться в критические пределы (минимальная и максимальная поглощённая доза, необходимая для обеззараживания, но не ухудшающая качество продукта).

Экспериментальное обоснование и установление минимальных и максимальных доз облучения для мясных продуктов является важным и актуальным вопросом. В отношении конкретных видов мясной продукции должен быть установлен оптимальный диапазон доз ионизирующего излучения, эффективный в отношении конкретного уровня контаминации,

характерного для определенного вида мясного продукта, и не ухудшающий его качество и питательную ценность.

Цель исследования – изучение влияния уровня ионизирующего излучения на физико-химические свойства, структурную целостность, функциональные свойства, показатели безопасности и пищевой ценности замороженной мясной продукции из говядины в сравнении с охлажденной продукцией.

Для достижения цели исследования решались следующие задачи:

- исследовалась эффективность пастеризирующего (стерилизующего) воздействия ионизирующего излучения в различных дозах (от 1 до 10 кГр) при облучении мясной продукции из говядины в замороженном состоянии и воздействие этих доз на физико-химические свойства, структурную целостность, функциональные свойства и показатели пищевой ценности в сравнении с идентичными мясными продуктами в охлажденном состоянии с целью расширения диапазона обработки до 7-10 кГр с сохранением всех качественных характеристик и потребительской привлекательности мясной продукции;

- исследовалась динамика сохранения безопасности и качества облученных мясных продуктов при хранении в замороженном состоянии $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сравнении с контрольными необлученными образцами мясных продуктов и облученными при идентичных дозах излучения охлажденных мясных продуктов, хранящихся при температуре $2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – мясные продукты из говядины замороженные (говяжью лопатка на кости категории А, шоковая заморозка охлажденного мяса при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, условия хранения: $-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, срок годности – 85 суток, производитель - ООО «АПХ «МИРАТОРГ», вес 50 кг), соответствующие требованиям ГОСТ 31797-2012, ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013. Разделка стандартизирована: вес 500-1000 г, толщина мышечной ткани 5–8 см, содержание кости 10-15% от массы. Обрезка лишних сухожилий и жировой ткани обеспечивала одинаковый состав образцов (жир $\leq 10\%$). Каждый образец помещался в индивидуальную вакуумную упаковку из барьерной плёнки.

Предмет исследования – изучение влияния уровня ионизирующего излучения на физико-химические свойства, структурную целостность, функциональные свойства, показатели безопасности и пищевой ценности замороженной мясной продукции из говядины.

Исследования были проведены в 2024-2025 гг. на базе Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Московская область, Мытищи, Россия, облучение лопатки говяжьей на кости замороженной проводили на радиационно-технологической установке (РТУ) с ускорителем электронов на базе линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-20С (классификация по ГОСТ 26278-84), находящегося на территории ООО «Акцентр Групп» по адресу: Московская область, г. Дубна, ул. Технологическая, д. 4.

Облучение лопатки говяжьей на кости замороженной проводили при дозах 1 кГр, 3 кГр, 5 кГр, 7 кГр, 10 кГр. Каждый образец делили на 18 отдельных проб, по 3 пробы на каждую дозу излучения и три контрольных образца, которые оставались необлученными. Пробы облучались при температуре, соответствующей условиям хранения, без размораживания.

После облучения определяли показатели безопасности в 3-х кратной повторности, выявляли характерные микроорганизмы и общую микробную обсеменённость для охлажденного мяса – на 0 сутки, 1 сутки, 30 суток, 60 суток, 90 суток; рассчитывали среднее значение по каждому варианту обработки, строили кривые инактивации и устанавливали зависимость «доза-эффект».

Подготовка проб, отбор их навесок и испытания по микробиологическим показателям проводилось в соответствии с ГОСТ Р 54354-2011. Исследования проводились по следующим микробиологическим показателям: определение количества КМАФАнМ (подготовка исследований, проведение и учет результатов анализа – по ГОСТ 10444.15 и ГОСТ Р 54354-2011), выявление и определение количества БГКП/колиформы (учет результатов анализа –

по ГОСТ 31747-2012, ГОСТ Р 50454-92), выявление и определение *Listeria monocytogenes* (анализ колоний по ГОСТ 32031-2022), выявление и определение бактерий рода *Salmonella* (обработка результатов анализа – по ГОСТ Р 50455-92, ГОСТ 31659-2024), выявление бактерий рода *Proteus* (проведение, обработка и оформление результатов анализа – по ГОСТ 28560), выявление и определение количества дрожжей и плесневых грибов (проведение и учет результатов анализа – по ГОСТ 10444.12-2013 и ГОСТ Р 54354-2011), выявление и определение количества сульфитредуцирующих клостридий (проведение, обработка и оформление результатов анализа – по ГОСТ 29185).

Замороженные образцы хранили при $-18 \pm 2^\circ\text{C}$. Микробиологические исследования замороженных образцов проводились сразу после обработки (0 сутки) для фиксации начального фона, через 24 часа (1 сутки) для оценки формирования микробиологической активности, далее на 30 сутки, на 60 сутки, на 90 сутки для оценки микробиологической активности при хранении. Перед анализом проводили контролируемое размораживание (при $+4^\circ\text{C}$ до достижения температуры от 0 до $+2^\circ\text{C}$ в центре образца). Для замороженных образцов критично поддерживать температуру -18°C до момента размораживания, чтобы исключить частичное оттаивание и рост микрофлоры до анализа.

Из замороженных образцов пробы отбирали после контролируемого размораживания в холодильной камере при $+4^\circ\text{C}$ до достижения температуры $+2^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ в центре куска. С учётом того, что микроорганизмы в цельном куске мяса распределены неравномерно, пробы для анализа брали как с поверхности мышечной ткани, так и из центральной части, включая участок, прилегающий к кости.

Каждую пробу измельчали стерильными скальпелями или гомогенизатором, добавляли в стерильный физиологический раствор (0,85% NaCl) в объёме, обеспечивающем соотношение 1:10, и тщательно перемешивали. Из полученной суспензии готовили серию десятикратных разведений: 1 мл суспензии вносили в 9 мл стерильного раствора, перемешивали, затем 1 мл полученного разведения переносили в следующую пробирку с 9 мл раствора и т.д., получая разведения 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} и далее до требуемой глубины. Такая процедура позволяет получить колонии в количестве, удобном для подсчёта, что критично для точности анализа.

Аликвоты каждого разведения наносили на поверхность стерильных чашек Петри, содержащих модифицированную селективную среду 5/5a, которая угнетает рост нежелательных сопутствующих видов и способствует развитию целевых микроорганизмов. Чашки инкубировали при температуре $28 \pm 1^\circ\text{C}$ не менее 5 суток. Продлённое время инкубации необходимо, так как после облучения микроорганизмы могут проявлять замедленный рост. После инкубации выявляли определенные микроорганизмы и проводили подсчёт колоний (где применимо), вычисляя количество колониеобразующих единиц (КОЕ) на грамм образца.

Исследование проводилось в специально подготовленном боксированном помещении с использованием ламинарных шкафов второго класса защиты для обеспечения асептических условий и предотвращения вторичной контаминации проб.

Для исследования зависимости качественных характеристик мясной продукции от уровня облучения проводились испытания облученных образцов продукции в течение срока хранения по следующим показателям: оценка свежести по цвету поверхности, внешнему виду (мышцы на разрезе и консистенция), запаху, состоянию жира, состоянию сухожилий органолептическим методом по ГОСТ 7269-2015, массовая доля влаги высушиванием навески при 105°C до постоянной массы по ГОСТ 33319-2015 (влагоудерживающая способность свидетельствует о сохранении структурной целостности продукта), массовая доля белка по методу Кьельдаля с определением общего азота и последующим пересчетом на протеин (в целях оценки сохранения нутриентного состава и пищевой ценности продукта) по ГОСТ 25011-2017, массовая доля жира экстракцией эфиром на аппарате Сокслета по ГОСТ 23042-2015 (в целях оценки сохранения нутриентного состава и пищевой ценности), pH потенциометрическим измерением на цифровом pH-метре в гомогенате при 20°C по ГОСТ 51478-99 (в целях оценки протекающих процессов порчи, сопровождающихся разложением азотистых веществ), пероксидное число жира титриметрическим методом по ГОСТ 34118-2017 (в целях оценки степени окисления жира по первичным продуктам окисления липидов), ТБЧ-число

(тиобарбитуратовое число – концентрация малонового альдегида, МА) фотометрическим методом по ГОСТ Р 55810-2013 (характеризует окисление ненасыщенных жирных кислот мяса, которое приводит к потере вкуса, цвета, аромата и снижению пищевой ценности), определение свежести при хранении методом химического анализа по содержанию летучих жирных кислот по ГОСТ 23392-2016. Отбор и подготовка проб к испытаниям проводилась по ГОСТ ISO 7218-2015, ГОСТ 7269-2015, ГОСТ Р 54354-2011.

Для каждой комбинации «доза–срок хранения» анализ проводили как минимум в трех повторениях и усредняли результаты. Погрешность измерений для составных долей $\pm 0,5\%$, для pH $\pm 0,05$, для перексидного числа $\pm 0,02$ ммоль/кг, для ТБЧ $\pm 0,05$ мг/кг. Первичные результаты сравнивались с нормативными диапазонами свежего мяса: в говядине категории А влага 68-75%, белок $\geq 20\%$, жир 7-12%, pH 5,6-5,8; пороговыми значениями порчи считаются перексидное число $> 0,4$ ммоль O_2 /кг и ТБЧ $> 0,5$ мг/кг.

Параллельно проводилась дегустационная оценка качества мяса по органолептическим показателям. Дегустационная комиссия оценивала каждый образец по следующим показателям: цвет и внешний вид сырого мяса – степень соответствия свежему мясу (ярко-красный равномерный цвет, отсутствие пятен, потемнений), запах сырого мяса – характерный мясной, без посторонних тонов (сернистого, гнилостного и др.), консистенция сырого мяса – при надавливании пальцем: упругая, плотная, не вязкая и не липкая, вкус и запах бульона после варки (приготовление – образец 50 г отваривали в воде без приправ, оценивая полученный вкус и аромат мяса: характерный, без горечи и посторонних привкусов; допускается некоторое ослабление мясного аромата по сравнению со свежим продуктом).

Оценка проводилась по 5-ти бальной шкале: 5 баллов – свойственно свежему качественному мясу, 4 балла – небольшие отклонения (допустимые потемнение цвета или ослабление запаха), 3 балла – заметные, но терпимые изменения (мясо условно годно, не испорчено), 2 балла – выраженные нежелательные изменения (начало порчи, сомнительная годность), 1 балл – явные признаки порчи, неприятные для потребителя.

Полученные результаты сравнивали с показателями необлученной замороженной продукции и охлажденных образцов идентичной мясной продукции из говядины, облученных ионизирующим излучением в таком же диапазоне доз.

Результаты исследований и их обсуждение

В замороженных контрольных образцах исходные значения КМАФАнМ составляли порядка 10^3 КОЕ/г и оставались относительно стабильными на протяжении хранения, лишь к 90 суткам увеличившись до $3,8 \times 10^4$ КОЕ/г. Это соответствует замедлению метаболизма микроорганизмов при низкой температуре. В образцах, обработанных при дозах 1-3 кГр, отмечалось снижение КМАФАнМ на 1-2 порядка, при этом рост во время хранения был минимальным. Дозы 5-7 кГр приводили к почти полному подавлению микрофлоры, а при 10 кГр показатели оставались ниже предела обнаружения (см. табл.1).

Таблица 1. Микробиологические показатели говяжьей лопатки замороженной после облучения разными дозами и в процессе хранения (средние значения, n=3)

Показатель*	Доза	0 сут.	1 сут.	30 сут.	60 сут.	90 сут.
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г	Контроль	$2,0 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$
	1 кГр	$1,0 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$
	3 кГр	$1,5 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$
	5 кГр	$5,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$5,2 \times 10^1$	$5,5 \times 10^1$	$5,8 \times 10^1$
	7 кГр	$2,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$2,2 \times 10^1$	$2,4 \times 10^1$	$2,5 \times 10^1$
	10 кГр	не обнаружено				

Бактерии группы кишечной па- лочки (БГКП/колифор мы), КОЕ/г	Контроль	не обнаружено		1,8×10 ¹	1,2×10 ²	1,3×10 ²
	1 кГр	1,1×10 ¹	1,0×10 ¹	не обнаружено		
	3-10 кГр	не обнаружено				
Listeria monocytogenes	Контроль и все дозы	не обнаружено				
Дрожжи и плес- невые грибы, КОЕ/г	Контроль	1,0×10 ³	1,1×10 ³	1,3×10 ³	1,6×10 ³	1,8×10 ³
	1 кГр	5,0×10 ¹	5,5×10 ¹	6,0×10 ¹	6,2×10 ¹	6,5×10 ¹
	3-10 кГр	не обнаружено				
Бактерии рода Salmonella	Контроль и все дозы	не обнаружено				
Сульфитредуци- рующие кло- стридии, КОЕ/ г	Контроль	3,0×10 ²	3,1×10 ²	3,2×10 ²	3,4×10 ²	3,6×10 ²
	1 кГр	1,0×10 ²	1,1×10 ²	1,2×10 ²	1,3×10 ²	1,4×10 ²
	3 кГр	1,0×10 ²	1,1×10 ²	1,1×10 ²	1,2×10 ²	1,2×10 ²
	5-10 кГр	не обнаружено				

Примечание* - Микробиологические нормативы безопасности в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) и техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) для мясных продуктов замороженных: КМАФАнМ – не более 1×10^4 КОЕ/г, БГКП/колиформы – не допускаются в 0,01 г. продукта, патогенные микроорганизмы, в том числе *Salmonella* – не допускается в 25 г. продукта, *Listeria monocytogenes* – не допускается в 25 г. продукта.

БГКП определялись в контрольных пробах в течение всего хранения, однако в облучённых образцах, начиная с дозы 3 кГр, не обнаруживались в течение всего срока хранения. Бактерии *Listeria monocytogenes* и *Salmonella spp.* не выявлены ни в облучённых, ни в контрольных образцах. Дрожжи и плесени в контроле демонстрировали небольшой рост (до $1,8 \times 10^3$ КОЕ/г к 90 суткам), что согласуется с литературными данными о сниженной активности грибов в условиях замораживания. В облучённых пробах при дозах ≥ 5 кГр дрожжево-плесневая флора не выявлялась. Клостридии сульфитредуцирующие присутствовали в контрольных образцах в пределах 10^2 - 10^3 КОЕ/г, но при дозах 5 кГр и выше не обнаруживались.

Результаты исследования показали, что в контрольных образцах (без обработки) к 90 суткам хранения микробиологические показатели превышали санитарные нормативы. Радиационная обработка дозами 1-3 кГр обеспечивала достоверное снижение микробной обсеменённости, дозы 5-7 кГр демонстрировали стабильное подавление большинства микроорганизмов, тогда как облучение 10 кГр приводило к полной инаktivации патогенной и условно-патогенной флоры. Замораживание существенно замедляло рост микроорганизмов, но не исключало их присутствия. Наибольший эффект достигался при сочетании низкой температуры и радиационной обработки, что обеспечивало высокий уровень микробиологической безопасности. Следовательно, оптимальным диапазоном доз для продления срока хранения и сохранения микробиологической стабильности замороженной говядины является 1-3 кГр, в отличие от эффективного диапазона для охлажденной говядины, составляющего 5-7 кГр [6, 10].

Данные табл. 2 обобщают показатели физико-химического состояния мяса в замороженных образцах сразу после облучения и при длительном хранении. Очевидно, что замораживание является мощным фактором стабилизации качества, поскольку при глубоком замораживании динамика изменений показателей существенно замедлена по сравнению с охлажденным мясом, облученным в идентичных дозах.

При исследованиях оттаявших образцов, хранящихся при температуре 18 °С, органолептическим методом установлено сохранение свежести облученной замороженной лопатки на кости (всеми дозами) в течение 90 суток, при том, что необлученный образец был признан сомнительной свежести по отдельным характеристикам (слегка липкая поверхность среза, слегка кисловатый запах мяса, кисловатый аромат бульона) на 90 сутки (см. табл. 2).

Таблица 2. Оценка свежести и физико-химические показатели говяжьей лопатки (замороженной при -18 °С) в процессе хранения (средние значения, n=3)

Показатель	Доза	0 сут	30 сут	60 сут	90 сут
Оценка свежести органолептическим методом (по цвету, консистенции, запаху, бульону)	Контроль	Свежее мясо			Мясо сомнительной свежести
	1-10 кГр	Свежее мясо			
Оценка свежести методом химического анализа по содержанию летучих жирных кислот (ЛЖК)	Контроль	Свежее мясо			Мясо сомнительной свежести
	1-10 кГр	Свежее мясо			
Массовая доля влаги, %	Контроль	72,1	71,5	71,0	70,5
	1 кГр	72,0	71,3	70,8	70,2
	3 кГр	71,8	71,0	70,4	69,8
	5 кГр	71,5	70,6	70,0	69,2
	7 кГр	71,4	70,4	69,7	68,9
	10 кГр	71,0	69,8	69,0	68,2
Массовая доля белка, %	Контроль	21,0	21,2	21,4	21,6
	1 кГр	21,1	21,3	21,6	21,8
	3 кГр	21,2	21,5	21,8	22,0
	5 кГр	21,3	21,7	22,0	22,3
	7 кГр	21,3	21,8	22,1	22,5
	10 кГр	21,5	22,0	22,3	22,7
Массовая доля жира, %	Контроль	7,8	7,9	8,0	8,1
	1 кГр	7,9	8,0	8,1	8,2
	3 кГр	8,0	8,1	8,3	8,4
	5 кГр	8,1	8,3	8,5	8,6
	7 кГр	8,2	8,4	8,6	8,8
	10 кГр	8,3	8,6	8,8	9,0
рН	Контроль	5,64	5,66	5,68	5,70
	1 кГр	5,62	5,64	5,65	5,67
	3 кГр	5,60	5,62	5,63	5,65
	5 кГр	5,58	5,60	5,61	5,63
	7 кГр	5,55	5,58	5,59	5,61
	10 кГр	5,54	5,57	5,58	5,60
Пероксидное число, ммоль/кг	Контроль	0,10	0,12	0,14	0,16
	1 кГр	0,12	0,14	0,16	0,18
	3 кГр	0,15	0,18	0,20	0,22
	5 кГр	0,20	0,24	0,26	0,28
	7 кГр	0,25	0,29	0,32	0,34
	10 кГр	0,30	0,33	0,36	0,38
ТБЧ (тиобарбитуровое число, малоновый альдегид МА), мг/кг	Контроль	0,10	0,12	0,14	0,16
	1 кГр	0,12	0,15	0,17	0,19
	3 кГр	0,15	0,18	0,21	0,24
	5 кГр	0,18	0,22	0,26	0,30
	7 кГр	0,22	0,27	0,32	0,36
	10 кГр	0,30	0,35	0,40	0,44

Образцы, признанные свежими, имели корочку подсыхания красного цвета, жир мягкий, частично окрашен в ярко-красный цвет, мышцы на разрезе слегка влажные; не оставляли влажного пятна на фильтровальной бумаге, цвет мяса от красного до темно-красного, консистенция мяса менее плотная и менее упругая, чем у охлажденных образцов, образующаяся при надавливании ямка быстро выравнивается; запах специфический, свойственный для свежей, доброкачественной говядины, жир не имел запаха осаливания или прогоркания; цвет жира от

белого до желтоватого; консистенция жира плотная, при раздавливании крошится; бульон прозрачный, с выраженным запахом свежего, доброкачественного мяса говядины.

Указанные данные также коррелируют с результатами оценки свежести замороженных образцов при хранении методами химического и микроскопического анализа.

У оттаявших облученных образцов, признанных свежими в течение 90 суток, содержание летучих жирных кислот колебалось от 0,2 до 2,4 мг КОН (норма до 4,0 мг КОН), у контрольных образцов при хранении до 60 суток сохранялась свежесть, но содержание летучих жирных кислот было выше, чем у облученных образцов, от 1,3 до 3,8 мг КОН (норма до 4,0 мг КОН), у контрольных образцов при хранении 90 суток содержание летучих кислот было в пределах сомнительной свежести – от 5,9 до 8,1 мг КОН.

Влажность практически не уменьшалась в течение срока хранения: за 90 суток контроль потерял <2% влаги. Наблюдалось лишь незначительное снижение влажности у образцов, облученных высокими дозами (до 68% при 10 кГр), что объясняется, вероятно, несколькими факторами: при облучении до заморозки произошла небольшая дегидратация тканей, при размораживании выделился сок, особенно из мяса, поврежденного радикалами. Однако даже 66–68% влаги – нормальный уровень. Содержание белка и жира возросло пропорционально потерям воды: белок с 21 до 22,5% (максимум при 10 кГр к 90 суткам), жир с 8 до 9%. Как и в охлажденных пробах, облучение не повлияло на суммарное содержание белка и жира в замороженном мясе – все изменения обусловлены дегидратацией при хранении/оттаивании. Это подтверждает, что основные питательные вещества не нарушаются при облучении.

Водородный показатель pH замороженного мяса оставался чрезвычайно стабильным (5,6–5,7) во всех вариантах в течение всего срока. Микробиологические процессы при –18 °С практически не протекают, а химические протекают очень медленно, поэтому значимого сдвига pH не наблюдается ни для контрольных, ни для облученных образцов. Небольшое снижение pH в облученных образцах (как было сразу после обработки) сохранялось: при 10 кГр pH = 5,54 (0 суток) и 5,60 (90 суток) против 5,64–5,70 у контроля. Но эти различия минимальны и не имеют практического значения для качества.

Переокисное число (ПЧ) в заморозке также росло весьма умеренно. У контроля – с 0,10 до 0,16 ммоль/кг за 3 месяца. У облученных – немного выше: например, 10 кГр дало рост с 0,30 до 0,38 ммоль/кг. Ни в одном варианте ПЧ не достигло предельных 0,4 ммоль/кг даже к 90 суткам. ТБЧ-число аналогично: при 10 кГр поднялось максимум до 0,44 мг/кг, то есть осталось чуть ниже допустимого уровня (0,5). Более низкие дозы – еще меньше (0,19–0,3 мг). Таким образом, замораживание практически нивелирует ускоренное окисление жиров, вызванное облучением в отличие от охлажденного мяса [6, 10]. Хотя сразу после обработки образцы 5–10 кГр имели более высокие ПЧ и МДА, при последующем хранении при –18 °С накопление окисленных липидов шло очень медленно. Это объясняется тем, что при замерзании большая часть радикалов рекомбинирует или реакционная способность снижается (диффузия в твердой фазе льда ограничена). К тому же отсутствие кислорода во многом препятствует образованию новых перекисей. Облучение в замороженном состоянии приводит к значительно меньшим изменениям окислительной порчи, чем облучение охлажденного мяса [6, 10]. Фактически, качество жира замороженной говядины даже при 10 кГр оставалось близким к свежему в течение 90 дней.

Органолептические свойства облученной замороженной говядины оценивались на тех же временных контрольных точках. Результаты выражены в баллах, характеризующих степень соответствия свежему продукту (см. табл. 3).

Замороженные облученные и контрольные образцы сохранили цвет практически неизменным вплоть до 90 суток: после разморозки они имели нормальный красноватый цвет. Незначительные отличия: у контрольных замороженных образцов цвет 4,5 балла (едва заметное потемнение краев из-за обезвоживания поверхности – морозный ожог), а у облученных в дозах 1–10 кГр образцов также 4,5 балла, но без дополнительных дефектов. Заморозка позволи-

ла полностью сохранить качество цвета – облучение вплоть до 10 кГр не оказало негативного эффекта на цвет замороженного мяса.

Таблица 3. Органолептическая оценка замороженной говядины после облучения (средний балл по 5-балльной шкале)

Доза	Контрольная точка, сутки	Цвет (сырой)	Запах (сырой)	Консистенция	Вкус и аромат (после варки)
Замороженная говядина					
Контроль	0	4,5	5,0	5,0	5,0
1-7 кГр		4,5	5,0	5,0	5,0
10 кГр		4,5	4,0	4,0	4,0
Контроль	90	4,5	3,5	4,0	4,0
1-7 кГр		4,5	4,5	5,0	5,0
10 кГр		4,5	4,0	4,0	4,0

Примечание: в табл. 3 включены результаты по выборочным образцам, отражающим общие тенденции. Полные данные по 30 и 60 суткам имели промежуточные значения, подтверждающие описываемые ниже тенденции.

Размороженные контрольные необлученные образцы и облученные при 1-7 кГр образцы в течение 60 дней хранения при -18 °С сохранили хороший запах: 4,5 балла (слегка ослабленный мясной аромат, но без порчи), однако через 90 дней контрольные необлученные образцы имели кисловатый запах со слабым прогорклым оттенком (3,5-4 балла), в то время как облученные образцы сохранили 4,5 балла. Образцы, облученные при 10 кГр, в течение 90 дней имели запах, оцениваемый в 4 балла (мясной, с еле заметным «старым» оттенком, возможно от окисления при облучении). Вероятно, высокая доза привела к выделению летучих соединений серы и углеводов, дающих характерный аромат. Известно, что облучение мясопродуктов может генерировать небольшие количества летучих молекул (например, 1-пентен, 1-гексен и др.), ассоциированных с «привкусом/запахом облучения». В нашем эксперименте эти запахи не были описаны как явно неприятные, скорее как «несвойственные свежему мясу». Подобные вещества летучи и обычно выветриваются через некоторое время хранения.

Гнилостности не было зафиксировано ни в одном облученном замороженном образце. Таким образом, заморозка и облучение совместно обеспечили практически полное сохранение аромата; даже максимальная доза не привела к неприемлемому запаху после 3-х месяцев хранения.

Замороженные образцы после разморозки сохранили хорошую консистенцию: контрольные образцы и облученные дозами 1-5 кГр имели 4,5-5 баллов (немного плотнее, чем охлажденные, за счет потери влаги; при нажатии выделяется сок, структура упругая). Образцы, облученные дозой 10 кГр, после 90 дней заморозки имели консистенцию на 4 балла: слегка рыхлая текстура, волокна несколько ломкие. Вероятно, сочетание облучения и кристаллизации льда усилило денатурацию белков. Но критических изменений (типа крошливости или желатинизации) не наблюдалось. В целом, консистенция замороженного мяса практически не изменилась даже при 10 кГр, а в охлажденном – только высокая доза вызвала заметное размягчение к концу хранения.

Замороженные облученные при 1-7 кГр образцы после 90 суток сохранили прекрасные вкусовые качества: приготовленный с облученными образцами бульон был оценен дегустационной комиссией также как свежеприготовленный (5 баллов), в то время как необлученные контрольные образцы оценивались чуть ниже – 4 балла, за счет кисловатого вкуса. У образца, обработанного дозой 10 кГр, после хранения в течение 90 суток был чуть менее интенсивный вкус (4 балла), но никаких посторонних привкусов. Это подтверждает, что заморозка практически полностью сохраняет вкусоароматические свойства мяса, а облучение не приводит к их ухудшению при хранении в замороженном состоянии.

Таким образом, очевидно, что в замороженном виде влияние облучения на органолептические свойства менее заметно, чем для охлажденных образцов: все облученные образцы даже при максимальной дозе 10 кГр сохраняли качественные характеристики в течение 90 дней. В то время как облучение охлажденной мясной продукции из говядины дозами 5-7 кГр уже вызывают умеренные изменения органолептических свойств, заметные главным образом при длительном хранении, а доза 10 кГр приводит к явным ухудшениям (потускнение цвета, посторонний запах и привкус при длительном хранении) [6, 10].

В результате проведения исследований установлено, что замороженные мясные продукты из говядины при облучении ионизирующим излучением эффективно обеззараживаются, и при этом менее подвержены негативному влиянию свободных радикалов, чем идентичные мясные продукты из говядины в охлажденном состоянии.

Окисление жиров под действие ионизирующего излучения может привести не только к ухудшению органолептических свойств, таких как вкус и запах, но и к снижению пищевой ценности и образованию токсичных веществ, таких как альдегиды и кетоны. В замороженных образцах продукции индукция окисления жиров была минимальной – даже при 10 кГр показатели окисления оставались ниже критических до 90 суток в отличие от охлажденного мяса, где на 28 сутки хранения образцы, облученные дозой ≥ 5 кГр имели ПЧ и ТБЧ (МА), превышающие порог свежести (0,4 ммоль/кг и 0,5 мг/кг соответственно), что свидетельствует о начальной стадии прогоркания. Это подтверждает, что влияние облучения на окисление можно существенно снизить выбором подходящего температурного режима – замороженные образцы выдерживают без изменений физико-химических свойств дозы до 7 кГр и даже при 10 кГр изменения незначительны.

Замороженное мясо сохранило высокое качество по органолептическим свойствам и текстуре (4–5 баллов по всем критериям) независимо от дозы облучения в отличие от охлажденных образцов, качество которых снижается при высоких дозах (свыше 5 кГр), что также свидетельствует в пользу выбора низкотемпературного режима облучения.

Полученные результаты соответствуют литературным данным, свидетельствующим о том, что заморозка повышает устойчивость качественных характеристик мясных продуктов к облучению ионизирующим излучением [9-11, 19, 20]. Высокие дозы (>5 –10 кГр) при облучении охлажденных мясных продуктов приводят к ощутимым негативным изменениям (сухость, жёсткость, окисленный вкус). В случае замороженного мяса допустимо применение более высокой дозы (до 7 кГр), поскольку заморозка смягчает побочные эффекты (меньше окисления, сохранение текстуры). В замороженной мякоти мяса меньше воды, поэтому при облучении образуется меньше перекисей, летучих сернистых соединений и других побочных продуктов, способных влиять на вкус и запах. Благодаря этому облучение замороженной говядины приводит к меньшим изменениям органолептических свойств, чем облучение свежего охлаждённого мяса аналогичными дозами. С другой стороны, микроорганизмы в замороженной среде становятся несколько более устойчивыми к радиации: снижение подвижности воды и метаболизма затрудняет радиационное повреждение клеток. Для достижения того же санитарного эффекта при облучении замороженного мяса обычно требуется увеличить дозу на 20–30%, однако хранение при температуре -18°C , сдерживающее рост микрофлоры, вызывающей порчу, позволяет использовать дозу 1-3 кГр.

Для обеспечения качества и безопасности облученной продукции при проведении промышленной обработки мясной продукции важно контролировать, чтобы поглощенная продуктом доза не выходила за пределы установленных для данного вида продукции минимального и максимального уровня облучения (минимальная и максимальная поглощенные дозы) [1]:

$$D_{\min} \leq D_{\text{полгл. продуктом}} \leq D_{\max} \leq 10 \text{ кГр}, \quad (1)$$

где $D_{\max}$ – максимальный допустимый уровень ионизирующего излучения для обработки продукции конкретного вида, безопасный для человека, не ухудшающий ее качественные характеристики и питательную ценность;

$D_{\min}$ – минимальный уровень ионизирующего излучения, эффективный в отношении конкретного уровня контаминации конкретного вида продукции.

В результате проведенных исследований на основании анализа кривых инактивации микрофлоры и зависимости показателей качества от дозы облучения установлены оптимальные уровни ионизирующего излучения (минимальные и максимальные поглощенные дозы) для обработки замороженных мясных продуктов из говядины, при которых достигается необходимая эффективность в отношении характерных микроорганизмов, обнаруживаемых в мясных продуктах (патогенных и вызывающих порчу) и не ухудшаются качественные характеристики продукта: органолептические свойства, структурная целостность, химический состав, питательная ценность.

Для замороженного мяса минимальная эффективная доза облучения для уничтожения патогенных микроорганизмов и продления сроков годности может быть снижена относительно обработки охлажденных мясных продуктов до 1-3 кГр, так как заморозка сама по себе оказывает влияние на процессы порчи, а максимальная доза может быть увеличена до 7 кГр, так как заморозка снижает негативное влияние ионизирующего излучения в больших дозах на органолептические, структурные, физико-химические свойства говядины и ее питательную ценность. Для охлажденной мясной продукции доза облучения 1 кГр мало эффективна для инактивации микроорганизмов, вызывающих порчу и только доза облучения 3-5 кГр позволяет заметно увеличить срок хранения. Доза облучения 7-10 кГр является еще более эффективной, но вызывает негативные изменения качественных характеристик охлажденных мясных продуктов.

Установленные зависимости эффективности пастеризирующего воздействия и качественных показателей говядины от уровня ионизирующего излучения и состояния продукта при обработке и хранении (охлажденная или замороженная) коррелируют с литературными данными и нормативами государств, где разрешена такая обработка. Например, в США и Канаде облучение сырой говядины (включая фарш) допущено в дозах около 4,5-5,0 кГр для охлажденного и 7,0 кГр для замороженного продукта [15, 19, 20].

Выводы

1. Таким образом, изучено влияние уровня ионизирующего излучения (поглощенных доз) при обработке замороженных мясных продуктов из говядины на их физико-химические свойства, структурную целостность, функциональные свойства, показатели безопасности и пищевой ценности в сравнении с охлажденной продукцией в сравнении с охлажденными продуктами.

2. Экспериментально обоснованы оптимальные уровни ионизирующего излучения (минимальные и максимальные поглощенные дозы) для обработки замороженных мясных продуктов из говядины, при которых достигается необходимая эффективность в отношении характерных микроорганизмов, обнаруживаемых в мясных продуктах (патогенных и вызывающих порчу) и не ухудшаются качественные характеристики продукта. Оптимальный диапазон уровней облучения для замороженной мясной продукции из говядины составляет 1-7 кГр, что значительно шире, чем диапазон для идентичной охлажденной продукции, который составляет – 3-5 кГр.

3. Сочетание воздействия низких температур и ионизирующего излучения дает возможность продлить срок годности (хранения) мясной продукции до 3-4 месяцев. Замороженные мясные продукты также более устойчивы к негативному воздействию излучения дозой свыше 5 кГр на структурную целостность, органолептические свойства и пищевую ценность мясной продукции, что позволяет повысить максимальную поглощенную дозу до 7 кГр.

4. Результаты исследования дают возможность мясоперерабатывающим предприятиям подобрать оптимальные сочетания различных видов воздействия на мясные продукты с целью обеззараживания и продления сроков годности при сохранении их качественных характеристик и потребительской привлекательности.

Список источников

1. Асланова М.А. и др. Применение радиационной обработки для сохранения качества и микробной безопасности мясного фарша / М.А. Асланова, О.К. Деревницкая, А.С. Дыдыкин, А.Л. Боро // Мясные технологии. 2021. № 6 (222). С. 22–25.

2. Багрянцева О.В. Радиологическая безопасность. Облученные продукты // Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. 2-е изд. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 1008 с. (Серия «Национальные руководства»). С. 746–759.
3. Дроздова Н.А. и др. Применение ионизирующего и неионизирующего излучения в пищевой промышленности / Н.А. Дроздова, А.С. Дыдыкин, Н.А. Горбунова, А.А. Семенова // Все о мясе. 2017. № 1. С. 16–20.
4. Козьмина Г.В., Гераськина С.А., Санжарова Н.И. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы / Под общ. ред. Г.В. Козьминой и др. Обнинск: ФГБНУ «ВНИИРАЭ», 2015. С. 65–78.
5. Кузьмин С.В. и др. Безопасность пищевых продуктов, подвергнутых обработке ионизирующим излучением (обзор литературы) / С.В. Кузьмин, В.Н. Русаков, О.В. Есаулова, А.Г. Сетко // Здравоохранение Российской Федерации. 2025. Т. 69. № 1. С. 60–64.
6. Кузьмин С.В. и др. Обоснование оптимального диапазона уровней облучения при обработке мясной продукции ионизирующим излучением путем исследования изменений показателей ее качества и безопасности / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина // Научные технологии. 2025. Т. 26. № 6. С. 81–93.
7. Николаев Н.И. Радиационная обработка продуктов питания как технология будущего // Наука и бизнес: пути развития. Издательство: Фонд развития науки и культуры. 2022. № 12 (138). С. 23–26.
8. Павлов А.Н. и др. Технологический процесс радиационной обработки пищевой продукции и дозиметрическое обеспечение / А.Н. Павлов, Т.В. Чиж, А.С. Снегирев, Н.И. Санжарова, А.П. Черняев, П.Ю. Борщеговская, В.С. Ипатова, Ю.А. Дорн // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13. № 4. С. 40–50.
9. Семёнова А.А. и др. Применение ионизирующего излучения в мясной промышленности / А.А. Семёнова и др. // Всё о мясе. 2019. № 4. С. 30–34.
10. Семенова А.А. и др. Изучение образования в мясе продуктов радиолитиза в зависимости от поглощенной дозы γ -излучения и ее влияние на окисление жиров и рост микрофлоры при хранении / А.А. Семенова, М.А. Асланова, А.С. Дыдыкин, О.К. Деревицкая, Д.С. Батаева, В.О. Кобялко // Радиация и риск. 2020. Т. 29. № 1. С. 32–44.
11. Семенова А.А. и др. Влияние ионизирующего излучения на микробиологическую безопасность и активность антиоксидантных ферментов мясного фарша / А.А. Семенова, М.А. Асланова, А.С. Дыдыкин, О.К. Деревицкая, А.Л. Боро, О.В. Багрянцева, Д.Б. Никитюк // Вопросы питания. 2022. Т. 91. № 6. С. 76–84.
12. Черняев А.П. и др. Радиационные технологии обработки биообъектов. Обзор. Физика атомного ядра и элементарных частиц / А.П. Черняев, В.В. Розанов, Е.К. Козлова, И.В. Матвейчук, У.А. Ближнюк, В.С. Ипатова // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2025. № 3. С. 2530201.
13. Черняев А.П. и др. Современное состояние, задачи и перспективы использования источников ионизирующих излучений в России / А.П. Черняев, А.А. Ким, В.В. Розанов, Ф.Р. Студеникин, А.А. Щербаков // Ядерная физика, издательство ФГБУ «Издательство «Наука» (Москва). 2025. Т. 88. № 1. С. 124–136.
14. Черняев А.П., Авдюхина В.М., Ближнюк У.А. [и др.]. Применение низкоэнергетического электронного излучения для обработки охлажденного мяса индейки. Оптимизация параметров воздействия // Научные технологии. 2020. Т. 21. № 1. С. 40–49.
15. Bohrer B.M. Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein // Trends Food Sci. Technol. 2017. Vol. 65. Pp. 103–112.
16. Castell-Perez M.E., Moreira R.G. Irradiation and consumers acceptance // Innov. Food Proces. Technol. 2021. Vol. 2. Pp. 122–135.
17. Codex Alimentarius. General Standard for Irradiated Foods: CODEX STAN 106–1983 (Rev. 1–2003). Rome: FAO/WHO, 2003. Pp. 1–7.
18. Pedreschi F., Mariotti-Celis M.S. Irradiation kills microbes: can it do anything harmful to the food? // Genetically Modified and Irradiated Food. London: Academic Press. 2020. Pp. 233–242.

19. Rodrigues L.M., Sales L.A., Fontes P.R. et al. Combined effects of gamma irradiation and aging on tenderness and quality of beef from Nellore cattle // Food Chemistry. 2020. Vol. 313. Art. 126137.

20. Sales L.A., Rodrigues L.M., Silva D.R.G. et al. Effect of freezing, irradiation and thawing processes and subsequent aging on beef quality // Meat Science. 2020. Vol. 163. Art. 108078.

References

1. Aslanova M.A. et al. The use of radiation treatment to preserve the quality and microbial safety of minced meat. M.A. Aslanova, O.K. Derevitskaya, A.S. Dydykin, A.L. Bero. Meat technology, 2021, No. 6 (222), pp. 22-25.

2. Bagryantseva O.S. Radiological safety. Irradiated foods. Nutrition and clinical dietetics: national guidelines. edited by C.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk. 2nd ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 1008 p. (Series «National Guidelines»), pp. 746-759.

3. Drozdova N.A. et al. Application of ionizing and non-ionizing radiation in the food industry. N.A. Drozdova, A.S. Dydykin, N.A. Gorbunova, A.A. Semenova. All about meat, 2017, no. 1, pp. 16-20.

4. Kozmina G. C., Geraskina S. A., Sanzharova N. E. Radiation technologies in agriculture and the food industry: current state and prospects. Under the general editorship of G.S. Kozmin et al. Obninsk: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology», 2015, pp. 65-78.

5. Kuzmin S.C. et al. Safety of food products exposed to ionizing radiation (literature review). S.C. Kuzmin, V.N. Rusakov, O.C. Esaulova, A.G. Setka. Healthcare of the Russian Federation, 2025, vol. 69, no. 1, pp. 60-64.

6. Kuzmin S.V. et al. Substantiation of the optimal range of radiation levels during processing of meat products with ionizing radiation by studying changes in its quality and safety indicators. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina. Science-intensive technologies, 2025, vol. 26, no. 6, pp. 81-93.

7. Nikolaev N.I. Radiation treatment of food products as a technology of the future. Science and business: ways of development. Publisher: Foundation for the Development of Science and Culture, 2022, no. 12 (138), pp. 23-26.

8. Pavlov A.N. et al. Technological process of radiation treatment of food products and dosimetric support. A.N. Pavlov, T.V. Chizh, A.S. Snegirev, N.I. Sanjarova, A.P. Chernyaev, P.Y. Borshchegovskaya, V.S. Ipatova, Yu.A. Dorn. Radiation hygiene, 2020, vol. 13, no. 4, pp. 40-50.

9. Semenova A. A. et al. The use of ionizing radiation in the meat industry. A. A. Semenova et al. All about meat, 2019, no. 4, pp. 30-34.

10. Semenova A.A. et al. Study of the formation of radiolysis products in meat depending on the absorbed dose of g radiation and its effect on fat oxidation and microflora growth during storage. A.A. Semenova, M.A. Aslanova, A.S. Dydykin, O.K. Derevitskaya, D.S. Bataeva, V.O. Kobyalko. Radiation and risk, 2020, vol. 29, no. 1, pp. 32-44.

11. Semenova A.A. et al. The effect of ionizing radiation on the microbiological safety and activity of antioxidant enzymes in minced meat. A.A. Semenova, M.A. Aslanova, A.S. Dydykin, O.K. Derevitskaya, A.L. Bero, O.V. Bagryantseva, D.B. Nikityuk. Nutrition issues, 2022, vol. 91, no. 6, pp. 76-84.

12. Chernyaev A.P. et al. Radiation technologies for processing biological objects. Review. Physics of the atomic nucleus and elementary particles. A.P. Chernyaev, V.V. Rozanov, E.K. Kozlova, I.V. Matveychuk, U.A. Bliznyuk, V.S. Ipatova. Bulletin of the Moscow University. Episode 3: Physics. Astronomy, 2025, no. 3, p. 2530201.

13. Chernyaev A.P. et al. The current state, tasks and prospects of using ionizing radiation sources in Russia. A.P. Chernyaev, A.A. Kim, V.V. Rozanov, F.R. Studenikin, A.A. Shcherbakov. Nuclear Physics, publishing house of the Federal State Budgetary Institution «Science Publishing House» (Moscow), 2025, vol. 88, no. 1, pp. 124-136.

14. Chernyaev A.P., Avdyukhina V.M., Bliznyuk U.A. [et al.]. Application of low-energy electron radiation for processing chilled turkey meat. Optimization of impact parameters. High-tech technologies, 2020, vol. 21, no. 1. pp. 40-49.

15. Bohrer B.M. Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. Trends Food Sci. Technol, 2017, vol. 65, pp. 103–112.

16. Castell-Perez M.E., Moreira R.G. Irradiation and consumers acceptance. *Innov. Food Process. Technol.*, 2021, vol. 2, pp. 122–135.
17. Codex Alimentarius. General Standard for Irradiated Foods: CODEX STAN 106–1983 (Rev. 1–2003). Rome: FAO/WHO, 2003, pp. 1–7.
18. Pedreschi F., Mariotti-Celis M.S. Irradiation kills microbes: can it do anything harmful to the food? *Genetically Modified and Irradiated Food*. London: Academic Press, 2020, pp. 233–242.
19. Rodrigues L.M., Sales L.A., Fontes P.R. et al. Combined effects of gamma irradiation and aging on tenderness and quality of beef from Nelore cattle. *Food Chemistry*, 2020, vol. 313, art. 126137.
20. Sales L.A., Rodrigues L.M., Silva D.R.G. et al. Effect of freezing, irradiation and thawing processes and subsequent aging on beef quality. *Meat Science*, 2020, vol. 163, art. 108078.

Информация об авторах

С.В. Кузьмин – доктор медицинских наук, профессор, директор;

О.В. Есаулова – кандидат экономических наук, руководитель научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

Н.В. Мощенская – кандидат химических наук, заместитель руководителя научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

В.Н. Русаков – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

И.Е. Горина – ведущий специалист научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана»; заместитель генерального директора по развитию «Малое инновационное предприятие «Научно-производственный центр им. Ф.Ф. Эрисмана»».

Information about the authors:

S.V. Kuzmin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director;

O.V. Esaulova – Candidate of Economic Sciences, Head of the Research Center for Radiation Biotechnologies;

N.V. Moshchenskaya – Candidate of Chemical Sciences, Deputy Head of the Research Center for Radiation Biotechnologies;

V.N. Rusakov – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Research Center for Radiation Biotechnologies;

I.E. Gorina – Leading specialist of the Scientific Research Center for Radiation Biotechnologies «F. F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene»; Deputy General Director for Development of «Small Innovative Enterprise «F.F. Erisman Scientific and Production Center»».

Научная статья

УДК 664:621.039.8:004.9

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-80-90

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В СФЕРЕ ОБРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Кузьмин Сергей Владимирович¹, Есаулова Ольга Владимировна²,
Мощенская Нина Владимировна³, Русаков Владимир Николаевич⁴,
Горина Ирина Евгеньевна⁵✉

^{1,5}Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 141014, Россия,
Московская область, г. Мытищи, ул. Семашко, д. 2

⁵Малое инновационное предприятие «Научно-производственный центр им. Ф.Ф. Эрисмана»,
300016, Россия, Тульская область, г. Тула, ул. Набережная, д. 10, стр. 1

¹fncg@fncg.ru

²esaulova.ov@fncg.ru

³moschenskaya.nv@fncg.ru

⁴rusakov.vn@fncg.ru

⁵gorina.ie@fncg.ru✉

Аннотация. Цель исследования – научно-практическое обоснование алгоритма функционирования программно-аппаратного комплекса «Радуризация» как цифровой системы дистанционного контроля параметров радиационной обработки продукции и инструмента формирования доказательной базы по каждой партии. Методы включали системный анализ нормативных требований к контролю радиационной обработки, структурное моделирование информационных потоков, формирование перечня контролируемых параметров и расчетную оценку влияния цифровизации на трудоемкость сопровождения партий и полноту данных. Алгоритм построен с учетом положений ГОСТ ISO 14470–2014, ГОСТ 33340–2015, ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 022/2011 и ориентирован на взаимодействие центров обработки, заказчиков, лабораторий, органов по сертификации и надзорных структур в единой цифровой среде. Расчетный пример, основанный на типовом производственном цикле, показывает потенциальное снижение трудоемкости документального сопровождения одной партии с 4,2–6,7 до 2,1–3,5 чел.-ч и сокращение времени формирования технологического отчета с 2–4 ч до 10–30 мин при условии корректной интеграции источников данных оборудования. Доля партий с полным цифровым профилем при внедрении формализованных процедур регистрации параметров может быть повышена до ≥95–98%. Таким образом, предложенный алгоритм обеспечивает переход от фрагментарного документального контроля к цифровому профилированию каждой партии, повышает доказательность соблюдения режимов обработки и создает основу для масштабируемой системы санитарно-гигиенического надзора и последующей цифровой сертификации.

Ключевые слова: радиационная обработка; дистанционный контроль; цифровая система; прослеживаемость; безопасность пищевой продукции; ПАК «Радуризация»; алгоритм взаимодействия.

Финансирование: исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Обоснование принципов, критериев и методов системы аккредитации центров радиационной обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции, а также товаров народного потребления» Рег. № 124030700031-1, 2024–2025 гг.

Для цитирования: Научное обоснование алгоритма функционирования цифровой системы дистанционного контроля в сфере обработки продукции ионизирующим излучением / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 80-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-80-90>.

Права: © С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE OPERATING ALGORITHM OF THE «RADURIZATION» DIGITAL REMOTE CONTROL SYSTEM FOR IONIZING RADIATION PROCESSING OF PRODUCTS

*Sergey V. Kuzmin¹, Olga V. Esaulova², Nina V. Moshenskaya³, Vladimir N. Rusakov⁴,
Irina E. Gorina⁵*

^{1,5}F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, 2 Semashko Str., Mytishchi, Moscow region, 141014, Russia

⁵Small Innovative Enterprise «F.F. Erisman Scientific and Production Center», 10 Embankment Str., building 1, Tula, Tula region, 300016, Russia

¹fncg@fncg.ru

²esaulova.ov@fncg.ru

³moschenskaya.nv@fncg.ru

⁴rusakov.vn@fncg.ru

⁵gorina.ie@fncg.ru

Abstract. The aim of the study was to provide a scientific and practical justification of the operating algorithm of the “Radurization” hardware-software complex as a digital remote control system for the parameters of ionizing radiation processing of products and as a tool for building an evidence base for each batch. The methods included a system analysis of regulatory requirements for radiation processing control, structural modeling of information flows, compiling a list of monitored parameters, and a calculation-based assessment of the impact of digitalization on batch support labor intensity and data completeness. The algorithm was developed with consideration of the provisions of GOST ISO 14470–2014, GOST 33340–2015, TR TS 021/2011, and TR TS 022/2011 and is focused on interaction among irradiation centers, customers, laboratories, certification bodies, and supervisory authorities within a unified digital environment. A calculation example based on a typical production cycle shows a potential reduction in the labor intensity of documentary support for one batch from 4.2–6.7 to 2.1–3.5 person-hours and a decrease in the time required to generate a technological report from 2–4 hours to 10–30 minutes, provided that equipment data sources are properly integrated. The share of batches with a complete digital profile can be increased to ≥95–98% through the implementation of formalized parameter registration procedures. Thus, the proposed algorithm enables a transition from fragmented document-based control to digital profiling of each batch, increases the evidential robustness of compliance with processing regimes, and provides a foundation for a scalable system of sanitary and hygienic supervision and subsequent digital certification.

Keywords: ionizing radiation processing; remote control; digital system; traceability; food safety; “Radurization” complex; interaction algorithm.

Funding: the study was conducted within the framework of the research project «Scientific rationale for principles, criteria, and methods of the accreditation system for centers of radiation treatment of food and agricultural products, as well as consumer goods», Reg. No. 124030700031-1, 2024–2025.

For citation: Scientific justification of the operating algorithm of the «Radurization» digital remote control system for ionizing radiation processing of products. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 80-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-80-90>.

Copyright: © S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Радиационная обработка пищевой и сельскохозяйственной продукции является перспективным методом обеспечения её микробиологической безопасности и увеличения сроков хранения. Однако, несмотря на наличие определённой нормативной базы, развитие этой технологии в России долгое время сдерживалось отсутствием прозрачных механизмов государственного контроля и надзора за процессом облучения. Устойчивость регуляторного и рыночного доверия к технологии определяется не только наличием допустимых

диапазонов доз и методик облучения, но и надежностью фиксации параметров процесса, их верифицируемостью и прослеживаемостью на уровне каждой партии [4, 5].

В действующей практике существенную долю рисков формируют разрозненность технологической информации и зависимость от ручного ведения документации. Документы дозиметрии, параметры работы установок, сведения о партии и результаты выборочных испытаний часто не объединены в единый массив данных, что затрудняет аудит и повышает стоимость оценочных процедур [1, 5, 10].

В современных условиях – на фоне новых вызовов продовольственной безопасности и ужесточения международных требований к прослеживаемости продукции – возникла необходимость внедрения цифровых систем управления и контроля в данной сфере [5–10].

Обоснование разработки алгоритма функционирования системы дистанционного контроля «Радуризация» базируется на анализе международного опыта управления безопасностью пищевой продукции, обработанной ионизирующим излучением, а также на выявлении недостатков российской практики. Согласно рекомендациям МАГАТЭ, принципам Codex Alimentarius и стандарту ISO 14470, для обеспечения гигиенической безопасности облучённых продуктов недостаточно регламентировать дозы и режимы обработки – необходимо создание единой системы фиксации, хранения и верификации данных облучения. В США и странах ЕС уже действуют интегрированные цифровые платформы контроля облучённой продукции (например, база данных FDA по облучению пищевых продуктов, система EFSA TraceFood), которые позволяют управлять процессами облучения в режиме реального времени и предоставляют надзорным органам доступ к данным о каждом случае облучения [6–8].

В Российской Федерации до последнего времени не было аналогичных инструментов, что фактически исключало полную прослеживаемость пути облучённой продукции и объективную оценку соблюдения технологических режимов. Разработка алгоритма работы ПАК «Радуризация» призвана устранить эти пробелы, обеспечив научно обоснованный подход к управлению процессами радиационной обработки продуктов питания. В основу алгоритма легли принципы системного анализа, риск-ориентированного управления, цифровой прослеживаемости и минимизации влияния человеческого фактора. Алгоритм формализует взаимодействие между всеми участниками процесса – центрами обработки, лабораториями, заказчиками, органами по сертификации и надзорными структурами – в рамках единой информационной платформы [1–3].

Таким образом, создание алгоритма ПАК «Радуризация» представляет собой реализацию научно обоснованного подхода к цифровизации санитарно-гигиенического надзора при обработке продукции ионизирующим излучением. Предложенная система объединяет нормативные, технологические и контрольные процессы в единой информационно-управляющей модели, соответствуя международным требованиям к системам менеджмента безопасности пищевой продукции [1, 8, 9].

Цель исследования – научно-практическое обоснование алгоритма функционирования комплекса и оценка ожидаемых эффектов его применения на расчетных примерах.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – процессы технологического и документального сопровождения партий продукции при радиационной обработке ионизирующим излучением в условиях цифровизации контроля.

Предмет исследования – алгоритм функционирования программно-аппаратного комплекса «Радуризация» и модель информационного взаимодействия координационного центра с участниками (центры обработки, заказчики, лаборатории, органы по сертификации и надзорные структуры), обеспечивающие дистанционный контроль параметров облучения и формирование доказательной базы по каждой партии.

Исследования проведены в период с января 2024 г. по январь 2025 г. на базе ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора с использованием пилотного стенда ПАК

«Радуризация» и данных типовых производственных циклов центров радиационной обработки ГК «Росатом».

Разработка алгоритма и структуры ПАК «Радуризация» проводилась с применением методов системного анализа, структурного моделирования и стандартизации информационных потоков. В качестве основных нормативных ориентиров использованы международные и отечественные документы: ГОСТ ISO 14470–2014, ГОСТ 33340–2015, стандарт Codex Alimentarius, а также технические регламенты Таможенного союза ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 022/2011. Для формализации схемы взаимодействия участников процесса проанализированы материалы промышленного образца «Алгоритм взаимодействия координационного центра с центрами обработки продукции посредством ПАК «Радуризация» [2,3].

Алгоритмические решения основывались на принципах риск-ориентированного подхода, минимизации вмешательства человека, объективности и достоверности контроля. В проектируемой системе каждому участнику процесса присваивается определённая роль и уровень доступа к данным; все операции фиксируются и хранятся в защищённой базе данных, что обеспечивает полную прослеживаемость и возможность аудита всех действий.

Практический блок исследования включал:

1. формирование структуры алгоритма и логики взаимодействия участников;
2. определение перечня параметров, подлежащих дистанционному контролю;
3. расчетную оценку трудоемкости документального сопровождения партии

«до/после» внедрения ПАК.

Расчеты выполняли на основе типовой структуры операций центра радиационной обработки пищевой продукции с учетом необходимости регистрации технологических параметров, данных дозиметрии, идентификационных сведений о партии и результатов выборочных испытаний.

Результаты исследований и их обсуждение

1. Структура алгоритма и логика взаимодействия участников

Алгоритм ПАК «Радуризация» формализует последовательность операций и обмена данными между участниками процесса радиационной обработки продукции: заказчиком, центром обработки, испытательной лабораторией (при необходимости), органом по сертификации и надзорными структурами. В цифровом контуре обеспечивается связная цепочка событий: «заявка – прием партии – выбор/подтверждение методики – регистрация параметров цикла – дозиметрические данные – формирование отчета – (при необходимости) лабораторная верификация – передача цифрового профиля партии для оценочных процедур» [2, 3].

Ключевым результатом такой архитектуры является формирование цифрового профиля партии, содержащего первичные параметры процесса и привязку к идентификатору партии и временным меткам. Это создает условия для оперативного анализа корректности технологического режима и снижает вероятность потери или фрагментации данных [8, 10].

Предложенный алгоритм взаимодействия всех участников системы «Радуризация» охватывает полный цикл от подготовки продукции к облучению до сертификации и надзора.

Основные участники системы и их роли.

Координационный центр. Управляющий центр системы, отвечающий за общее взаимодействие всех участников рынка радиационной обработки на протяжении жизненного цикла продукта – от научного обоснования методов облучения до контроля использования обработанной продукции. Координационный центр выполняет следующие ключевые функции: прием заявок от заказчиков через ПАК «Радуризация» на проведение облучения продукции; взаимодействие с заказчиком и расчёт стоимости услуг на основе утверждённых технологических регламентов; организация финансовых расчётов; независимый контроль соблюдения центрами обработки требований технических регламентов при помощи средств ПАК (в том числе путём интеграции с системами управления оборудования и получения

данных технологической дозиметрии по ГОСТ Р 8.651); инициирование выборочного лабораторного контроля обработанной пищевой и сельхозпродукции (на микробиологические показатели, пищевую ценность, фитосанитарное состояние); выдача сертификатов соответствия на обработанную продукцию; аккредитация (одобрение) центров обработки для участия в системе; ведение единой базы нормативно-методической документации по вопросам облучения; формирование базы знаний о результатах исследований, разработанных технологиях и других данных для участников системы; предоставление доступа участникам рынка к апробированным технологическим регламентам и техническим условиям; координация исследований по влиянию облучения на различные продукты и разработке новых методик; обеспечение полной прослеживаемости движения обработанных продуктов; предоставление информации надзорным органам по их запросам.

Научно-исследовательский центр «Радиационные биотехнологии». Структурное подразделение ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, выполняющий функции национального референс-центра в области радиационных биотехнологий. Осуществляет научно-методическое сопровождение системы. Его задачи включают разработку и экспертизу методик радиационной обработки новых видов продукции, верификацию предложенных центрами обработки режимов облучения, проведение необходимых исследований влияния облучения на качество и безопасность продуктов, подготовку нормативных документов для государственной гигиенической регламентации, а также консультационную поддержку всех участников по научным вопросам радиационной обработки.

Центры радиационной обработки. Непосредственные исполнители процесса облучения, оснащённые радиационно-техническими установками (РТУ). Каждый аккредитованный центр обработки подключается к ПАК «Радуризация» и действует согласно утверждённым методикам облучения. Центры обеспечивают проведение облучения в заданных режимах, передают в систему все данные о параметрах процесса (дозы, время облучения, количество обработанных единиц продукции и пр.), а также выполняют требования по внутреннему контролю качества (дозиметрические измерения, регистрация партий, маркировка облучённой продукции и т.д.).

Заказчики. Поставщики продукции на облучение – предприятия пищевой промышленности, сельхозпроизводители или торговые организации, заинтересованные в обеззараживании или продлении срока годности своих продуктов. Они подают заявки через систему на обработку определённых партий продукции, предоставляют продукцию в центры обработки и получают обратно облучённый товар вместе с необходимыми документами (сертификатами) и маркировкой, подтверждающей обработку. Упрощенный процесс прохождения ионизирующей обработки продукции представлен ниже (см. рис. 1).

Органы по сертификации. Аккредитованные независимые организации, ответственные за оценку соответствия облучённой продукции. В рамках новой системы их роль расширяется: помимо традиционного инспекционного контроля производства и испытания образцов, органы по сертификации подключаются к ПАК «Радуризация» для мониторинга каждого цикла обработки. Они проводят первоначальную инспекцию центров обработки (этап сертификации инфраструктуры), контролируют подключение центров к системе, утверждают методики облучения (совместно с научным центром), анализируют данные дистанционного контроля и результаты выборочных испытаний. На основании совокупности этих сведений орган по сертификации принимает решение о выдаче сертификата соответствия на каждую обработанную партию продукции.

Испытательные лаборатории. Лаборатории, аккредитованные в установленном порядке, выполняют независимые испытания облучённой продукции. В цифровой системе они получают уведомления о партиях, подлежащих выборочному контролю, и передают результаты анализов (например, микробиологических, радиологических, показателей) непосредственно в центральную базу данных. Согласно разработанному алгоритму, достаточно испытать не менее 0,05% образцов от каждой 10-й партии продукции при условии постоянного дистанцион-

ного мониторинга процессов (этот уровень выборочного контроля установлен исходя из статистической значимости и экономической эффективности).

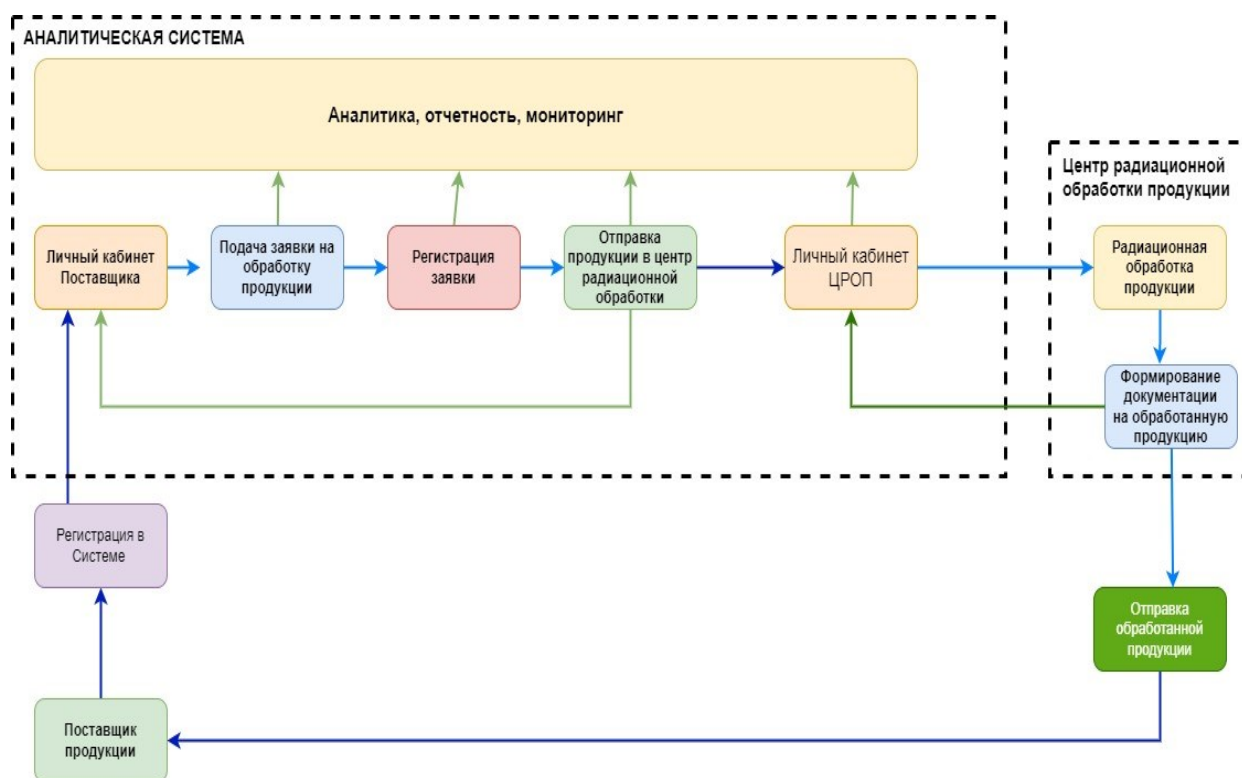


Рисунок 1. Процесс прохождения радиационной обработки продукции

Надзорные структуры. Органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора (Роспотребнадзор) получают доступ к единому цифровому архиву ПАК «Радуризация» и могут в режиме реального времени отслеживать все операции, связанные с облучением продукции. Надзорные органы при необходимости запрашивают и получают подробную информацию о конкретных партиях, дозах облучения, результатах контроля, что существенно облегчает осуществление государственного контроля и, при выявлении нарушений, принятие мер реагирования.

Алгоритм информационного взаимодействия между перечисленными участниками включает следующие основные процессы: подача и подтверждение заявки на облучение; согласование и применение утверждённой методики облучения для данной продукции; проведение процесса облучения с автоматической фиксацией всех параметров; параллельный сбор дозиметрических данных и их анализ; выборочный отбор образцов и испытания; формирование отчетных данных и внесение записей в цифровой реестр облучённых партий; принятие решения о выпуске продукции (сертификация партии) либо о её доработке/браковке в случае несоответствия параметрам. В системе реализована возможность инициирования новых научных исследований: например, если в процессе обработки возникает необходимость адаптации методики под нестандартный продукт, центр обработки совместно с заказчиком может направить запрос в научно-исследовательский центр. НИЦ «Радбиотех» проведёт научную экспертизу предложенного режима облучения и, при положительных результатах, включит обновлённую методику в реестр доступных для применения (после согласования с координационным центром и органом по сертификации).

2. Определение перечня параметров, подлежащих дистанционному контролю.

Для обеспечения измеримой доказательности алгоритм предусматривает регистрацию параметров, непосредственно влияющих на достижение целевой дозы и стабильность режима обработки (см. табл. 1), что исключает ошибки и злоупотребления, связанные с

человеческим фактором – система регистрирует все действия и не позволяет изменить данные задним числом.

Таблица 1. Технологические параметры, подлежащие дистанционному контролю в ПАК «Радуризация»

Параметр	Единицы измерения	Источник данных	Рекомендуемая периодичность регистрации	Назначение
Поглощенная доза (партийная)	кГр	данные дозиметрии	в контрольных точках	подтверждение соответствия методике
Мощность дозы (операционная)	кГр	датчики РТУ	1–5 с	контроль стабильности режима
Скорость конвейера	м/мин	контроллер линии	1–5 с	управление экспозицией
Время нахождения в зоне облучения	с/мин	датчики РТУ	по циклу/партии	расчетно-дозиметрическая связка
Температура продукта/среды (при необходимости)	°С	датчики	10–60 с	контроль дополнительных факторов качества

Предложенный набор параметров обеспечивает баланс технологической достаточности и практической реализуемости интеграции оборудования в цифровую платформу.

3. Расчетная оценка трудоемкости документального сопровождения партии «до/после» внедрения ПАК.

Внедрение алгоритма цифрового взаимодействия в системе «Радуризация» уже на этапе моделирования показало, что значительно сокращаются административные барьеры и временные задержки: многие операции (оформление документов, сбор данных, уведомления) происходят автоматически. В табл. 2 представлены данные оценки трудоемкости документального сопровождения одной партии до и после внедрения ПАК «Радуризация».

Таблица 2. Сравнение трудоемкости документального цикла партии до и после внедрения ПАК «Радуризация»

Этап	Без применения ПАК «Радуризация» (чел.-ч/партия)	С применением ПАК «Радуризация» (чел.-ч/партия)	Оптимизация, %
Регистрация заявки и идентификация партии	0,6–1,0	0,3–0,5	40–50
Подготовка и согласование методики/режима	1,0–1,5	0,7–1,0	25–35
Ведение технологических журналов	0,8–1,2	0,2–0,4	60–80
Свод параметров цикла и подготовка отчета	0,6–1,0	0,2–0,4	50–70
Подготовка пакета данных для внешней оценки	1,2–2,0	0,7–1,2	30–45
Итого	4,2–6,7	2,1–3,5	30–55

Таким образом, в результате применения ПАК «Радуризация» создается единая база данных, содержащая информацию обо всех этапах обработки и сертификации, что повышает доверие со стороны государственных органов и потребителей (см. рис. 2).

СХЕМА «АЛГОРИТМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КООРДИНАЦИОННОГО ЦЕНТРА С ЦЕНТРАМИ ОБРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА РАДУРИЗАЦИЯ»

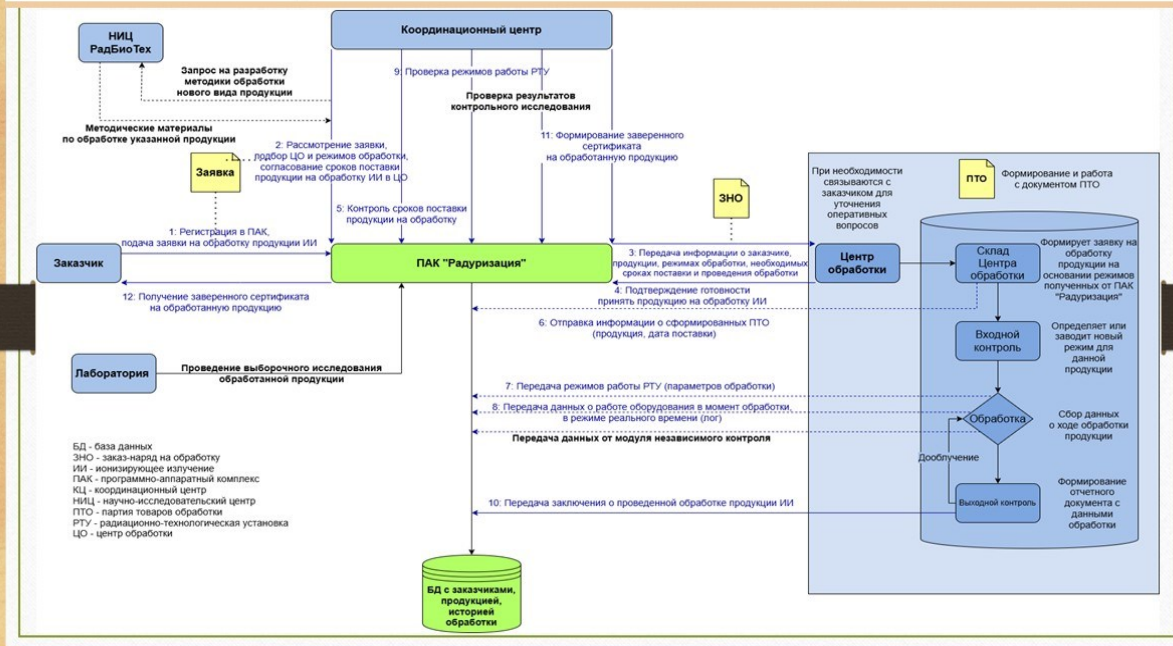


Рисунок 2. Схема «алгоритм взаимодействия координационного центра с центрами обработки продукции посредством программно-аппаратного комплекса «Радуризация»

Схема на рис. 2 иллюстрирует целевую архитектуру взаимодействия участников: координационный центр задает нормативно-методический контур и единые правила идентификации партий, центры обработки обеспечивают регистрацию параметров технологического цикла и дозиметрическое подтверждение, а заказчик, лаборатория и орган по сертификации получают доступ к отчетным данным в согласованном формате. Такое разделение функций позволяет объединить производственный и документальный циклы в единую прослеживаемую цепочку. В рамках ПАК данные привязываются к уникальному идентификатору партии и временным меткам, что обеспечивает воспроизводимость результатов контроля. Регистрация ключевых параметров процесса (в том числе мощности дозы и скорости транспортирования) с дискретностью 1-5 с, а также фиксация итоговой партийной дозы в контрольных точках формируют доказательную базу, пригодную для внутреннего аудита и внешнего контроля без дополнительной ручной доработки [2, 3].

Выводы

1. Научно-практически обоснован алгоритм функционирования ПАК «Радуризация» как цифровой системы дистанционного контроля параметров радиационной обработки продукции, обеспечивающей формирование цифрового профиля партии и стандартизацию обмена данными между участниками процесса. Разработанный алгоритм цифрового взаимодействия в системе «Радуризация» фактически формирует национальную модель дистанционного контроля за процессами радиационной обработки пищевой продукции. Его ключевой особенностью является комплексный охват всех элементов процесса – от технических параметров облучения до процедур оценки соответствия и государственного надзора. Такой подход соответствует современным тенденциям развития пищевой индустрии, где акцент смещается на обеспечение полной прослеживаемости и прозрачности производства. Важно подчеркнуть, что система разработана с учётом международных требований и может быть интегрирована в глобальные цепочки поставок. Например, при экспорте продукции, прошедшей облучение, цифровой сертификат и данные об обработке могут быть переданы зарубежным партнёрам или компетентным органам для упрощения

прохождения контроля (что отвечает принципам, заложенным в документах Codex Alimentarius и соглашениях ВТО по упрощению торговых процедур). Таким образом, алгоритм цифрового взаимодействия «Радуризация» способствует не только внутреннему повышению безопасности, но и международному признанию российских практик в области радиационной обработки.

2. Определен технологически достаточный перечень параметров процесса, подлежащих дистанционной регистрации, позволяющий обеспечить доказательность соблюдения режимов обработки на уровне каждой партии: партийная поглощенная доза (в контрольных точках), операционная мощность дозы и скорость транспортирования (с дискретностью 1-5 с), время нахождения продукции в зоне облучения (по циклу/партии), а при необходимости – температура продукта/среды (10-60 с). Ранее контроль облучения носил фрагментарный характер: данные о режимах облучения зачастую оставались внутри предприятий, государственный надзор ограничивался проверкой документов, а сертификация проводилась по общим схемам без учёта специфики радиационной обработки. В результате не было возможности гарантировать, что продукт действительно облучён требуемой дозой или что режим обработки не был нарушен. Внедрение алгоритма цифрового взаимодействия «РадФуризации» устраняет эти пробелы – вся информация становится доступной в едином окне для всех уполномоченных сторон. Ожидаемым эффектом является рост доверия со стороны населения и бизнеса к технологии облучения. Прозрачность, обеспечиваемая системой, и наличие сертификации каждой партии продукции с детальным протоколом обработки должны развеять опасения потребителей.

3. Расчетный пример показывает снижение трудоемкости документального сопровождения партии с 4,2-6,7 до 2,1-3,5 чел.-ч/партия (экономия 2,1-3,2 чел.-ч, или 30-55%). Наибольший эффект достигается за счет автоматизации ведения технологических журналов (0,8-1,2 -> 0,2-0,4 чел.-ч; 60-80%) и подготовки технологического отчета (0,6-1,0 -> 0,2-0,4 чел.-ч; 50-70%). В результате время формирования технологического отчета сокращается до 10-30 мин, а цифровой протокол партии включает массив временных отметок параметров процесса (при регистрации с интервалом 1-5 с), что повышает готовность к внутренним аудитам и внешнему контролю, снижая риск неполноты данных и несоответствий требованиям документирования.

4. Таким образом, реализация алгоритма «Радуризация» позволит: автоматизировать процессы контроля и сертификации продукции; обеспечить объективность оценки соответствия и достоверность данных о каждой обработанной партии; создать цифровой архив, доступный надзорным органам в режиме реального времени; унифицировать и оптимизировать подходы к радиационной обработке и сертификации пищевой продукции на национальном уровне.

Список источников

1. Безопасность пищевых продуктов, подвергнутых обработке ионизирующим излучением (обзор литературы) / С.В. Кузьмин, В.Н. Русаков, О.В. Есаулова, А.Г. Сетко // Здравоохранение Российской Федерации. 2025. Т. 69. № 1. С. 60-64.

2. Патент на промышленный образец № 147324 Российская Федерация. Схема «алгоритм взаимодействия координационного центра с центрами обработки продукции посредством программно-аппаратного комплекса радуризация»: заявл. 28.02.2025 : опубл. 06.05.2025 / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, С.И. Никифоров ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

3. Патент на промышленный образец № 147323 Российская Федерация. Схема «принцип функционирования программно-аппаратного комплекса радуризация (Пак радуризация)»: заявл. 27.02.2025 : опубл. 06.05.2025 / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, С.И. Никифоров [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки

«Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

4. Технологический процесс радиационной обработки пищевой продукции и дозиметрическое обеспечение / А.Н. Павлов, Т.В. Чиж, А.С. Снегирев [и др.] // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13. № 4. С. 40-50.

5. Astill J. et al. Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions / J. Astill, R.A. Dara, M. Campbell, J.M Farber., E.D.G. Fraser, S. Sharif, R.Y. Yada // Trends in Food Science & Technology. 2019. Vol. 91. Pp. 240–247.

6. European Commission. Food traceability and labelling. Regulation (EC) No 852/2004; Regulation (EU) No 1169/2011.

7. FDA. Guidance for Industry: Irradiation in the Production, Processing and Handling of Food. U.S. Department of Health and Human Services; 2018.

8. Gallo A. et al. A traceability-support system to control safety and sustainability indicators in food distribution / A. Gallo, R. Accorsi, A. Goh, H. Hsiao, R. Manzini // Food Control. 2021. Vol. 124. P. 107866.

9. Liberty J.T. et al. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety / J.T. Liberty, S. Bromage, E. Peter, O.C. Ihedioha, F.B. Alsalman, T.S. Odogwu // Food Control. 2025. Vol. 176. P. 111378.

10. Zhou X. et al. Transforming food supply chains through digital tracking and monitoring technologies / X. Zhou, Tang J., T.L. Jacobs, I.S. Saguy // Trends in Food Science & Technology. 2025. Vol. 163. P. 105142.

References

1. Safety of food products treated with ionizing radiation (literature review). S.V. Kuzmin, V.N. Rusakov, O.V. Esaulova, A.G. Setko. Healthcare of the Russian Federation, 2025, vol. 69, no. 1, pp. 60-64.

2. Industrial Design Patent No. 147324 Russian Federation. Scheme «algorithm of interaction of the coordination center with product processing centers through the radurization software and hardware complex»: application. 28.02.2025: published 06.05.2025. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, S. I. Nikiforov ; applicant Federal Budgetary Institution of Science «F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene» of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being.

3. Industrial Design Patent No. 147323 Russian Federation. Scheme «the principle of functioning of the radurization software and hardware complex (Pak radurization)»: application. 27.02.2025: published 06.05.2025. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, S. I. Nikiforov [et al.] ; applicant Federal Budgetary Institution of Science « F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene» of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being.

4. Technological process of radiation treatment of food products and dosimetric support. A.N. Pavlov, T.V. Chizh, A.S. Snegirev [et al.]. Radiation hygiene, 2020, vol. 13, no. 4, pp. 40-50.

5. Astill J. et al. Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions. J. Astill, R.A. Dara, M. Campbell, J.M Farber., E.D.G. Fraser, S. Sharif, R.Y. Yada. Trends in Food Science & Technology, 2019, vol. 91, pp. 240–247.

6. European Commission. Food traceability and labelling. Regulation (EC) No 852/2004; Regulation (EU) No 1169/2011.

7. FDA. Guidance for Industry: Irradiation in the Production, Processing and Handling of Food. U.S. Department of Health and Human Services; 2018.

8. Gallo A. et al. A traceability-support system to control safety and sustainability indicators in food distribution. A. Gallo, R. Accorsi, A. Goh, H. Hsiao, R. Manzini. Food Control, 2021, vol. 124, p. 107866.

9. Liberty J.T. et al. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety. J.T. Liberty, S. Bromage, E. Peter, O.C. Ihedioha, F.B. Alsalman, T.S. Odogwu. Food Control, 2025, vol. 176, p. 111378.

10. Zhou X. et al. Transforming food supply chains through digital tracking and monitoring technologies. X. Zhou, Tang J., T.L. Jacobs, I.S. Saguy. Trends in Food Science & Technology, 2025, vol. 163, p. 105142.

Информация об авторах

С.В. Кузьмин – доктор медицинских наук, профессор, директор;

О.В. Есаулова – кандидат экономических наук, руководитель научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

Н.В. Мощенская – кандидат химических наук, заместитель руководителя научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

В.Н. Русаков – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

И.Е. Горина – ведущий специалист научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана»; заместитель генерального директора по развитию «Малое инновационное предприятие «Научно-производственный центр им. Ф.Ф. Эрисмана»».

Information about the authors:

S.V. Kuzmin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director;

O.V. Esaulova – Candidate of Economic Sciences, Head of the Research Center for Radiation Biotechnologies;

N.V. Moshchenskaya – Candidate of Chemical Sciences, Deputy Head of the Research Center for Radiation Biotechnologies;

V.N. Rusakov – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Research Center for Radiation Biotechnologies;

I.E. Gorina – Leading specialist of the Scientific Research Center for Radiation Biotechnologies «F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene»; Deputy General Director for Development of «Small Innovative Enterprise «F.F. Erisman Scientific and Production Center».

Научная статья

УДК 621.039.8:006.35:004.9

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-91-100

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ, ОБРАБОТАННОЙ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Кузьмин Сергей Владимирович¹, Есаулова Ольга Владимировна²,
Мощенская Нина Владимировна³, Русаков Владимир Николаевич⁴,
Горина Ирина Евгеньевна⁵✉

^{1,5}Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 141014, Россия,
Московская область, г. Мытищи, ул. Семашко, д. 2

⁵Малое инновационное предприятие «Научно-производственный центр им. Ф.Ф. Эрисмана»,
300016, Россия, Тульская область, г. Тула, ул. Набережная, д. 10, стр. 1

¹fncg@fncg.ru

²esaulova.ov@fncg.ru

³moschenskaya.nv@fncg.ru

⁴rusakov.vn@fncg.ru

⁵gorina.ie@fncg.ru ✉

Аннотация. Цель исследования – научно обосновать создание системы сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением, с использованием дистанционного контроля параметров и цифровой фиксации данных на платформе ПАК «Радуризация». Методы включали анализ отечественных и зарубежных подходов к сертификации и прослеживаемости, системный и риск-ориентированный анализ, моделирование ролей участников и алгоритма сертификации; эффективность оценивали по данным пилотной эксплуатации ПАК в центре обработки продукции (ООО «Акцентр-Групп», г. Дубна) в период 09.2024-09.2025. В результате предложена трехблочная модель (валидация методик, дистанционный контроль обработки, прослеживаемость и выдача сертификата с QR-кодом) с контрольной схемой лабораторных испытаний 0,05% продукции и каждой 10-й партии; при апробации зафиксировано снижение несоответствий на аудитах на 41%, сокращение времени расследования инцидентов в 3,9 раза, уменьшение несоответствий по санитарным нормам из-за недостижения эффективной дозы на 49% и по показателям качества при превышении максимальной дозы на 21%, при этом объем дефектной продукции, передаваемой заказчику, снижен до 0. Выводы: дистанционный непрерывный контроль параметров обработки и автоматизированная обработка данных повышают доказательность сертификации и обеспечивают риск-ориентированную верификацию каждой партии.

Ключевые слова: сертификация, радиационная обработка, дистанционный контроль, безопасность продукции, гигиенический надзор, прослеживаемость, ПАК «Радуризация».

Финансирование: исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Научное обоснование системы гигиенической регламентации качества, безопасности, сертификации и верификации сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции, а также товаров народного потребления, прошедших ионизирующую обработку». Рег. № 123020700031-3 2023–2025 гг.

Для цитирования: Научное обоснование создания системы сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением, с применением средств дистанционного контроля / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 91-100. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-91-100>.

Права: © С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков, И.Е. Горина (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

SCIENTIFIC JUSTIFICATION FOR THE CREATION OF A CERTIFICATION SYSTEM FOR PRODUCTS TREATED WITH IONIZING RADIATION, USING REMOTE CONTROL DEVICES

Sergey V. Kuzmin¹, Olga V. Esaulova², Nina V. Moshenskaya³, Vladimir N. Rusakov⁴, Irina E. Gorina⁵✉

^{1,5}F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, 2 Semashko Str., Mytishchi, Moscow region, 141014, Russia

⁵Small Innovative Enterprise «F.F. Erisman Scientific and Production Center», 10 Embankment Str., building 1, Tula, Tula region, 300016, Russia

¹fncg@fncg.ru

²esaulova.ov@fncg.ru

³moschenskaya.nv@fncg.ru

⁴rusakov.vn@fncg.ru

⁵gorina.ie@fncg.ru✉

Abstract. The aim of the study was to provide a scientific rationale for establishing a certification system for products treated with ionizing radiation, using remote monitoring of process parameters and digital data capture on the “Radurization” hardware–software platform. Methods included an analysis of Russian and international approaches to certification and traceability, system and risk-based analysis, and modelling of stakeholder roles and the certification algorithm; effectiveness was assessed using data from pilot operation of the platform at a product-processing facility (Accenter-Group LLC, Dubna) during 09.2024–09.2025. As a result, a three-block model was proposed (validation of procedures, remote monitoring of irradiation processing, and traceability with issuance of a QR-coded certificate) with a control scheme involving laboratory testing of 0.05% of products and every 10th batch; during validation, a 41% reduction in audit nonconformities was recorded, incident investigation time decreased by a factor of 3.9, nonconformities with sanitary requirements due to failure to achieve the effective dose decreased by 49%, and nonconformities in quality indicators due to exceeding the maximum dose decreased by 21%, while the volume of defective products delivered to customers was reduced to zero. Conclusions: continuous remote monitoring of processing parameters and automated data processing increase the evidentiary strength of certification and provide risk-based verification for each batch.

Keywords: certification, food irradiation, remote monitoring, product safety, sanitary supervision, traceability, «Radurization» system.

Funding: the study was carried out within the framework of the research project «Scientific rationale for principles, criteria, and methods of the accreditation system for centers of radiation treatment of food and agricultural products, as well as consumer goods», Reg. No. 124030700031-1, 2024–2025.

For citation: Scientific justification for the creation of a certification system for products treated with ionizing radiation, using remote control devices. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 91-100. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-91-100>.

Copyright: © S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, V.N. Rusakov, I.E. Gorina (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Радиационная обработка пищевых и сельскохозяйственных продуктов используется как технологический прием обеспечения микробиологической безопасности и продления сроков хранения и требует строгого соблюдения технологических режимов и дозиметрического контроля при рутинной обработке [1,5-7].

Традиционные подходы к контролю, основанные на периодических аудитах и выборочной верификации партий, повышают трудоемкость документального сопровождения и ограничивают оперативность выявления отклонений. Перспективным направлением является

внедрение цифровых систем прослеживаемости и интеллектуального анализа данных для поддержки надзора и сертификации [8-15].

В международной практике развитие прослеживаемости опирается на платформенные решения, интеграцию данных по партиям, применение автоматизированной аналитики и инструментов ИИ для выявления аномалий и управления рисками [8-15].

В Российской Федерации цифровизация контроля радиационной обработки и сертификационных процедур находится на ранней стадии; отсутствует единая модель, объединяющая верификацию методик, дистанционный контроль обработки и прослеживаемость результатов по каждой партии [1, 5].

Для продукции, обработанной ионизирующим излучением, критичны технологические параметры и дозиметрические показатели (D_{min}/D_{max}), которые должны подтверждаться непрерывно на всем протяжении технологического процесса [6].

Цель исследования – научное обоснование создания системы сертификации, основанной на дистанционном контроле технологических параметров, цифровой фиксации и анализа с применением технологии искусственного интеллекта данных процесса обработки продукции ионизирующим излучением, что подтверждает актуальность проведенных исследований.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – процессы сертификации и контроля партий продукции, обработанной ионизирующим излучением, в центрах обработки.

Предмет исследования – модель и алгоритмы дистанционного контроля параметров радиационной обработки и прослеживаемости данных по партиям на цифровой платформе ПАК «Радуризация».

Исследования были проведены в период с сентября 2024 по сентябрь 2025 гг. на базе ФБУН ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора и пилотного центра обработки ООО «Акцентр-Групп» (г. Дубна).

Методологическую основу исследования составили сравнительный анализ международных систем сертификации (FDA, EFSA, ISO 9001, ISO 22000), изучение отечественных нормативных документов (действующие технические регламенты Таможенного союза (Евразийского экономического союза) и национальные стандарты в области радиационной обработки пищевой продукции), а также результаты экспериментальных работ Научно-исследовательского центра «Радиационные биотехнологии» ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора по апробации дистанционного контроля параметров радиационной обработки в центрах обработки продукции.

Научное обоснование разработки такой системы базируется на принципах системы менеджмента качества и риск-ориентированного контроля, а также на требованиях действующих нормативных документов в области радиационной обработки и контроля продукции, включая ГОСТ 33339-2015 и ГОСТ 33340-2015.

Внедрение дистанционного контроля позволяет перевести сертификацию из статической в динамическую форму, обеспечивая непрерывную верификацию и доказательность ответственности продукции установленным требованиям.

В качестве инструмента реализации выбран программно-аппаратный комплекс «Радуризация» (ПАК «Радуризация»), который обеспечивает сбор, обработку и передачу в реальном времени данных о всех основных технологических параметрах процесса (поглощённая доза, скорость конвейера, температура, количество обрабатываемых единиц и т.д.), а также применяет технологии машинного обучения для прогнозирования нарушений по статистическим данным и анализу динамики показателей. Для построения модели системы сертификации использовались методы системного анализа, риск-ориентированного моделирования, информационного менеджмента и управления качеством. Проведено структурирование ролей участников (координационный центр, центры обработки, органы по сертификации, лаборатории, надзорные органы) и разработан алгоритм их взаимодействия в цифровом пространстве.

Результаты исследований и их обсуждение

Результатом проведенной работы стало формирование научно обоснованной концепции системы сертификации продукции, на основе единой цифровой эко-платформы, объединяющей инструменты независимого дистанционного контроля, автоматизированной фиксации и обработки данных с применением технологий машинного обучения, для эффективного регулирования отрасли радиационных биотехнологий.

Система включает три основных блока:

- инструменты, позволяющие оперативно проводить валидацию методик обработки (установление оптимальных технологических режимов обработки определенной продукции, с учетом фасовки и упаковки, определенного уровня исходной контаминации на определенной радиационно-технологической установке);
- инструменты дистанционного контроля хода обработки и принятия решений по результатам такого контроля (специальные средства контроля технологических режимов и параметров функционирования радиационно-технологической установки, фиксации и обработки результатов, обеспечивающие независимый контроль обработки в режиме реального времени, включая уровни излучения и поглощенную продуктом дозу излучения);
- инструменты для обеспечения прослеживаемости и объективного подтверждения качества и безопасности облученной продукции (формирование протоколов обработки, планирование и обработка выборочных испытаний продукции, планирование и проведение аудитов и инспекций центров обработки, формирование и контроль уникальных маркировочных QR-кодов продукции).

Алгоритм сертификации на основе цифровой эко-платформы ПАК «Радуризация» [2-4] построен следующим образом (см. рис. 1).

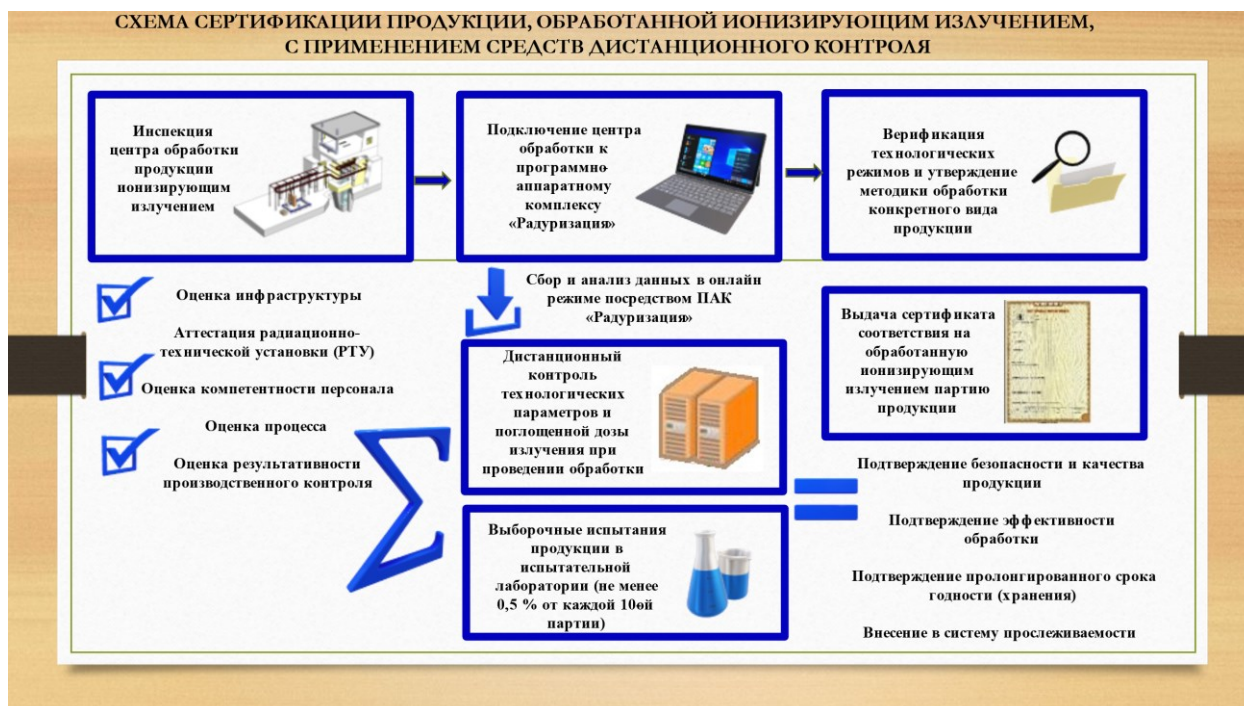


Рисунок 1. Схема «Порядок сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением, с применением средств дистанционного контроля» (разработана авторами)

Процесс начинается с установления оптимальных режимов и валидации методики – разрабатывается программа валидации, подготавливаются образцов продукции и облучаются на установке с строгим дозиметрическим контролем. Далее следует комплексная оценка: микробиологический, органолептический и физико-химический анализ облученных образцов в сравнении с контрольными. Полученные данные проходят статистическую обработку, строятся кривые инактивации микрофлоры. На основе этого анализа устанавливается оптималь-

ная доза облучения, которая гарантирует безопасность, но не ухудшает потребительские качества продукта. Методика обработки утверждается и заносится в ПАК «Радуризация».

Методика радиационной обработки ионизирующим излучением разрабатывается на основе действующих санитарно-гигиенических нормативов ТР ТС 021/2011; СанПиН 2.6.1.2573-10; СанПиН 2.6.1.2523-09; СП 2.6.1.2612-10; СанПиН 2.1.3684, требований действующих технических регламентов Евразийского экономического союза (Таможенного союза), область применения которых охватывает обрабатываемую продукцию, а также требований национальных стандартов в области радиационных технологий обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции ГОСТ 8.664, ГОСТ ISO 14470, ГОСТ 33339, ГОСТ 33340, ГОСТ 33302, ГОСТ 33271, ГОСТ 33820, ГОСТ 34154, ГОСТ 33825, ГОСТ 34155, ГОСТ 34156, ГОСТ 34157 и пр.

Методика радиационной обработки продукции ионизирующим излучением должна содержать следующие сведения, необходимые для обеспечения качества и безопасности процесса облучения и облученной продукции:

- применяемые при промышленной обработке значения диапазона доз поглощенного излучения, не выходящих за пределы установленных значений;
- описание продукции, подвергаемой обработке (включая температурные режимы, которые следует поддерживать при обработке); описание способа упаковывания продукции, в том числе вид и материал упаковки, размеры, плотность и ориентация продукции в упаковке;
- схему (конфигурацию) загрузки продукции при облучении;
- условия эксплуатации радиационно-технологической установки (РТУ) и их предельные значения (включая характеристики пучка и скорость конвейера);
- требования к дозиметрическим системам при проведении аттестации РТУ и при текущем контроле процесса;
- способы движения конвейера (маршруты);
- положения дозиметра(ов) при промышленной обработке;
- коэффициент неравномерности дозы – отношение максимальной поглощенной дозы к минимальной поглощенной дозе;
- соотношение между поглощенными дозами ионизирующего излучения в контрольной точке, минимальной и максимальной дозами поглощенного излучения;
- минимальное и максимальное время облучения продукции;
- процедуры, необходимые для обеспечения безопасности пищевой продукции в соответствии с принципами ХАССП (международная методика, позволяющая контролировать безопасность пищевых продуктов на всех этапах: от производства до реализации) в процессе подготовки и проведения обработки ионизирующим излучением.

Далее после проведения инспекции и подключения центра обработки к ПАК «Радуризация», он начинает получать заказы на обработку от оператора Системы. ПАК «Радуризация» содержит Сервис координации деятельности центров обработки, заявка на обработку подается оператору, который подбирает утвержденную методику или разрабатывает новую, а затем распределяет заявку в центр радиационной обработки с учетом его технической оснащенности, территориального расположения и загрузки.

Продукция обрабатывается ионизирующим излучением в строгом соответствии с утвержденными методиками. После формирования протокола обработки по результатам дистанционного контроля в ПАК «Радуризация» и проведения выборочных испытаний в подведомственных лабораториях Роспотребнадзора (не менее 0,05% от каждой 10-ой партии) выдается сертификат качества и безопасности на каждую партию облученной продукции, продукция маркируется уникальным QR-кодом и выпускается в обращение.

В ходе работы системы формируется полный цифровой профиль каждого центра обработки и каждого сертификата.

В отличие от традиционных схем, предложенная система сертификации обеспечивает унификацию процедур и сопоставимость результатов контроля между центрами обработки при сохранении риск-ориентированного подхода.

Автоматизация значительно повышает надёжность контроля технологических параметров процесса обработки продукции ионизирующим излучением. За счёт использования технологий машинного обучения, система способна автоматически отмечать потенциальные нарушения нормативных требований, снижая зависимость от проведения периодических проверок. Кроме того, автоматизация на основе искусственного интеллекта повышает скорость и точность составления отчетов и заключений по результатам оценки соответствия, обеспечивая незамедлительное реагирование и устранение проблемы (коррекция и корректирующие действия) со стороны оператора системы (органа по сертификации) и заказчика (центра радиационной обработки) требований устраняются незамедлительно. Автоматизация системы контроля качества также оптимизирует распределение ресурсов, специалисты по обеспечению качества могут сосредоточить усилия на областях с высоким риском потенциальных нарушений, которые определяет система на основе анализа динамики изменения параметров. Таким образом, система предотвращает нарушения еще до их возникновения.

Таким образом, разработанная система сертификации на основе цифровой эко-платформы ПАК «Радуризация» представляет собой научно-обоснованную модель цифровой трансформации процедур контроля и сертификации, которая обеспечивает контроль оборота, качество и безопасность продукции, обработанной ионизирующим излучением, соответствует международным требованиям, способствует укреплению доверия потребителей и создаёт основу для устойчивого развития рынка радиационных технологий в Российской Федерации (см. рис. 2).

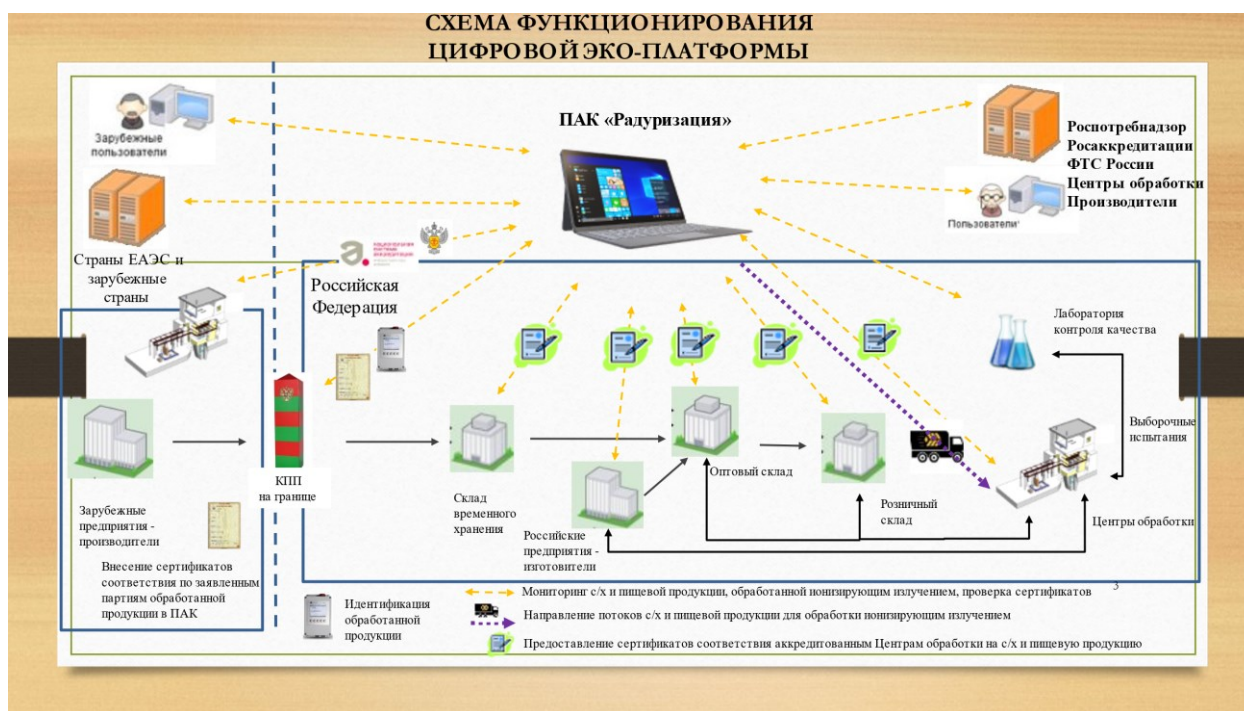


Рисунок 2. Схема «Функционирования цифровой эко-платформы ПАК «Радуризация» (разработана авторами)

Схема на рис. 2 отражает архитектуру цифровой эко-платформы и последовательность обмена данными между координационным центром, центрами обработки и лабораториями: формирование цифрового профиля партии, передача ключевых технологических параметров с временными метками, загрузка результатов дозиметрии и контрольных испытаний, автоматическая проверка соблюдения заданных диапазонов (D_{min}/D_{max}) и выпуск электронного сертификата с QR-кодом для последующей прослеживаемости.

Апробация разработанной автоматизированной системы сертификации на цифровой эко-платформе ПАК «Радуризация» на действующем центре радиационной обработки «Акцент-групп» в г. Дубна продемонстрировала практическую применимость разработанных

алгоритмов и потенциал для внедрения в масштабах всей отрасли. Периодические проверки не обеспечивали достаточной статистической репрезентативности при высокой вариабельности процессов (см. табл. 1).

Таблица 1. Повышение качества контроля и статистической значимости результатов при внедрении автоматизированной системы сертификации на цифровой эко-платформе ПАК «Радуризация»

Индикатор повышения качества контроля и статистической значимости результатов	Значение в сравнении с традиционным контролем
Количество выявленных несоответствий при проведении проверочных аудитов центра (внутренние и внешние проверки)	Снизилось на 41%
Время расследования инцидентов	Сократилось в 3,9 раза
Количество выявляемых при приемочном контроле несоответствий облученной продукции по санитарным нормам за счет недостижения эффективной поглощенной дозы (отклонение параметров обработки от заданных значений)	Сократилось на 49%
Количество выявляемых при приемочном контроле несоответствий облученной продукции по показателям качества (нарушение целостности структуры и органолептических свойств) за счет превышения максимальной поглощенной дозы (отклонение параметров обработки от заданных значений)	Сократилось на 21%
Объем облученной дефектной (несоответствующей установленным требованиям) продукции, передаваемый заказчику	Снизился до 0

За время штатной работы ПАК «Радуризация» на сертифицированном объекте с сентября 2024 года по сентябрь 2025 года было зафиксировано снижение несоответствий на проверочных аудитах центра на 41%, сокращение времени на расследование инцидентов в 3,9 раза в среднем, снижение количества несоответствий облученной продукции по санитарным нормам за счет недостижения эффективной поглощенной дозы (отклонение параметров обработки от заданных значений) на 49%, снижение количества несоответствий облученной продукции по показателям качества (нарушение целостности структуры и органолептических свойств) за счет превышения максимальной поглощенной дозы (отклонение параметров обработки от заданных значений) на 21%.

Разработанная система сертификации на цифровой эко-платформе ПАК «Радуризация» представляет собой научно обоснованную модель цифровой трансформации процедуры сертификации, отвечающая международным требованиям (в том числе принципам HACCP, ISO 22000) и укрепляющая доверие потребителей. Её внедрение создаёт основу для устойчивого развития рынка радиационных технологий в России.

Выводы

1. Разработана модель системы сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением, включающая три взаимосвязанных блока: валидация методик, дистанционный контроль параметров обработки, прослеживаемость и выпуск сертификата с QR-кодом.
2. В ходе пилотной эксплуатации (09.2024-09.2025) внедрение дистанционного контроля позволило снизить количество несоответствий, выявляемых при аудитах, на 41% и сократить время расследования инцидентов в 3,9 раза.
3. Частота несоответствий по санитарным нормам, связанных с недостижением эффективной дозы (D_{min} ниже установленной), уменьшилась на 49%, а по показателям качества при превышении максимальной дозы (D_{max} выше установленной) – на 21%.
4. За счет автоматизированной фиксации параметров и блокирующих правил объем дефектной продукции, передаваемой заказчику, снижен до 0, при сохранении верификации лабораторными испытаниями 0,05% продукции и каждой 10-й партии.

5. Предложенный подход повышает доказательность сертификации за счет формирования цифрового профиля партии и может быть масштабирован на расширенную номенклатуру продукции и разные типы радиационно-технологических установок.

Список источников

1. Безопасность пищевых продуктов, подвергнутых обработке ионизирующим излучением (обзор литературы) / С.В. Кузьмин, В.Н. Русаков, О.В. Есаулова, А.Г. Сетко // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2025. Т. 69. № 1. С. 60-64.
2. Патент на промышленный образец № 147323 Российская Федерация. Схема «принцип функционирования программно-аппаратного комплекса радиуризация (Пак радиуризация)»: заявл. 27.02.2025 : опубл. 06.05.2025 / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, С.И. Никифоров [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им.Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
3. Патент на промышленный образец № 147324 Российская Федерация. Схема «алгоритм взаимодействия координационного центра с центрами обработки продукции посредством программно-аппаратного комплекса радиуризация»: заявл. 28.02.2025: опубл. 06.05.2025 / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, С.И. Никифоров ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
4. Патент на промышленный образец № 147325 Российская Федерация. Схема «порядок сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением, с применением средств дистанционного контроля» : заявл. 28.02.2025 : опубл. 06.05.2025 / С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова, Н.В. Мошенская, А.Я. Барвина ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
5. Русаков В.Н. Применение ионизирующего излучения для обработки пищевой продукции // *Дезинфекционное дело*. 2024. № S1. С. 114-115.
6. Технологический процесс радиационной обработки пищевой продукции и дозиметрическое обеспечение / А.Н. Павлов, Т.В. Чиж, А.С. Снегирев [и др.] // *Радиационная гигиена*. 2020. Т. 13. № 4. С. 40-50.
7. Черняев А.П. и др. Современное состояние, задачи и перспективы использования ускоренных электронов для радиационной обработки продукции / А.П. Черняев, А.А. Ким, В.В. Розанов, Ф.Р. Студеникин, А.А. Щербаков // *Ядерная физика*. 2025. № 88(1). С. 124–136.
8. Astill J. et al. Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions / J. Astill, R.A. Dara, M. Campbell, J.M Farber., E.D.G. Fraser, S. Sharif, R.Y. Yada // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 91. Pp. 240–247.
9. Curto J.P., Gaspar P.D. Traceability in food supply chains: Review and SME focused analysis-Part 1 // *AIMS Agriculture and Food*. 2021. Vol. 6(2). Pp. 679–707.
10. Gallo A. et al. A traceability-support system to control safety and sustainability indicators in food distribution / A. Gallo, R. Accorsi, A. Goh, H. Hsiao, R. Manzini // *Food Control*. 2021. Vol. 124. P. 107866.
11. Lai M.B., Vergamini D., Brunori G. Food Supply Chain: A Framework for the Governance of Digital Traceability // *Foods*. 2025. Vol. 14(12). P. 2032.
12. Liberty J.T. et al. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety / J.T. Liberty, S. Bromage, E. Peter, O.C. Ihedioha, F.B. Alsalman, T.S. Odogwu // *Food Control*. 2025. Vol. 176. P. 111378.
13. Okoye C.O. et al. Redefining modern food analysis: significance of omics and artificial intelligence / C.O. Okoye, H. Jiang, M. Nazar, X. Tan, J. Jiang // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2024. Vol. 177. Pp. 117788.

14. Wang H. et al. Machine learning prediction of foodborne disease pathogens: algorithm development and validation study / H. Wang, C. Chen, L. Huang, X. Li, X. Deng // *JMIR Medical Informatics*. 2021. Vol. 9. e24924.

15. Zhou X. et al. Transforming food supply chains through digital tracking and monitoring technologies / X. Zhou, Tang J., T.L. Jacobs, I.S. Saguy // *Trends in Food Science & Technology*. 2025. Vol. 163. P. 105142.

References

1. Safety of food products treated with ionizing radiation (literature review). S.V. Kuzmin, V.N. Rusakov, O.V. Esaulova, A.G. Setko. *Healthcare of the Russian Federation*, 2025, vol. 69, no. 1, pp. 60-64.

2. Industrial Design Patent No. 147323 Russian Federation. Scheme «the principle of functioning of the radurization software and hardware complex (Pak radurization)»: application. 27.02.2025: published 06.05.2025. S. V. Kuzmin, O. V. Esaulova, S. I. Nikiforov [et al.] ; applicant Federal Budgetary Institution of Science « F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene» of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being.

3. Industrial Design Patent No. 147324 Russian Federation. Scheme «algorithm of interaction of the coordination center with product processing centers through the radurization software and hardware complex»: application. 28.02.2025: published 06.05.2025. S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, S. I. Nikiforov ; applicant Federal Budgetary Institution of Science « F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene» of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being.

4. Industrial Design Patent No. 147325 Russian Federation. Scheme «procedure for certification of products treated with ionizing radiation using remote control devices»: application. 28.02.2025: published. 06.05.2025 / S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova, N.V. Moshenskaya, A.Ya. Barvin; applicant Federal Budgetary Institution of Science « F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene» of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being.

5. Rusakov V. N. Application of ionizing radiation for food processing. *Disinfection business*, 2024, no. S1, pp. 114-115.

6. Technological process of radiation treatment of food products and dosimetric support. A.N. Pavlov, T.V. Chizh, A.S. Snegirev [et al.]. *Radiation hygiene*, 2020, vol. 13, no. 4, pp. 40-50.

7. Chernyaev A.P. et al. The current state, tasks and prospects of using accelerated electrons for radiation treatment of products. A.P. Chernyaev, A.A. Kim, V.V. Rozanov, F.R. Studenikin, A.A. Shcherbakov. *Nuclear Physics*, 2025, no. 88(1), pp. 124-136.

8. Astill J. et al. Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions. J. Astill, R.A. Dara, M. Campbell, J.M Farber., E.D.G. Fraser, S. Sharif, R.Y. Yada. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, vol. 91, pp. 240–247.

9. Curto J.P., Gaspar P.D. Traceability in food supply chains: Review and SME focused analysis-Part 1. *AIMS Agriculture and Food*, 2021, vol. 6(2), pp. 679–707.

10. Gallo A. et al. A traceability-support system to control safety and sustainability indicators in food distribution. A. Gallo, R. Accorsi, A. Goh, H. Hsiao, R. Manzini. *Food Control*, 2021, vol. 124, p. 107866.

11. Lai M.B., Vergamini D., Brunori G. Food Supply Chain: A Framework for the Governance of Digital Traceability. *Foods*, 2025, vol. 14(12), p. 2032.

12. Liberty J.T. et al. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety. J.T. Liberty, S. Bromage, E. Peter, O.C. Ihedioha, F.B. Alsalman, T.S. Odogwu. *Food Control*, 2025, vol. 176, p. 111378.

13. Okoye C.O. et al. Redefining modern food analysis: significance of omics and artificial intelligence. C.O. Okoye, H. Jiang, M. Nazar, X. Tan, J. Jiang. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2024, vol. 177, pp. 117788.

14. Wang H. et al. Machine learning prediction of foodborne disease pathogens: algorithm development and validation study. H. Wang, C. Chen, L. Huang, X. Li, X. Deng. JMIR Medical Informatics, 2021, vol. 9, e24924.

15. Zhou X. et al. Transforming food supply chains through digital tracking and monitoring technologies. X. Zhou, Tang J., T.L. Jacobs, I.S. Saguy. Trends in Food Science & Technology, 2025, vol. 163, p. 105142.

Информация об авторах

С.В. Кузьмин – доктор медицинских наук, профессор, директор;

О.В. Есаулова – кандидат экономических наук, руководитель научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

Н.В. Мощенская – кандидат химических наук, заместитель руководителя научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

В.Н. Русаков – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий;

И.Е. Горина – ведущий специалист научно-исследовательского центра радиационных биотехнологий «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана»; заместитель генерального директора по развитию «Малое инновационное предприятие «Научно-производственный центр им. Ф.Ф. Эрисмана»».

Information about the authors:

S.V. Kuzmin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director;

O.V. Esaulova – Candidate of Economic Sciences, Head of the Research Center for Radiation Biotechnologies;

N.V. Moshchenskaya – Candidate of Chemical Sciences, Deputy Head of the Research Center for Radiation Biotechnologies;

V.N. Rusakov – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Research Center for Radiation Biotechnologies;

I.E. Gorina – Leading specialist of the Scientific Research Center for Radiation Biotechnologies «F. F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene»; Deputy General Director for Development of «Small Innovative Enterprise «F.F. Erisman Scientific and Production Center».

Научная статья

УДК 664.681.1

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-101-111

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВАТРУШКИ «КОРОЛЕВСКАЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАЛКАНА ОВСЯНОГО И ПОРОШКА ПЛОДОВ ШИПОВНИКА

Пьяникова Эльвира Анатольевна¹, Ковалева Анна Евгеньевна^{2✉},
Евдокимова Оксана Валерьевна³, Павлова Анна Евгеньевна⁴,
Ковалева Дарья Алексеевна⁵

^{1,2,4}Юго-Западный государственный университет, 305040, Россия, Курская область,
г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

³Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина,
302019, Россия, Орловская область, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69

⁵Курский государственный техникум технологии и сервиса, 305007, Россия,
Курская область, г. Курск, ул. Тракторная, д. 8

¹alia1969@yandex.ru

²a.e.kovaleva@yandex.ru✉

³aepavlova@e@gmail.com

⁴evdokimova_oxana@bk.ru

⁵daria.kovaleva122@gmail.com

Аннотация. Ватрушка «Королевская» – это вкусный и сытный десерт из песочного теста, который обладает высокими питательными свойствами благодаря своей начинке – творогу. Статья посвящена исследованию качества ватрушки «Королевская». Для получения десерта с высокой пищевой ценностью была проведена замена пшеничной муки высшего сорта талканом овсяным из пророщенного зерна и порошком плодов шиповника в суммарном количестве 20% от массы муки пшеничной высшего сорта. Оптимальным образцом по содержанию вновь вводимых ингредиентов (талкана овсяного и порошка плодов шиповника) экспериментально был определен образец № 3 с соотношением данных ингредиентов 3:1. Данное соотношение вносимых ингредиентов позволило получить готовое изделие с приятными вкусом и ароматом. В целом, изделие получило по пятибалльной шкале максимальное количество баллов 35 из 35 возможных. Анализ образца № 3 по показателям массовая доля влаги и щелочность подтвердил его соответствие требованиям нормативной документации: массовая доля влаги составила 21,4%, щелочность – 1,4 град. Введение в рецептуру талкана овсяного и порошка плодов шиповника незначительно повлияло на изменение сроков годности, которые составили для данного вида изделия не менее 24 ч.

Ключевые слова: ватрушка «Королевская», оценка качества, органолептические и физико-химические показатели, талкан овсяной из пророщенного зерна, порошок плодов шиповника, сроки годности.

Для цитирования: Оценка качества ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.В. Евдокимова, А.Е. Павлова, Д.А. Ковалева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 101-111. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-101-111>.

Прав: © Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.В. Евдокимова, А.Е. Павлова, Д.А. Ковалева (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE ROYAL CHEESECAKE USING OATMEAL TALKAN AND ROSEHIP FRUIT POWDER

Elvira A. Pyanikova¹, Anna E. Kovaleva^{2✉}, Oksana V. Evdokimova³, Anna E. Pavlova⁴, Darya A. Kovaleva⁵

^{1,2,4}Southwestern State University, 94, 50 Years of October Str., Kursk, Kursk region, 305040, Russia

³Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, 69 Generala Rodina Str., Oryol, Oryol region, 302019, Russia

⁵Kursk State College of Technology and Service, 8 Traktornaya Str., Kursk, Kursk region, 305007, Russia

¹alia1969@yandex.ru

²a.e.kovaleva@yandex.ru✉

³aepavlovaee@gmail.com

⁴evdokimova_oxana@bk.ru

⁵daria.kovaleva122@gmail.com

Abstract. Royal cheesecake is a delicious and satisfying dessert made from shortbread dough, which has high nutritional properties due to its filling – cottage cheese. The article is devoted to the study of the quality of the Royal cheesecake. To obtain a dessert with high nutritional value, wheat flour of the highest grade was replaced with oatmeal from sprouted grain and rosehip fruit powder in a total amount of 20% of the weight of wheat flour of the highest grade. The optimal sample for the content of newly introduced ingredients (oatmeal talkan and rosehip fruit powder) was experimentally determined by sample No. 3 with a ratio of these ingredients of 3:1. This ratio of the applied ingredients made it possible to obtain a finished product with a pleasant taste and aroma. And in general, the product received the maximum number of points on a five-point scale, 35 out of 35 possible. The analysis of sample No. 3 in terms of mass fraction of moisture and alkalinity confirmed its compliance with the requirements of the regulatory documentation: the mass fraction of moisture was 21.4%, alkalinity was 1.4 degrees. The introduction of oatmeal talkan and rosehip fruit powder into the formulation had little effect on the change in shelf life, which was at least 24 hours for this type of product.

Keywords: royal cheesecake, quality assessment, organoleptic and physico-chemical parameters, oatmeal from sprouted grain, rosehip fruit powder, shelf life.

For citation: Evaluation of the quality of the royal cheesecake using oatmeal talkan and rosehip fruit powder. E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, O.V. Evdokimova, A.E. Pavlova, D.A. Kovaleva. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 101-111. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-101-111>.

Copyright: © E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, O.V. Evdokimova, A.E. Pavlova, D.A. Kovaleva (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Пшеничная мука традиционно используется для приготовления мучных изделий, которые являются основным продуктом питания во многих культурах.

Пшеничная мука ценится за свои уникальные химические и физические свойства, которые играют важную роль в хлебопечении, и является источником углеводов, белков, пищевых волокон, витаминов (особенно группы В) и минералов. Глютен, белковая сеть и действие дрожжей при брожении являются важнейшими факторами, влияющими на текстуру, объём, вкусовые качества, а также характеристики мякиша и корочки хлеба [5]. Кроме того, пшеничная мука полезна с точки зрения питательной ценности, но может негативно влиять на людей с целиакией или непереносимостью глютена.

Использование ростков в производстве мучных изделий стало популярным благодаря их потенциальной пользе для здоровья и питания. Такой подход может улучшить питатель-

ную ценность изделий и решить некоторые проблемы со здоровьем, связанные с пшеничной мукой [6].

Для людей с непереносимостью глютена, не связанной с целиакией, добавление в состав мучных изделий или смесей для них различных проростков злаков и семян может снизить общее содержание глютена, потенциально делая продукт из муки более приемлемым [7].

Овёс – это функциональный и сытный продукт, который часто используется при производстве муки и мучных изделий. Овёс может обогащать хлеб питательными веществами и повышать его функциональность, снижая риск сердечно-сосудистых заболеваний, вызванных рафинированной диетой. Овёс содержит большое количество полифенолов и γ -аминомасляной кислоты, которые могут предотвращать и даже лечить такие заболевания, как диабет, гипертония, сердечно-сосудистые и цереброваскулярные заболевания. Кроме того, β -глюкан, растворимая пищевая клетчатка, полезная для здоровья, содержится в овсе в количестве 2-8% [8, 11].

Проращивание стало новой тенденцией в пищевой промышленности, поскольку является естественным, безвредным и недорогим способом повысить питательную ценность семян растений [10]. Благодаря проращиванию овёс может обогащаться и улучшать свои питательные и функциональные свойства, а также преобразовывать свою питательную ценность.

Талкан получают путем перемалывания пророщенного зерна. В зависимости от исходного сырья (пшеница, ячмень, овес или рожь) получается один из видов этой «живой» муки. Зёрна проращиваются и тщательно перемалываются, что делает продукт похожим на обычную муку, но невероятно полезную.

Талкан овсяной из пророщенного зерна богат витаминами группы В, каротином, кальцием, фосфором, магнием, железом, цинком, йодом. В муке из овсяных зерен относительно высокое содержание жиров (до 8%) и крахмала (до 60%). Талкан из овса содержит полифенол, нормализующий работу печени и поджелудочной железы. Овсяная мука поможет при нарушениях сна, быстро восстановит организм после простудных заболеваний. Продукт полезен для профилактики ряда болезней: гипертонии, малокровии, диабете, нарушениях функции печени и почек, заболеваниях желудочно-кишечного тракта [10].

С целью повышения пищевой ценности продуктов питания в последнее время активно используются плоды и ягоды дикорастущих культур. Одним из таких растений является дикорастущий шиповник, из которого получают сухие экстракты и порошки. Применение данных продуктов позволит расширить ассортимент и повысить пищевую ценность готовых изделий [3].

Плоды шиповника – это лекарственный препарат. Плоды шиповника содержат аскорбиновую кислоту, витамин Р, каротиноиды, флавоноиды, органические кислоты, пектиновые вещества и другие биологически активные вещества [9]. Фармакологическое действие препарата обусловлено наличием комплекса биологически активных веществ, в том числе витаминов С и Р, органических кислот, флавоноидов. Настой плодов шиповника оказывает общеукрепляющее действие, стимулирует неспецифическую резистентность организма, усиливает регенерацию тканей, уменьшает проницаемость сосудов, принимает участие в углеводном и минеральном обмене, синтезе гормонов, обладает противовоспалительными свойствами. Обладает иммуностимулирующим (в отношении гуморального и клеточного иммунитета) и некоторым желчегонным действием.

Кроме большого содержания витамина С (426 мг), в плодах шиповника содержится значительное количество витаминов группы В – тиамин (0,016 мг), рибофлавин (0,166 мг), фолиевая кислота и др. Также в них присутствует яблочная и лимонная кислоты, пектины. Шиповник является важным источником витаминов (А – 217 мг, Е – 5,84 мг, К – 25,9 мг) и минералов (кальций – 169 мг, магний – 69 мг, калий – 429 мг и фосфор – 61 мг) [8].

В плодах шиповника присутствует водорастворимая клетчатка в количестве 24,1 г, которая благотворно влияет на работу всей пищеварительной системы и способствует быстрому выведению вредных веществ из кишечника [1].

Цель исследования – оценка качества разработанных образцов ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника, а также установление их сроков годности.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – образцы ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника.

Предмет исследования – качественные показатели ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника.

Разработка рецептуры ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника проводилась в 2025 г. на базе кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет». За основу была взята рецептура из ТТК 8364 «Творожная ватрушка Королевская», представленная в табл. 1.

Таблица 1. Рецептура «Творожная ватрушка Королевская»

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 г готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах
Тесто			
Мука пшеничная высшего сорта, г	85,50	40	34,2
Масло сливочное, г	84,00	20	8,40
Яйца куриные, г	27,00	8	2,16
Сахар, г	99,85	12	11,98
Сода, г	99,90	0,5	0,49
Ванилин, г	99,20	0,5	0,49
Начинка			
Творог, г	34,80	60	20,88
Сахар, г	99,85	12	11,98

В данной рецептуре осуществлялась замена пшеничной муки высшего сорта талканом овсяным из пророщенного зерна и порошком плодов шиповника в количестве соответственно 10% и 10%, 12,5% и 7,5%, 15% и 5%, 17,5% и 2,5% от массы муки пшеничной высшего сорта. Введение в рецептуру ватрушки «Королевская» смеси более 20% считается нецелесообразным, так как мука пшеничная высшего сорта достаточно богата витаминами и минеральными веществами. Разработанные рецептуры представлены в табл. 2. В ходе многократных отработок рецептов было определено, что оптимальной заменой муки пшеничной высшего сорта на талкан овсяной является замена не менее 10%.

Таблица 2. Рецептуры ватрушки «Королевская» с добавлением талкана овсяного и порошка плодов шиповника

Наименование сырья	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Тесто				
Мука пшеничная высшего сорта, г	32	32	32	32
Талкан овсяной из пророщенного зерна, г	4	5	6	7
Порошок плодов шиповника, г	4	3	2	1
Масло сливочное, г	20	20	20	20

Сахар, г	12	12	12	12
Яйца куриные, г	8	8	8	8
Сода, г	0,5	0,5	0,5	0,5
Ванилин, г	0,5	0,5	0,5	0,5
Начинка				
Творог, г	60			
Сахар, г	12			

Для органолептической оценки была разработана градация балльных показателей оценки качества ватрушки «Королевская», в которой каждому показателю качества было присвоено максимальное количество баллов – 5. Общая сумма баллов составила 35 баллов [2]. Градация балльных показателей качества ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника представлена в табл. 3.

Таблица 3. Градация балльных показателей качества ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника

Показатели	Баллы			
	5	4	3	2
Внешний вид: - форма	Правильная, соответствует форме, в которой выпечено изделие, без изломов и вмятин	Правильная, соответствует форме, в которой выпечено изделие, с небольшими изломами и вмятинами	Правильная, соответствует форме, в которой выпечено изделие, со значительными изломами и вмятинами	Не соответствующая форме, в которой выпечено изделие
- поверхность	Без крупных трещин и подрывов, с наколами или надрезами, или без них в соответствии с технологическими инструкциями; шероховатая	Шероховатая, с небольшими трещинами и подрывами, не снижающими свойств изделия	Шероховатая, с трещинами и подрывами	Опавшая корка. Шероховатая поверхность, с крупными трещинами и подрывами
Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого, однородный по поверхности	От светло-коричневого до темно-коричневого неоднородный по поверхности	Бледный	Подгорелый
Пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму	Невлажный на ощупь. После легкого надавливания пальцами мякиш не до конца принимает первоначальную форму	Влажный на ощупь. После легкого надавливания пальцами мякиш не принимает первоначальную форму	Не пропеченный, влажный на ощупь. Не эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш не принимает первоначальную форму
Промес	Без комочков и следов непромеса	Наблюдаются небольшие комочки, без следов непромеса	Наблюдаются небольшие комочки и следы непромеса	С комочками и плохо промешанное тесто

Вкус	Свойственный данному виду изделия с легким привкусом дополнительного сырья, без постороннего привкуса	Слабо выраженный вкус данного продукта, без постороннего привкуса	Плохо выраженный вкус данного продукта с вносимой добавкой, с посторонним привкусом	Не свойственный данному виду изделий с ярко выраженным посторонним вкусом не свойственным дополнительно вводимому сырью
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Слабо выраженный запах данного продукта, без постороннего запаха	Плохо выраженный запах данного продукта, с посторонним запахом	Не свойственный данному виду изделий, с посторонним запахом, запахом затхлости и плесени

Оценка органолептических показателей качества продукта осуществляется при комнатной температуре (18-22°C). При этом должна соблюдаться определенная последовательность исследований: в первую очередь оценивают внешний вид и цвет изделия, которые должны соответствовать данным табл. 3 оценке «отлично». Данные показатели оцениваются с помощью органов зрения.

Консистенция (пропеченность, промес) является одним из важнейших свойств продукта, определяющих его качество. Консистенция ватрушки «Королевская» должна быть рассыпчатой, не сильно «закаленной». Что связано с особенностью структуры песочного теста. Но в тоже время она должна быть нежной благодаря творожной начинке. Данный показатель можно определить только с помощью вкусовых рецепторов полости рта.

Определение вкуса и запаха осуществляются одновременно при помощи обоняния и осязания дегустатора. Изделия не должны иметь несвойственные данному наименованию продукции запахов и привкусов.

Показатели качества: внешний вид, состояние мякиша, вкус, цвет запах (по ГОСТ 24901-2014. Печенье. Общие технические условия); влажность (по ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ), щелочность (по ГОСТ 5898-2022. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности) исследовались на базе кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет».

Результаты исследований и их обсуждение

Для проведения органолептической оценки были взяты разработанные образцы ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника. Органолептические показатели характеризуют форму, поверхность, цвет, вкус и запах, вид в изломе. Эти показатели должны соответствовать требованиям, указанным в нормативной документации. Результаты исследования органолептических показателей качества контрольного образца и образцов ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты исследования органолептических показателей качества контрольного образца и образцов ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника

Показатель качества	Контрольный образец	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Внешний вид:					
форма	5,0	4,4	4,4	5,0	4,4
поверхность	5,0	4,4	4,4	5,0	4,4
Цвет	5,0	4,4	4,6	5,0	4,2

Состояние мякиша:					
пропеченность	5,0	5,0	4,8	5,0	4,8
промес	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Вкус	5,0	4,0	4,6	5,0	3,8
Запах	5,0	4,0	4,4	5,0	4,0
Сумма баллов	35,0	31,2	32,2	35,0	30,6

Как видно из табл. 4, лучшим из образцов ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника по органолептическим показателям является образец №3 с соотношением талкана овсяного и порошка плодов шиповника 3:1 (см. рис. 1). По всем показателям дегустаторы поставили ему по 5 баллов. Данный образец имел правильную форму, поверхность без трещин и подрывов, шероховатую. Цвет у изделия однородный по всей поверхности. Согласно шкале цветности RAL цвет у образца соответствует перламутрово-оранжевому.

Мякиш – пропеченный, эластичный. Следов непромеса изделие не имело. Вкус приятный с легким привкусом внесенного сырья. При разжевывании мякиш «тает» во рту. Без постороннего привкуса. Начинка сладкая, сочная однородная. Запах у образца ватрушки «Королевская» №3 был свойственный данному виду изделия, с приятным запахом ванили, без постороннего запаха.

У образца ватрушки «Королевская» №1 форма правильная, поверхность – слегка шероховатая с небольшими трещинами. Цвет у изделия светло-коричневый неоднородный по поверхности. Образец пропеченный, без следов непромеса. По вкусу все дегустаторы поставили ему по 4 балла, отметив, что вкус у него слабовыраженный. Запах приятный, свойственный изделию из пшеничной муки, без запаха дополнительного сырья.

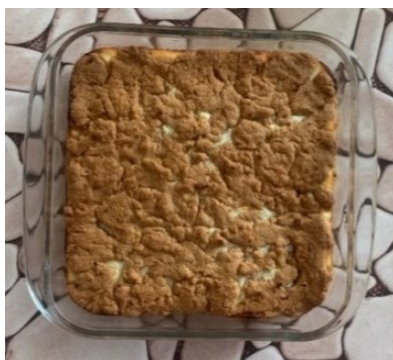


Рисунок 1. Готовая ватрушка «Королевская» с добавлением талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника (образец №3)

У образца ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника №2 форма правильная, поверхность – слегка шероховатая с небольшими трещинами. Цвет у изделия светло-коричневый неоднородный по поверхности. Образец пропеченный, без следов непромеса. По вкусу 2 дегустатора из 5 поставили ему по 4 балла, отметив, что вкус у него слабовыраженный. Запах приятный, свойственный изделию из пшеничной муки, с легким запахом талкана овсяного.

Образец ватрушки «Королевская» № 4 имел правильную форму, слегка шероховатую поверхность с небольшими трещинами. По показателю «пропеченность» 1 из 5 дегустаторов снизил оценку и поставил 4 балла из 5. Следов непромеса не наблюдалось. Цвет у изделия темно-коричневый неоднородный по поверхности. По вкусу 1 дегустатор из 5 поставил ему 3 балла, отметив, что вкус у него интенсивно выраженный, соответствующий вкусу овсяного талкана. Запах приятный, свойственный изделию из пшеничной муки, с преобладающим запахом овсяного сырья.

В целом по результатам проведенных исследований органолептических показателей выпеченных образцов ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника для внедрения в производство можно рекомендовать образец № 3 с заменой пшеничной муки высшего сорта 15% талкана овсяного и 5% порошка плодов шиповника. Именно данное соотношение количества дополнительного сырья позволяет получить продукт с высокими органолептическими показателями.

При оценке физико-химических показателей мучных кондитерских изделий определяют массовую долю влаги, массовую долю жира и щелочность.

Массовая доля влаги в изделии характеризуется содержанием воды в нем и измеряется в процентах. Она оказывает существенное влияние на физико-химические показатели качества готового изделия, сроки годности и микробиологические процессы, протекающие в нем. Вода в кондитерских изделиях находится в связанном состоянии и определяет такие важные показатели качества готового изделия, как текстура, структура, вкус.

Для всех мучных кондитерских изделий одним из важных показателей качества является щелочность, так как превышающее ее количество вызывает повышенный расход кислого желудочного сока при пищеварении и тем самым ухудшает его работу. По этой причине органами здравоохранения установлена максимально допустимая норма щелочности, прописанная в нормативном документе (ГОСТ 24901-2023. Печенье. Общие технические условия), которая во всех видах мучных кондитерских изделий должна быть не более 2° [4].

Пищевая сода в рецептуре мучных кондитерских изделий на основе песочного теста используется в качестве разрыхлителя. Ее применение обосновано относительно небольшой стоимостью, отсутствием привкуса у готового изделия и отсутствием посторонних примесей [4].

Так как лучшим по органолептическим показателям качества оказался образец № 3, то исследование физико-химических показателей проводилось у него и контрольного образцов. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты исследования физико-химических показателей качества контрольного образца и ватрушки «Королевской» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника (образец № 3)

Показатель качества	Контрольный образец	Образец № 3
Массовая доля влаги, %	19,3	21,4
Щелочность, град.	1,5	1,4

Как видно из данных табл. 5, полученных в ходе исследования физико-химических показателей качества у всех образцов ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника отличаются незначительно и варьируются в довольно узких пределах.

Массовая доля влаги для песочного полуфабриката в стандартах не прописана, делается оговорка «в соответствии с рецептурами с учетом допускаемых отклонений». Поэтому данный показатель также определялся органолептически по личностным ощущениям дегустаторов и по методике согласно ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ.

Массовая доля влаги в образце с добавлением талкана овсяного и порошка плодов шиповника по сравнению с контрольным образцом увеличилась на 2,1%. Данное явление можно объяснить тем, что талкан овсяной и порошок плодов шиповника содержат пищевые волокна, обладающие абсорбционной способностью удерживать влагу.

По показателю «щелочность» исследуемые образцы не превышают требований действующей нормативной документации (не более 2 град.).

В целом по результатам проведенных исследований физико-химических показателей качества образца ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка

плодов шиповника (образец № 3) никаких отклонений выявлено не было. С учетом дегустационной оценки и мнений экспертов лучшим и рекомендуемым к внедрению является образец № 3 20%-ной заменой пшеничной муки высшего сорта талканом овсяным (15%) и порошком плодов шиповника (5%).

По результатам изучения литературных источников установлено, что при хранении мучного кондитерского изделия снижение его качества происходит из-за окислительных процессов. Согласно СанПин 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов» срок годности для изделий из творога составляет 24 ч. С учетом данного срока было проведено исследование, в ходе которого это было подтверждено. На вторые сутки при хранении изделия повышаются его крошливость и кислотность у творожной начинки. Кроме этого, творожная начинка становится более сухой, а у изделия повышается влажность. Таким образом, рекомендуемый срок годности у ватрушки «Королевская» с использованием талкана овсяного и порошка плодов шиповника составляет 24 ч.

Выводы

1. Исследования показали, что по результатам органолептической оценки качества ватрушки «Королевская» с использованием 15% талкана овсяного и 5% порошка плодов шиповника оптимальным был признан образец № 3.
2. Исследование физико-химических показателей разработанного образца печенья овсяного диетического (образец № 3) показало, что массовая доля влаги составила 21,4%, щелочность – 1,4 град. Полученные результаты находятся в пределах, допустимых действующим стандартом.
3. В связи с ухудшением органолептических показателей качества на 2 день хранения, рекомендуемым сроком годности является 24 ч при соблюдении условий хранения (температура не выше 22°C и относительная влажность воздуха не менее 75%; хранение в упакованном виде).

Список источников

1. Обоснование использования овсяной муки и дикорастущего плодово-ягодного сырья в технологии бисквитов / А. Е. Ковалева, Х. Ся, Е. И. Быковская // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания: сборник научных статей материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 12 апреля 2019 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 158-163.
2. Оценка показателей качества хлеба пшеничного, обогащенного вторичным яблочным сыром / А. Е. Ковалева, Э. А. Пьяникова, Е. Д. Ткачева, А. С. Рязанцева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 3(85). С. 200-207.
3. Пищевая ценность продуктов из шиповника / Г.Н. Дубцова, И.У. Кусова, И.К. Куницына // Вопросы питания. 2018. №5.
4. Толстова Е. Г. Исследование влияния состава химических разрыхлителей на щелочность мучных кондитерских изделий // Пищевая индустрия. 2015. № 3(25). С. 36-38.
5. Antifungal Capacity of Poolish-Type Sourdough Supplemented with *Lactiplantibacillus plantarum* and Its Aqueous Extracts In Vitro and Bread / R.H. Hernández-Figueroa, E. Mani-López, A. López-Malo // Antibiotics. 2022. Vol. 11 (12). P. 1813.
6. Baked products enriched with grain and seeds sprouts / R.H. Hernández-Figueroa, E. Mani-López, A. López-Malo // Food and Humanity. 2024. Vol. 3. P. 100426.
7. General Over View of Composition, Use in Human Nutrition, Process of Sprouting, Change in Composition During Sprouting, Parameters Affecting Nutritional Quality During Sprouting, Benefits of Sprouts, Nutritional Value and Food Safety Issues of Cereals / J. Duhan, N. Kumari, M. Singh, B. Garg // Advances in Plant Sprouts, Springer International Publishing. 2023. Pp. 1-28.

8. Nutritional composition and physicochemical properties of oat flour sieving fractions with different particle size / Y. Gu, X. Qian, B. Sun, S. Ma, X. Tian, X. Wang // *Lebensm. Wiss. Technol.* 2022. Vol. 154. P. 112757.
9. Road to a bite of rosehip: A comprehensive review of bioactive compounds, biological activities, and industrial applications of fruits / Meichun Zhou, Yanlin Sun, Le Luo, Huitang Pan, Qixiang Zhang, Chao Yu // *Trends in Food Science & Technology*. 2023. Vol. 136. Pp. 76-91.
10. Sprouted oat as a potential gluten-free ingredient with enhanced nutritional and bioactive properties / N. Aparicio-García, C. Martínez-Villaluenga, J. Frias, E. Peñas // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 338. P. 127972.
11. The effect of bread-making methods on functional and quality characteristics of oat bran blended bread / M. Saka, B. Özkaya, İ. Saka // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2021. Vol. 26. P. 100439.
12. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species / N. Koczka, É. Stefanovits-Bányai, A. Ombódi // *Medicines*, 2018. Vol. 5. P. 1234.

References

1. Justification of the use of oatmeal and wild fruit and berry raw materials in biscuit technology. A. E. Kovaleva, H. Xia, E. I. Bykovskaya. Problems of competitiveness of consumer goods and foodstuffs: collection of scientific articles proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kursk, April 12, 2019. Kursk: Southwestern State University, 2019, pp. 158-163.
2. Evaluation of quality indicators of wheat bread enriched with secondary apple raw materials. A. E. Kovaleva, E. A. Pyanikova, E. D. Tkacheva, A. S. Ryazantseva. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2020, vol. 82, no. 3 (85), pp. 200-207.
3. Nutritional value of rosehip products. G.N. Dubtsova, I.U. Kusova, I.K. Kunitsyna. Nutrition issues, 2018, no. 5.
4. Tolstova E. G. Investigation of the effect of chemical leavening agents on the purity of flour confectionery. Food industry, 2015, no. 3 (25), pp. 36-38.
5. Antifungal Capacity of Poolish-Type Sourdough Supplemented with *Lactiplantibacillus plantarum* and Its Aqueous Extracts In Vitro and Bread. R.H. Hernández-Figueroa, E. Mani-López, A. López-Malo. Antibiotics, 2022, Vol. 11 (12), p. 1813.
6. Baked products enriched with grain and seeds sprouts. R.H. Hernández-Figueroa, E. Mani-López, A. López-Malo. Food and Humanity, 2024, vol. 3, p. 100426.
7. General Over View of Composition, Use in Human Nutrition, Process of Sprouting, Change in Composition During Sprouting, Parameters Affecting Nutritional Quality During Sprouting, Benefits of Sprouts, Nutritional Value and Food Safety Issues of Cereals. J. Duhan, N. Kumari, M. Singh, B. Garg. Advances in Plant Sprouts, Springer International Publishing, 2023, pp. 1-28.
8. Nutritional composition and physicochemical properties of oat flour sieving fractions with different particle size. Y. Gu, X. Qian, B. Sun, S. Ma, X. Tian, X. Wang. Lebensm. Wiss. Technol., 2022, vol. 154, p. 112757.
9. Road to a bite of rosehip: A comprehensive review of bioactive compounds, biological activities, and industrial applications of fruits. Meichun Zhou, Yanlin Sun, Le Luo, Huitang Pan, Qixiang Zhang, Chao Yu. Trends in Food Science & Technology, 2023, vol. 136, pp. 76-91.
10. Sprouted oat as a potential gluten-free ingredient with enhanced nutritional and bioactive properties. N. Aparicio-García, C. Martínez-Villaluenga, J. Frias, E. Peñas. Food Chemistry, 2021, vol. 338, p. 127972.
11. The effect of bread-making methods on functional and quality characteristics of oat bran blended bread. M. Saka, B. Özkaya, İ. Saka. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2021, vol. 26, p. 100439.
12. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species. N. Koczka, É. Stefanovits-Bányai, A. Ombódi. Medicines, 2018, vol. 5, p. 1234.

Информация об авторах

Э.А. Пьяникова – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой товароведения, технологии и экспертизы товаров;

А.Е. Ковалева – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров;

О.В. Евдокимова – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры анатомии, физиологии и хирургии;

А.Е. Павлова – студент;

Д.А. Ковалева – студент.

Information about the authors

E.A. Pyanikova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

A.E. Kovaleva – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

O.V. Evdokimova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Surgery;

A.E. Pavlova – Student;

D.A. Kovaleva – Student.

Научная статья

УДК 664.7

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-112-121

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН КИНОА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

Роднищев Сергей Владимирович¹, Шахов Сергей Васильевич^{2✉},
Дмитриев Дмитрий Владимирович³, Глотова Ирина Анатольевна⁴

^{1,2}Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, Россия,
Воронежская область, г. Воронеж, пр-т Революции, д. 19

³Научно-производственное объединение Квиноа Центр, 352216, Россия,
Краснодарский край, Новокубанский район, хутор Кирова, ул. Мира, д. 1/4

⁴Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1

¹sergey.2587@yandex.ru

²s_shahov@mail.ru✉

³rosagro.kr@yandex.ru

⁴glotova-irina@yandex.ru

Аннотация. Псевдозерновые культуры отличаются высокой адаптивностью к условиям рискованного земледелия и обладают ценным химическим составом, что делает их перспективными источниками функционального питания. Актуальной задачей является определение физико-химических характеристик семян киноа сортов отечественной селекции в зависимости от их влажности, так как они являются факторами, от которых зависят режимы послеуборочной обработки, хранения и переработки семян киноа. Решение поставленной задачи является важным этапом научно-технического обеспечения создания импортозамещающих технологических линий переработки семян киноа. В работе исследованы физико-механические свойства семян киноа сорта «Баруша» отечественной селекции, произведённых ООО «КВИНОА ЦЕНТР» (урожай 2024 г.). Экспериментально установлены зависимости плотности, насыпной плотности, коэффициента плотности укладки, углов естественного откоса и порозности слоя семян киноа от их влажности в диапазоне 8-24%. Показано, что с увеличением влажности семян киноа истинная плотность повышается с 990 до 1062 кг/м³. Насыпная плотность и коэффициент плотности укладки снижаются с 805 до 725 кг/м³ и с 0,81 до 0,66 соответственно. Одновременно возрастает угол естественного откоса (статический с 19 до 29 градусов, динамический с 15 до 23 градусов), а также порозность слоя (с 0,19 до 0,34). Результаты имеют практическое значение для обоснования режимов хранения и сушки семян, а также при проектировании транспортирующих и сушильных систем, обеспечивающих высокое качество и хранимостепособность семян киноа и потребительские свойства продуктов их переработки.

Ключевые слова: киноа, плотность, насыпная плотность, угол естественного откоса, влажность, порозность.

Для цитирования: Физико-механические свойства семян киноа отечественной селекции / С.В. Роднищев, С.В. Шахов, Д.В. Дмитриев, И.А. Глотова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 112-121. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-112-121>.

Права: © С.В. Роднищев, С.В. Шахов, Д.В. Дмитриев, И.А. Глотова (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DOMESTIC-BREED QUINOA SEEDS

Sergey V. Rodnishchev¹, Sergey V. Shakhov^{2✉}, Dmitriy V. Dmitriev³, Irina A. Glotova⁴

^{1,2}Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolution Ave., Voronezh,
Voronezh region, 394036, Russia

³Scientific and Production Association Quinoa Center, 1/4, Mira St., Kirov farm,

Novokubansk district, Krasnodar Krai, 352216, Russia

⁴Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 1 Michurina Str., Voronezh, Voronezh region, 394087, Russia

¹sergey.2587@yandex.ru

²s_shahov@mail.ru✉

³rosagro.kr@yandex.ru

⁴glotova-irina@yandex.ru

Abstract: *Pseudocereal crops are highly adaptable to risky farming conditions and possess a valuable chemical composition, making them promising sources of functional nutrition. A pressing issue is determining the physicochemical characteristics of domestically bred quinoa seeds depending on their moisture content, as these factors influence post-harvest handling, storage, and processing of quinoa seeds. Solving this problem is an important step in the scientific and technical support for the creation of import-substituting technological lines for quinoa seed processing. This study investigated the physicomachanical properties of domestically bred Barusha quinoa seeds produced by KVINOА CENTER LLC (2024 harvest). The dependences of density, bulk density, packing density coefficient, angles of repose, and porosity of the quinoa seed layer on their moisture content in the range of 8-24% were experimentally established. It was shown that with increasing quinoa seed moisture, the true density increases from 990 to 1062 kg/m³. Bulk density and packing density coefficient decrease from 805 to 725 kg/m³ and from 0.81 to 0.66, respectively. At the same time, the angle of repose increases (static from 19 to 29 degrees, dynamic from 15 to 23 degrees), as does the layer porosity (from 0.19 to 0.34). The results have practical significance for substantiating seed storage and drying regimes, as well as for designing transport and drying systems that ensure high quality and shelf-life of quinoa seeds and the consumer properties of their processed products.*

Key words: quinoa, physical and mechanical properties, density, bulk density, angle of repose, moisture, porosity.

For citation: *Physical and mechanical properties of domestic-breed quinoa seeds. S.V. Rodnishchev, S.V. Shakhov, D.V. Dmitriev, I.A. Glotova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 112-121. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-112-121>.*

Copyright: © S.V. Rodnishchev, S.V. Shakhov, D.V. Dmitriev, I. Glotova (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Введение

Современное развитие агропромышленного комплекса требует внедрения энергоэффективных и интеллектуальных технологий переработки сельскохозяйственного сырья, в частности процессов сушки дисперсных продуктов. К числу таких продуктов относятся зерновые, зернобобовые и масличные культуры, которые необходимо доводить до кондиционной влажности на этапе послеуборочной обработки [1, 2, 4]. Особое внимание в последние годы уделяется псевдозерновым культурам, таким как амарант и киноа, отличающимся высокой адаптивностью к условиям рискованного земледелия и обладающим ценным химическим составом, что делает их перспективными источниками функционального питания. С 2009 года в России ведётся селекционная работа по культуре киноа (*Chenopodium quinoa*), а с 2017 года она официально включена в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ. Создание отечественных сортов киноа, таких как «Кади», «Баруша» и «Сева», адаптированных к климатическим условиям южных регионов, позволило сформировать базу для развития полного цикла производства – от выращивания до глубокой переработки [9].

Одним из ключевых этапов технологической цепочки переработки киноа является процесс сушки семян, который существенно влияет на качество готового продукта. Конвективная сушка, основанная на циркуляции подогретого воздуха, остаётся наиболее распространённым способом снижения влажности зерновых и псевдозерновых материалов. Однако эффективность процесса во многом зависит от выбора оптимальных режимов и конструктивных параметров оборудования [10].

Ряд исследований [3, 13] показал, что традиционные сушильные установки обладают значительными энергетическими потерями и не всегда обеспечивают равномерное распреде-

ление температуры и влажности по объёму сушильной камеры. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка новых типов сушильных установок, таких как барабанные сушилки с канальными насадками, обеспечивающих более рациональное использование теплоносителя и сокращение времени сушки.

Дополнительное направление совершенствования процессов – это применение методов вычислительного эксперимента и автоматизированного проектирования. Создание специализированного программного обеспечения, предназначенного для моделирования тепломассообменных процессов и визуализации результатов расчётов, позволяет проводить оптимизацию режимов сушки и адаптировать оборудование под конкретные свойства обрабатываемого материала [12].

Таким образом, актуальной задачей является разработка и внедрение автоматизированных систем проектирования, обеспечивающих моделирование и анализ тепломассообменных процессов при сушке пищевых дисперсных продуктов, в частности семян киноа отечественной селекции, с учётом особенностей их физико-химических свойств и динамики удаления влаги.

С киноа отечественная селекционная работа была начата лишь в 2009 г. В 2017 году Министерство сельского хозяйства РФ включило культуру киноа в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию в России (в реестре обозначено как «квиноа»). Для получения высокобелковых продуктов переработки киноа с низким гликемическим индексом в виде крупы, муки и хлопьев предлагается использовать отечественные сорта киноа селекции ООО «КВИНОА ЦЕНТР», г. Краснодар: «Кади» (код сорта 8355387); «Баруша» (код сорта 8355386); «Сева» (код сорта 8355385).

Ранее нами была разработана структура импортозамещающей технологической линии переработки киноа [11] и оптимизированы условия сушки семян киноа в барабанной сушилке [10]. Однако для реализации режимов хранения и сушки семян киноа на разных этапах технологического цикла послеуборочной обработки (см. рис. 1) необходимо использование системы транспортеров, учитывающих физико-механические характеристики семян киноа. Сведения о физико-механических свойствах семян киноа с учетом их влажности необходимы для проектирования участков очистки исходных семян киноа от сорных и зерновых примесей (поз. 1-7), сушки очищенных от примесей семян киноа в барабанной сушилке и передаче их в бункер для хранения (поз. 8-10). Также они учитываются при объединении единиц технологического оборудования в линию с помощью транспортирующих устройств.

Авторами [10] были исследованы физико-химические свойства семян киноа, полученных в Исследовательском отделе семеноводства колледжа пищевых технологий, Парбхани, штат Махараштра, Индия, при фиксированной влажности семян 9,8%.

Имеющиеся в литературе сведения о физико-механических свойствах семян киноа в зависимости от их влажности относятся к семенам киноа, произрастающим в Аргентине [20] и семенам киноа с генотипами индийской селекции [18].

Цель исследований – изучение физико-механических свойств семян киноа отечественной селекции в качестве этапа научно-технического обеспечения процессов их послеуборочной обработки, хранения и многоцелевой переработки на основе импортозамещающих технологий.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служили семена киноа сорта «Баруша», произведенные ООО «КВИНОА ЦЕНТР», Краснодарский край, урожай 2024 г.

Предмет исследования – физико-механические свойства семян киноа (плотность, насыпная плотность, коэффициент плотности укладки, статический и динамический углы естественного откоса, порозность) на этапе послеуборочной обработки.

Исследования были проведены в период с августа по октябрь 2024 г. на лабораторной базе кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

Плотность семян киноа определяли методом гидростатического взвешивания в соответствии с рекомендациями [6].

Для определения насыпной плотности использовали рекомендации ГОСТ 10840-2017 «Зерно. Метод определения натурности».

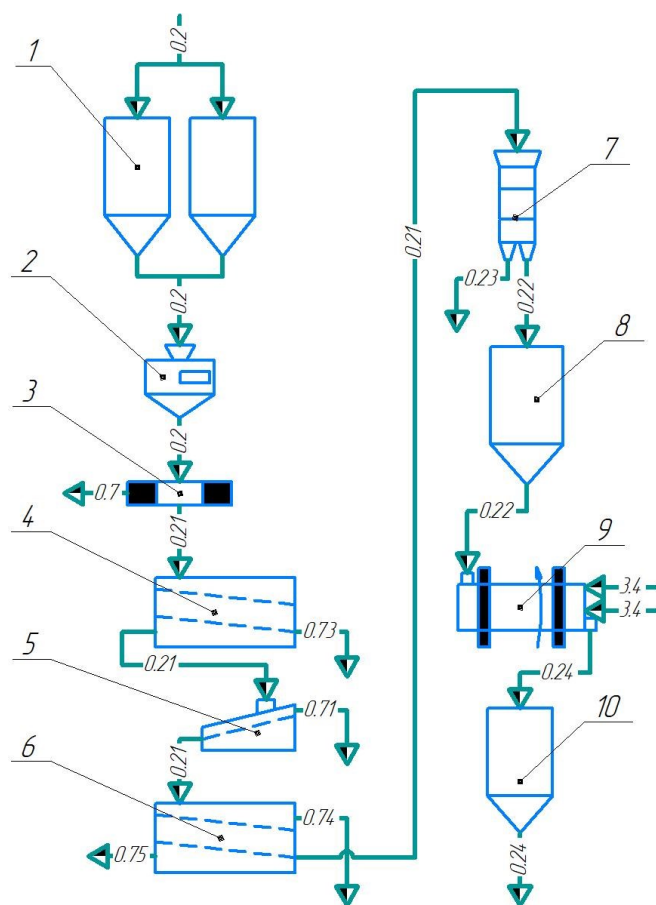


Рисунок 1. Схема послеуборочной обработки семян киноа для достижения кондиционных значений влажности с использованием барабанной сушилки: 1 – приемный бункер;

2 – автоматические весы; 3 – магнитный сепаратор; 4 – воздушно-ситовый сепаратор для удаления легких примесей; 5 – камнеотборник; 6 – воздушно-ситовый сепаратор для удаления крупных и мелких примесей; 7 – фотосепаратор; 8 – промежуточный бункер;

9 – барабанная сушилка; 10 – бункер для хранения высушенных семян; потоки семян киноа: исходные 0.2; очищенные 0.21; сортовые 0.22; несортные 0.23; высушенные 0.24; потоки примесей: ферромагнитные 0.7; мелкие 0.75; поток теплоносителя (воздух) 3.4

Насыпную плотность определяли с помощью мерной емкости с падающим грузом, которая имела номинальную вместимость 1 дм³ с последующим измерением массы груза взвешиванием на весах при температуре окружающего воздуха (293 ± 1,5) К.. Расчет выполняли по формуле

$$\rho_n = \frac{G}{V}, \quad (1)$$

где ρ_n – насыпная плотность, кг/м³; G – масса образца, кг; V – объем образца (0,001 м³).

Для определения статического и динамического угла естественного откоса использовали [7, 8].

Для определения коэффициента плотности укладки частиц сыпучего материала на примере семян киноа и порозности слоя семян киноа пользовались рекомендациями [1].

Коэффициент плотности укладки семян киноа, численно равный отношению насыпной плотности к средней плотности семян киноа, определяли по формуле

$$K = \frac{\rho_n}{\rho}, \quad (2)$$

где ρ_n – насыпная плотность слоя, кг/м³; ρ – средняя плотность семени, кг/м³.

Порозность слоя, определяемую как отношение объема пор сыпучего продукта к объему слоя продукта в естественном состоянии, рассчитывали по формуле

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_n}{\rho}$$

где ρ_n – насыпная плотность слоя, кг/м³; ρ – средняя плотность семян, кг/м³.

Результаты исследований и их обсуждение

На физико-механические свойства семян киноа (*Chenopodium quinoa*) влияют генетические, агротехнические и технологические факторы. Эти факторы определяют состав белка и крахмала, структуру белка и крахмала, а также другие характеристики семян [5].

Рассматривая генетические факторы, следует отметить, что сорта киноа отличаются вариативностью состава, что влияет на физико-механические свойства семян. Например, в условиях холодного климата наблюдается тесная взаимосвязь между максимальной вязкостью, разрушением и задержкой роста.

Температура окружающей среды в качестве агротехнического фактора влияет на состав белка и крахмала, вторичную структуру белка и структурную конформацию крахмала.

Засуха ускоряет созревание зерна, вызывает усиленный приток растворимых азотистых веществ к созревающему зерну, но приток углеводов более затруднен (высокая температура снижает фотосинтез).

Высокая влажность в период налива зерна затягивает созревание, в зерновки поступает больше углеводистых веществ, вследствие чего повышается содержание крахмала, а накопление белков снижается.

Сыпучие материалы представляют собой сложный объект для изучения их физико-механических свойств, так как «обладают свойствами как жидкости, так и твердого тела» [15].

Плотность сыпучих продуктов семеноводства зависит от качественного и количественного состава биополимеров, особенностей морфологического строения, массовой доли влаги и форм ее связи влаги с материалом [2]. Из перечня параметров приоритетное значение при определении оптимальных режимов сушки и выборе рациональной конструкции элементов сушильной установки имеет влажность семян [19].

В связи с этим, исследовали влияние влажности семян киноа на их плотность (см. рис. 2а). Анализ графической зависимости показывает, что при увеличении влажности истинная плотность семени киноа увеличивается, так как вода заполняет внутриклеточные полости, причем данная зависимость имеет характер, близкий к линейному.

Близкий к прямолинейному характер имеет зависимость насыпной плотности семян киноа от их влажности (см. рис. 2б), откуда видно, что при повышении влажности насыпная плотность семян уменьшается, так как семена киноа набухают и упаковка семян в насыпи становится более рыхлой. Таким образом, влага оказывает влияние на морфологическое строение семени киноа и, как следствие, приводит к увеличению промежутков между семенами в заданном объеме при измерении показателя.

Коэффициент плотности укладки семян киноа, аналогично насыпной плотности, уменьшается с увеличением их влажности (см. рис. 2в). В диапазоне значений влажности W^c от 8 до 24% на данный параметр сыпучих продуктов оказывает влияние способ загрузки, коэффициент внешнего трения и форма частиц. При влиянии статических и динамических нагрузок на агрегат продукт, присутствующий в нем, уплотняется.

Из графика зависимости порозности слоя семян киноа ε от влажности W^c можно сделать вывод о том, что порозность слоя семян киноа ε изменяется в сторону увеличения от 0,19 до 0,34 при увеличении влажности W^c от 8 до 24% (см. рис. 2г). При этом порозность слоя в большей степени зависит от шероховатости, формы частиц и фракционного состава продукта.

Угол естественного откоса характеризует угол между свободной поверхностью дисперсного продукта и горизонтальной плоскостью, при котором дисперсный продукт спосо-

бен сохранять предельное равновесие [16]. Основное влияние на величину угла естественного откоса продуктов оказывает их дисперсность, т.е. размер частиц, их неоднородность, внутренние трения между частицами, которые зависят от геометрической формы и характера частиц продукта, а также его влажности.

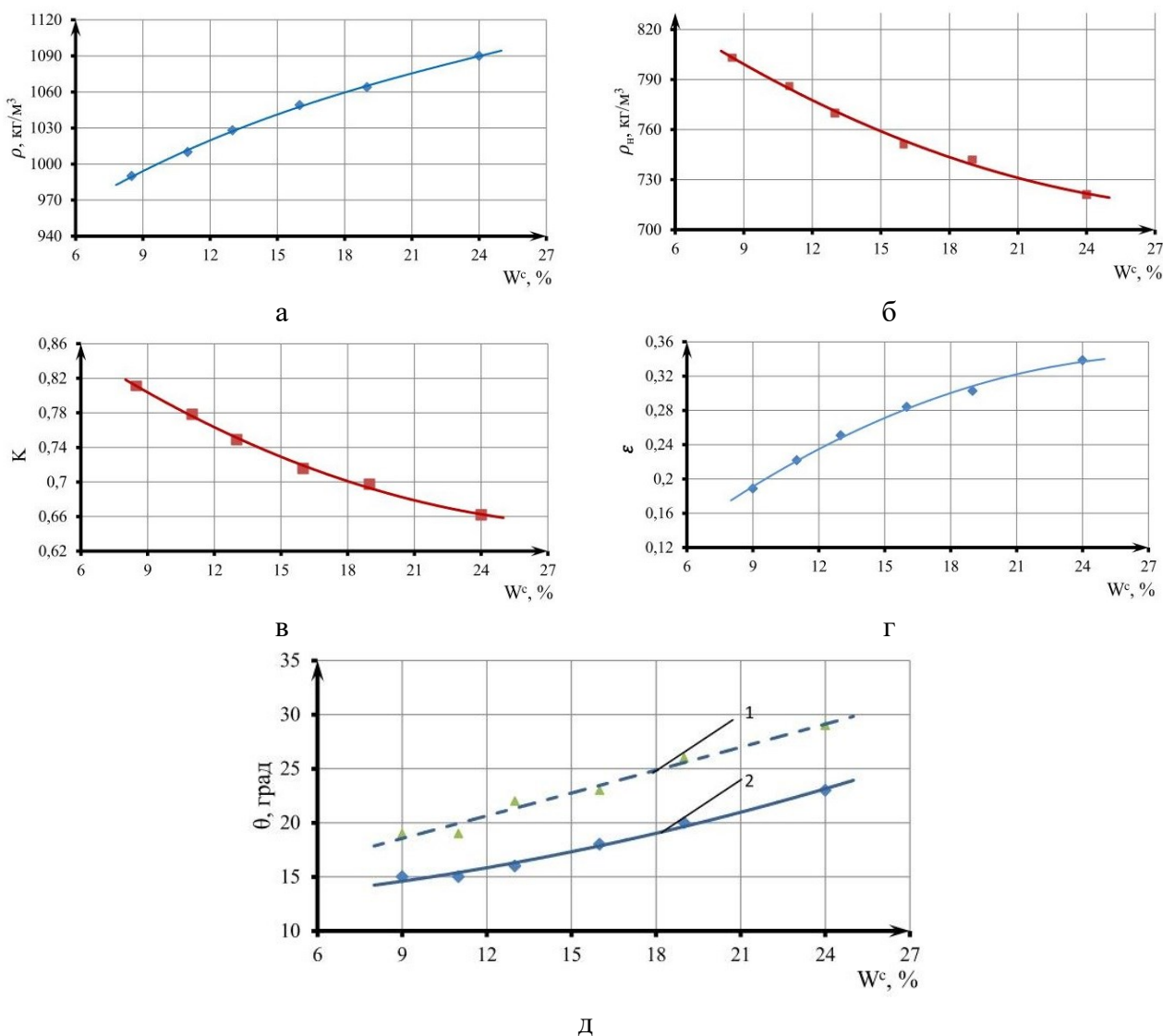


Рисунок 2. Влияние влажности семян киноа (W^c , %) на их физико-механические показатели: а – плотность (ρ , кг/м³); б – насыпную плотность (ρ_n , кг/м³); в – коэффициента плотности укладки (K); г – порозность слоя (ε); д – статический (1) и динамический (2) угол естественного откоса семян киноа (θ , град)

Из рис. 2д видно, что на угол естественного откоса семян киноа воздействует влажность, с увеличением которой растет угол естественного откоса. Это возникает из-за влияния молекулярных сил притяжения пленки жидкости, расположенной на поверхности каждого семени киноа. Статический угол естественного откоса семян киноа (кривая 1) находится в пределах от 19 до 29°, при этом влажность W^c составляла от 8 до 24%, а динамический угол естественного откоса (кривая 2) – от 14 до 23°.

Установленная зависимость угла естественного откоса семян киноа от их влажности является фактором, оказывающим существенное влияние на конструкцию сушильных аппаратов для эффективной реализации процесса их управляемой дегидратации, что согласуется с данными [14].

В табл. 1 представлены значения физико-химических показателей отечественных и зарубежных сортов киноа, которые сведены по опубликованным диапазонам или точкам измерений в разных работах и при разных значениях влажности [17, 18, 20].

Таблица 1. Типичные диапазоны физико-химических показателей образцов киноа отечественного и зарубежных генотипов

Показатели	Генотипы киноа			
	отечественный	зарубежные		
		Аргентина [20]	Индия [18] *ЕС-507793 **ЕС-411824	Индия [17]
Диапазон влажности, %	8-24	4,6-25,8	5-25	9,8±0,70
Истинная плотность, кг/м ³	990-1062	928-1188	*993-1166 **984-1097	873,6±0,50
Порозность	0,19-0,34	0,19-0,44	-	0,31
Статический угол естественного откоса, градусов	19-29	18-25	-	34,1±0,33

Сравнительная оценка типичных диапазонов физико-химических показателей образцов киноа зарубежных и отечественных генотипов показывает хорошую сходимость результатов исследований. Однако, следует отметить, что прямое сравнение корректнее проводить при близкой влажности образцов.

Выводы

1. Повышение влажности семян киноа сорта «Баруша» в диапазоне 8-24% приводит к повышению их истинной и к снижению их насыпной плотности с 990 до 1062 кг/м³ и с 805 до 720 кг/м³ соответственно, что обусловлено заполнением водой внутриклеточных полостей, с одной стороны, и изменением морфологического строения и характера межчастичных взаимодействий, с другой.

2. С увеличением влажности с 8 до 24% уменьшается коэффициент плотности укладки с 0,81 до 0,66, что отражает снижение компактности сыпучего материала.

3. Угол естественного откоса возрастает при повышении влажности с 8 до 24% вследствие усиления межчастичных взаимодействий и увеличения устойчивости насыпи, при этом статический угол откоса повышается с 19 до 29 градусов, динамический – с 15 до 23 градусов.

4. Пористость слоя семян возрастает от 0,19 до 0,34 с ростом влажности в диапазоне 8-24%, что связано с изменением структуры и увеличением межзерновых промежутков.

5. Диапазоны истинной плотности и угла откоса семян киноа российского сорта («Баруша») попадают внутрь или находятся рядом с интервалами, опубликованными для аргентинских генотипов киноа (928-1188 кг/м³); для части индийских образцов при фиксированной влажности отмечен более высокий угол откоса. Основные различия объясняются не только генотипом, но и различиями в условиях и методиках измерений; при приведении к одинаковой влажности и протоколу испытаний расхождения, вероятно, уменьшатся.

6. Установленные закономерности изменений физических и механических характеристик семян киноа при варьировании влажности имеют практическое значение для разработки эффективных технологий послеуборочной обработки, сушки и хранения семян.

7. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании технологических линий и единиц оборудования, учитывающих физико-механические особенности киноа отечественной селекции, что позволит снизить потери и сохранить качество зерна.

Список источников

1. Волошин Е.В. Элеваторы и склады. Оренбург: Оренбургский гос. университет, 2019. 53 с.

2. Жаркова И.М., Сафонова Ю.А., Самохвалов А.А. Исследование влияния параметров обработки зерна амаранта перед помолом на свойства полученной муки // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 4. С. 41–48.
3. Комбинированные аппараты с закрученным потоком теплоносителя для сушки дисперсных материалов / С. Т. Антипов, А. В. Журавлев, Д. А. Казарцев [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 2(2). С. 52–59.
4. Купреенко А.И., Кондрашова О.Н., Свиридов И.Г. Технология мокрого шелушения семян сои и люпина // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. № 3 (23). С. 118–121.
5. Орлова Т. В., Айдер М. Крахмал зерна квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd.): состав, морфология и физико-химические свойства // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 1. С. 98–112.
6. Патент № 2629910 С1 Российская Федерация, МПК G01N 9/08. Способ гидростатического взвешивания твёрдых тел : № 2016132721 : заявл. 08.08.2016 : опубл. 04.09.2017 / В. Н. Мироненко, В. В. Васенев ; заявитель Открытое акционерное общество «Композит» (ОАО «Композит»).
7. Патент на полезную модель № 187226 U1 Российская Федерация, МПК G01B 5/24, G01N 33/24, G01N 19/00. Устройство для измерения угла естественного откоса сыпучего материала : № 2018137328 : заявл. 22.10.2018 : опубл. 25.02.2019 / Л. А. Вайсберг, Т. М. Балдаева, А. М. Герасимов [и др.] ; заявитель Научно-производственная корпорация «Механобр-техника» (Акционерное общество).
8. Патент № 2748565 С9 Российская Федерация, МПК G01B 5/24, G01N 33/24. Прибор для определения угла естественного откоса сыпучего материала : № 2020121893 : заявл. 26.06.2020 : опубл. 26.05.2023 / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин, К. Н. Тишанинов, Х. Д. Д. Альшинаийин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».
9. Перспективы применения киноа российской селекции, выращенной в условиях юга России, для питания военнослужащих / Е. В. Леушкина, Л. В. Донченко, Т. Н. Садовая [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024. № 4. С. 17–24.
10. Роднищев С.В. и др. Оптимизация режимов сушки семян киноа в барабанной сушилке с канальной насадкой / С.В. Роднищев, Д.В. Дмитриев, И.А. Бакин, С.В. Шахов, И.А. Глотова, А.С. Муравьев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2025. Т.87. № 2. С. 101–111.
11. Роднищев С.В. и др. Обработка семян киноа с использованием традиционных и инновационных технологий и их техническое обеспечение / С.В. Роднищев, Д.В. Дмитриев, И.А. Глотова, С.В. Шахов // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2025. № 6.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617922 Российская Федерация. Моделирование процесса сушки дисперсных продуктов в барабанной сушилке с канальной насадкой : заявл. 21.03.2025 : опубл. 31.03.2025 / С. В. Роднищев, С. В. Шахов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий».
13. Совершенствование конструкций барабанных сушилок / Р. Р. Мухаметзянов, Р. И. Мурзабулатова, С. Х. Бирдибеков, С. В. Лапонов // Естественные и технические науки. 2024. № 11(198). С. 257–259.
14. Субботин М. Ю. Влияние зависимости угла естественного откоса сыпучего материала от его влажности на конструкцию сушильных аппаратов // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 1(92). С. 39–45.

15. Федосеев В.Б., Гордеева А.Б. Боковой коэффициент и давление в пристеночной насыпи сыпучего материала // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. № 2(156). С. 58-60.
16. Федосеев В.Б., Кунаков В.С. Угол естественного откоса идеального сыпучего материала // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2008. № 1(143). С. 69-71.
17. Gaikwad K.K. et al. Studies physico-chemical properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) seed / K.K. Gaikwad, V.S. Pawar, A.B. Shingote, E.M. Shinde // The Pharma Innovation Journal. 2021. Vol. 10(6). Pp. 642-645.
18. Jan K.N., Panesar P.S., Singh S. Effect of moisture content on the physical and mechanical properties of quinoa seeds. *International Agrophysics*. 2019. Vol. 33(1). Pp. 41–48.
19. Muyonga J. H., Andabati B., Ssepuuya G. Effect of heat processing on selected grain amaranth physicochemical properties // *Food Science and Nutrition*. 2014. Vol. 2. No. 1. Pp. 9–16.
20. Vilche C., Gely M., Santalla E. Physical Properties of Quinoa Seeds. *Biosystems Engineering*. 2003. Vol. 86(1). Pp. 59–65.

References

1. Voloshin E.V. Elevators and warehouses. Orenburg: Orenburg State University. University, 2019. 53 p.
2. Zharkova I.M., Safonova Yu.A., Samokhvalov A.A. Investigation of the effect of amaranth grain processing parameters before grinding on the properties of the resulting flour. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, vol. 80, no. 4, pp. 41-48.
3. Combined apparatuses with a swirling coolant flow for drying various materials. S. T. Antipov, A.V. Zhuravlev, D. A. Kazartsev [et al.]. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, 2014, no. 2(2), pp. 52-59.
4. Kupreenko A.I., Kondrashova O.N., Sviridov I.G. Technology of wet peeling of soybean and lupine seeds. *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry*, 2016, no. 3 (23), pp. 118-121.
5. Orlova T. V., Ayder M. Starch of quinoa grain (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, morphology and physico-chemical properties. *Machinery and technology of food production*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 98-112.
6. Patent No. 2629910 C1 Russian Federation, IPC G01N 9/08. Method of hydrostatic weighing of solids: No. 2016132721 : application 08.08.2016: published 04.09.2017. V. N. Mironenko, V. V. Vasenev; applicant Open Joint Stock Company «Composite» (JSC «Composite»).
7. Utility Model Patent No. 187226 U1 Russian Federation, IPC G01B 5/24, G01N 33/24, G01N 19/00. Device for measuring the angle of natural slope of bulk material : No. 2018137328 : application 22.10.2018 : published 25.02.2019. L. A. Vaisberg, T. M. Baldaeva, A.M. Gerasimov [et al.] ; applicant Scientific and Production Corporation «Mekhanobr-tekhnika» (Joint Stock Company).
8. Patent No. 2748565 C9 Russian Federation, IPC G01B 5/24, G01N 33/24. Device for determining the angle of natural slope of bulk material : No. 2020121893 : application 26.06.2020 : published 26.05.2023. N. P. Tishaninov, A.V. Anashkin, K. N. Tishaninov, H. D. D. Alshinayin ; applicant Federal State Budgetary Scientific The All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture.
9. Prospects for the use of Russian–bred quinoa grown in the south of Russia for nutrition of military personnel. E. V. Leushkina, L. V. Donchenko, T. N. Sadovaya [et al.]. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex - healthy food products*, 2024, no. 4, pp. 17-24.
10. Rodnishchev S.V. et al. Optimization of quinoa seed drying modes in a drum dryer with a channel nozzle. S.V. Rodnishchev, D.V. Dmitriev, I.A. Bakin, S.V. Shakhov, I.A. Glotova, A.S. Muravyev. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2025, vol. 87, no. 2, pp. 101-111.

11. Rodnishchev S.V. et al. Processing of quinoa seeds using traditional and innovative technologies and their technical support. S.V. Rodnishchev, D.V. Dmitriev, I.A. Glotova, S.V. Shakhov. FES: Finance. Economy. Strategy, 2025, no. 6.
12. Certificate of state registration of the computer program No. 2025617922 Russian Federation. Modeling of the drying process of dispersed products in a drum dryer with a duct nozzle : application 21.03.2025 : published 31.03.2025. S. V. Rodnishchev, S. V. Shakhov ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Engineering Technologies».
13. Improving the designs of drum dryers. R. R. Mukhametzyanov, R. I. Murzabulatova, S. H. Birdibekov, S. V. Laponov. Natural and technical Sciences, 2024, no. 11(198), pp. 257-259.
14. Subbotin M. Y. The influence of the dependence of the angle of natural slope of bulk material on its humidity on the design of drying apparatus. Bulletin of Zabaikalsky State University, 2013, no. 1(92), pp. 39-45.
15. Fedoseev V.B., Gordeeva A.B. Lateral coefficient and pressure in the bulk material wall mound. News of higher educational institutions. The North Caucasian region. Series: Natural Sciences, 2010, no. 2(156), pp. 58-60.
16. Fedoseev V.B., Kunakov V.S. Angle of natural slope of ideal bulk material. News of higher educational institutions. The North Caucasus region. Series: Natural Sciences, 2008, no. 1(143), pp. 69-71.
17. Gaikwad K.K. et al. Studies physico-chemical properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) seed. K.K. Gaikwad, V.S. Pawar, A.B. Shingote, E.M. Shinde. The Pharma Innovation Journal, 2021, vol. 10(6), pp. 642-645.
18. Jan K.N., Panesar P.S., Singh S. Effect of moisture content on the physical and mechanical properties of quinoa seeds. International Agrophysics, 2019, vol. 33(1), pp. 41–48.
19. Muyonga J. H., Andabati B., Ssepuuya G. Effect of heat processing on selected grain amaranth physicochemical properties. Food Science and Nutrition, 2014, vol. 2, no. 1, pp. 9–16.
20. Vilche C., Gely M., Santalla E. Physical Properties of Quinoa Seeds. Biosystems Engineering, 2003, vol. 86(1), pp. 59–65.

Информация об авторах

С.В. Роднищев – аспирант;

С.В. Шахов – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств;

Д.В. Дмитриев – учредитель;

И.А. Глотова – доктор технических наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

S.V. Rodnishchev – Postgraduate Student;

S.V. Shakhov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Production Machines and Apparatuses;

D.V. Dmitriev – Founder;

I.A. Glotova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 663.2

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-122-131

ДРЕВЕСИНА ПЛОДОВЫХ ПОРОД КАК ИНСТРУМЕНТ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСТИЛЛЯТОВ

Четвериков Владимир Иванович¹, Уразов Алексей Владимирович²,
Рожнов Евгений Дмитриевич³✉, Захаров Вячеслав Леонидович⁴

^{1,3}Уральский государственный экономический университет, 620000, Россия,
Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62

² Бийский технологический институт (филиал) Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова, 659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск,
ул. Героя Советского Союза Трофимова, д. 27

⁴ Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,
Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

^{1,2,3}i@redbti.ru✉

⁴zaxarov7979@mail.ru

Аннотация. Обеспечение технологического суверенитета Российской Федерации в производстве дистиллятов требует поиска альтернатив импортной дубовой клепки, используемой для выдержки. Одним из перспективных направлений является использование древесины локальных плодовых пород. Цель работы: комплексная оценка потенциала древесины отечественных плодовых деревьев (вишни, сливы, алычи, яблони, груши) как инструмента для ускоренной выдержки дистиллятов и снижения импортозависимости. Моделирование процесса выдержки проводили в течение 3 месяцев на спирте-ректификате (50% об.) с чипсами из изученных пород и дуба (контроль). Использовали спектрофотометрические методы (общие фенолы, дубильные вещества, цветность CIELab, антиоксидантная активность ABTS) и органолептический анализ. Установлено, что древесина вишни по эффективности экстракции биоактивных веществ наиболее близка к дубу: содержание общих фенолов составило 345 ± 11 и 412 ± 12 мг GAE/л, а антиоксидантная активность – $3,12 \pm 0,09$ и $3,45 \pm 0,10$ ммоль ТЕАС/л соответственно. Выявлены уникальные органолептические профили: вишня придает тона миндаля и сухофруктов, слива и алыча – фруктовые тона, яблоня и груша – нежные цветочные оттенки. Обнаружена сильная корреляция между содержанием фенолов и антиоксидантной активностью ($R^2 = 0,94$). Древесина отечественных плодовых пород является эффективной альтернативой дубу для производства дистиллятов с уникальными свойствами, что способствует обеспечению технологического суверенитета РФ.

Ключевые слова: древесина плодовых деревьев, технологический суверенитет, дистилляты, выдержка, качество напитка.

Для цитирования: Древесина плодовых пород как инструмент импортозамещения в производстве дистиллятов / В.И. Четвериков, А.В. Уразов, Е.Д. Рожнов, В.Л. Захаров // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 122-131. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-122-131>.

Права: © В.И. Четвериков, А.В. Уразов, Е.Д. Рожнов, В.Л. Захаров (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

FRUITWOOD AS AN IMPORT SUBSTITUTION TOOL IN THE PRODUCTION OF DISTILLATES

Vladimir I. Chetverikov¹, Alexey V. Urazov², Evgeny D. Rozhnov³✉, Vyacheslav L. Zakharov⁴

^{1,3}Ural State University of Economics, 62, 8 March Str., Yekaterinburg, Sverdlovsk region,
620000, Russia

²Biysk Technology Institute (Branch) of Altai State Technical University, 27 Hero of the Soviet Union Trofimov Str., Biysk, Altai Krai, 659305, Russia

⁴ Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia
^{1,2,3}i@redbti.ru ✉

⁴zaxarov7979@mail.ru

Abstract. Ensuring the technological sovereignty of the Russian Federation in the production of distillates necessitates finding alternatives to imported oak staves used for aging. One promising avenue is the use of local fruitwood species. The aim of this work is a comprehensive assessment of the potential of domestic fruitwoods (cherry, plum, cherry plum, apple, pear) as a tool for accelerated aging of distillates and reduction of import dependency. The aging process was simulated over 3 months using rectified spirit (50% vol.) and wood chips from the studied species and oak (control). Spectrophotometric methods (total phenols, tannins, CIELab color intensity, ABTS antioxidant activity) and organoleptic analysis were employed. It was found that cherry wood is the closest to oak in terms of extraction efficiency of bioactive substances: the total phenol content was 345 ± 11 and 412 ± 12 mg GAE/L, and antioxidant activity was 3.12 ± 0.09 and 3.45 ± 0.10 mmol TEAC/L, respectively. Unique organoleptic profiles were identified: cherry imparts notes of almond and dried fruits, plum and cherry plum provide fruity tones, while apple and pear give delicate floral nuances. A strong correlation was found between phenol content and antioxidant activity ($R^2 = 0.94$). Domestic fruitwoods are an effective alternative to oak for producing distillates with unique properties, which contributes to ensuring the technological sovereignty of the Russian Federation.

Keywords: fruitwood, technological sovereignty, distillates, aging (win maturation), beverage quality.

For citation: Fruitwood as an import substitution tool in the production of distillates. V.I. Chetverikov, A.V. Urazov, E.D. Rozhnov, V.L. Zakharov. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 122-131. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-122-131>.

Copyright: © S.S. Buneev, S.Yu. Shubkin, E.S. Chudinov (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

В условиях современных геополитических и экономических вызовов обеспечение технологического суверенитета Российской Федерации становится стратегической задачей для ключевых отраслей промышленности, включая производство дистиллятов (крепких алкогольных напитков). Одной из критически важных и импортозависимых стадий в производстве коньяков, бренди и кальвадосов является процесс выдержки (созревания) в дубовых бочках, который формирует уникальные органолептические и антиоксидантные свойства напитка. Традиционно для этих целей используется древесина дуба, в частности, определенных французских и американских видов. Однако поиск альтернативных, в том числе локальных, видов древесины представляет собой не только научный интерес, но и практическую необходимость для снижения импортной зависимости и развития устойчивой национальной сырьевой базы.

В мировой научной литературе активно дискутируется вопрос использования древесины различных видов для ускоренного старения алкогольных напитков [10]. В фокусе исследований находятся как традиционные породы, такие как дуб [15], так и альтернативные, в частности, плодовые культуры. Многочисленные исследования демонстрируют, что древесина вишни (*Prunus avium*), черешни, яблони и других плодовых деревьев обладает значительным потенциалом для обогащения дистиллятов ценными ароматическими и биоактивными соединениями.

Утилизация древесины плодовых деревьев всегда заключалась либо в применении измельченной древесины в качестве субстрата для вышенки обыкновенной [4], либо в качестве удобрения. Для измельчения ветвей плодовых деревьев разработана машина [3]. Для контроля влажности при сушке древесины изобретено устройство контроля влажности [1]. Установлена возможность использования древесины сливы и вишни для приготовления щепы с прогнозируемым составом фенольных веществ и ее применение для краткосрочной выдержки плодовых дистиллятов [2]. Хорошо изучен малоокислотный гемицеллюлозный гидролиз древесины берёзы [6].

Установлено, что вишневая клепка содержит уникальный профиль фенольных соединений, способных придавать напиткам сложные фруктовые и миндальные тона [9, 13]. Древесина яблони, в свою очередь, характеризуется высоким содержанием антиоксидантов и антимикробной активностью [14], что положительно сказывается на стабильности и сохранности дистиллятов. Эксперименты по ускоренной выдержке яблочного бренди на древесных чипсах из различных пород, включая плодовые, подтвердили их способность активно влиять на формирование летучих и фенольных профилей, приближая органолептические характеристики напитка к аналогам, выдержанным традиционным способом [8, 11].

Исследования средиземноморских видов древесины [7], а также работы, напрямую сравнивающие альтернативные породы с дубом [12], доказывают, что каждая порода дерева вносит уникальный вклад в сенсорный букет и антиоксидантный статус напитка. Это открывает широкие возможности для целенаправленного конструирования вкусоароматических характеристик дистиллятов. Разрабатываются организационно-технологические решения и технико-экономическое обоснование широкомасштабного использования отходов садоводства и виноградарства [5].

Цель исследования – комплексный анализ потенциала древесины отечественных плодовых деревьев (яблони, груши, вишни, сливы и др.) как инструмента для обеспечения технологического суверенитета РФ в производстве дистиллятов.

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие задачи:

- оценить влияние выдержки на чипсах из древесины плодовых деревьев на физико-химические и органолептические показатели модельных дистиллятов;
- провести сравнительный анализ эффективности использования древесины плодовых пород по сравнению с традиционным дубом; разработать научно-обоснованные рекомендации по применению древесины плодовых деревьев для снижения импортозависимости в производстве выдержанных дистиллятов в РФ.

Проведение таких исследований будет способствовать не только импортозамещению, но и созданию новых, уникальных российских брендов дистиллятов с самобытными органолептическими свойствами, основанными на использовании локального сырья.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – древесина плодовых деревьев и дистиллят.

Предмет исследования – технология производства дистиллята.

Исследования были проведены в 2024 г. на базе Уральского государственного экономического университета.

Древесина плодовых пород яблони (*Malus domestica*, сорт «Алтайское зимнее»), груши (*Pyrus communis*, сорт «Перун»), вишни (*Prunus avium*, сорт «Ранняя степная»), сливы (*Prunus domestica*, сорт «Узюк») и алычи (*Prunus cerasifera*, сорт «Путешественница») была получена из отходов ежегодной обрезки садов в весенний период 2024 г. Древесина дуба (*Quercus robur*) французского происхождения была использована в качестве контроля. Образцы древесины четырех пород высушивали в камерной сушилке до влажности $12,0 \pm 0,5\%$ и измельчали до чипсов с размером $10 \times 10 \times 2$ мм для обеспечения воспроизводимой площади поверхности 450 ± 25 см²/г. Далее древесные чипсы каждой породы подвергали термической обработке в муфельной печи (ТерМИКС СНОЛ-1,6,2,5.1/10-ИЗМ, Россия) при температуре 180 °С в течение 45 минут. В качестве основы для получения модельного дистиллята использовали этиловый ректифицированный спирт высшей очистки, удовлетворяющий ГОСТ 5962-2013 Спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья. Технические условия. Для выдержки использовали спирт-ректификат, разбавленный умягченной водой до крепости $50,0 \pm 0,1\%$ об. Использование единого исходного спирта позволило нивелировать влияние исходного сырья дистиллята и выделить исключительно влияние древесины.

Моделирование процесса выдержки проводили путем введения 10 г подготовленных древесных чипсов в 500 мл модельного дистиллята. Контрольным образцом служил дистиллят без добавления древесины. Все эксперименты проводились в стеклянных сосудах темно-

го стекла при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Продолжительность эксперимента составила 3 месяца. Отбор проб для анализа проводили ежемесячно.

По окончании периода выдержки образцы фильтровали для удаления древесных чипсов и анализировали следующие параметры: содержание фенольных соединений определяли спектрофотометрическими методами: общее содержание фенолов (по методу Фолина-Чокальтеу) и дубильных веществ [12]; цветность измеряли на спектрофотометре в координатах CIELab [15]; антиоксидантную активность (АОА) определяли с использованием метода ABTS и выражали в эквивалентах тролокса (TEAC) [8]. Органолептический анализ проводили дегустационной комиссией из 5 оценщиков. Оценивали такие параметры, как цвет, аромат (интенсивность, сложность, фруктовые, ванильные, пряные тона), вкус (сладость, горечь, терпкость) и общее впечатление по 10-балльной шкале.

Все химические анализы проводились в трех параллельных повторностях. Результаты представлены как среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение (SD). Статистическую обработку данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим тестом Тьюки для установления достоверности различий между средними значениями ($p < 0,05$). Статистические расчеты выполняли в программе Statistica 10.0.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенный трехмесячный эксперимент по ускоренной выдержке спирта-ректификата на древесных чипсах различных пород позволил получить комплексные данные о влиянии альтернативных видов древесины на физико-химические и органолептические свойства модельного дистиллята.

Результаты спектрофотометрического анализа показали достоверные ($p < 0,05$) различия в способности различных пород древесины экстрагировать фенольные соединения в спиртовую среду (см. рис. 1).

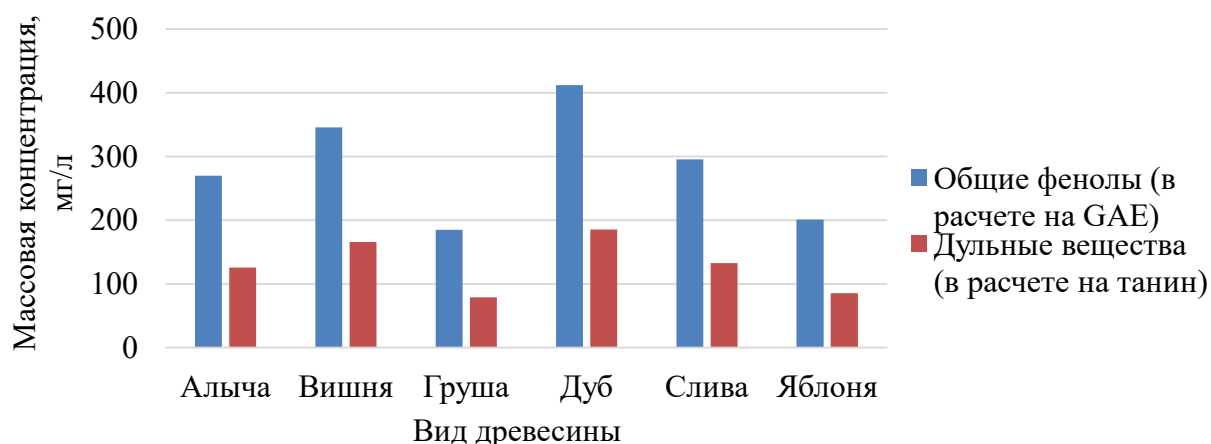


Рисунок 1. Содержание фенольных веществ в модельных образцах выдержанных дистиллятов

Наибольшим общим содержанием фенолов характеризовался образец, выдержанный на дубовых чипсах (412 ± 12 мг GAE/л), что согласуется с его традиционным использованием и высоким содержанием танинов. Среди плодовых пород лидером по данному показателю стала вишня (345 ± 11 мг GAE/л), статистически незначительно уступающая дубу. Образцы на древесине сливы (295 ± 9 мг GAE/л) и алычи (270 ± 8 мг GAE/л) показали средние значения. Наименьшее количество фенолов перешло в дистиллят из древесины яблони (201 ± 7 мг GAE/л) и груши (185 ± 6 мг GAE/л). Аналогичная тенденция наблюдалась для содержания дубильных веществ, где также лидировали дуб и вишня. Это свидетельствует о высоком потенциале вишни как альтернативного источника структурообразующих и терпких веществ.

Визуальная и инструментальная оценка цвета выявила значительные различия между образцами (см. табл. 1).

Таблица 1. Параметры цвета (CIELab) дистиллятов после выдержки

Образец	L^* (Светлота)	a^* (Краснота)	b^* (Желтизна)
Дуб	$68,2 \pm 1,1^d$	$12,1 \pm 0,5^b$	$42,5 \pm 1,2^a$
Вишня	$72,8 \pm 1,0^c$	$15,8 \pm 0,6^a$	$35,1 \pm 1,0^b$
Слива	$80,1 \pm 0,8^b$	$8,5 \pm 0,4^c$	$25,3 \pm 0,8^c$
Алыча	$81,5 \pm 0,9^b$	$7,9 \pm 0,3^c$	$23,8 \pm 0,7^c$
Яблоня	$87,3 \pm 0,6^b$	$2,1 \pm 0,2^d$	$10,2 \pm 0,5^d$
Груша	$88,9 \pm 0,5^b$	$1,8 \pm 0,2^d$	$8,9 \pm 0,4^d$

Примечание: Значения в одном столбце, отмеченные разными буквами, статистически значимо различаются ($p < 0,05$).

Дуб придал дистилляту интенсивный желто-золотистый оттенок, что выразилось в минимальном значении светлоты ($L^*=68,2$) и высоких показателях желтизны ($b^*=42,5$) и красноты ($a^*=12,1$). Вишня обеспечила насыщенный и уникальный розовато-янтарный цвет, что подтвердилось самым высоким значением красноты ($a^*=15,8$) среди всех образцов. Слива и алыча придали дистилляту менее интенсивный, но отчетливый золотистый цвет. Образцы на яблоне и груше имели наиболее светлую окраску ($L^*>85$), близкую к контрольному образцу, но с легким желтоватым оттенком.

Измерение антиоксидантной активности методом ABTS показало прямую корреляцию с общим содержанием фенолов ($R^2 = 0.94$) (см. рис. 2).

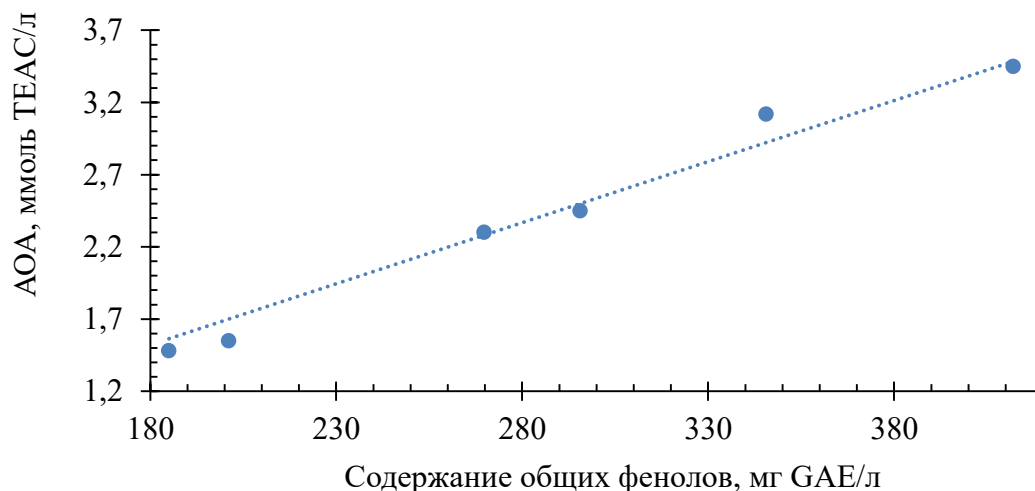


Рисунок 2. Корреляционная взаимосвязь между антиоксидантной активностью образцов и содержанием общих фенолов

Наибольшей АОА обладал дистиллят на дубовых чипсах ($3,45 \pm 0,10$ ммоль TEAC/л). Вишня продемонстрировала сопоставимый результат ($3,12 \pm 0,09$ ммоль TEAC/л), подтвердив свою высокую биохимическую ценность. Значения для сливы и алычи составили $2,45 \pm 0,08$ и $2,30 \pm 0,07$ ммоль TEAC/л соответственно. Яблоня и груша показали наименьшую, но статистически значимую ($p < 0,05$) по сравнению с контролем АОА ($1,55 \pm 0,06$ и $1,48 \pm 0,05$ ммоль TEAC/л соответственно).

Результаты дегустационной оценки представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты органолептического анализа

Параметр	Дуб	Вишня	Слива	Алыча	Яблоня	Груша
Интенсивность аромата	8,8±0,4 ^a	8,2±0,5 ^{ab}	7,5±0,6 ^b	7,0±0,5 ^{bc}	6,2±0,4 ^c	5,8±0,6 ^c
Сложность аромата	9,0±0,3 ^a	8,0±0,6 ^b	7,0±0,5 ^c	6,8±0,4 ^c	6,0±0,5 ^c	5,5±0,5 ^c
Фруктовые тона	2,5±0,4 ^c	7,5±0,5 ^a	6,8±0,4 ^{ab}	6,5±0,6 ^b	7,8±0,4 ^a	7,2±0,5 ^{ab}
Ванильные/пряные тона	8,5±0,5 ^a	3,5±0,4 ^b	4,0±0,5 ^b	3,8±0,4 ^b	2,5±0,3 ^c	2,2±0,4 ^c
Сбалансированность вкуса	8,6±0,4 ^a	7,8±0,6 ^{ab}	7,2±0,5 ^b	6,8±0,6 ^{bc}	6,5±0,5 ^c	6,0±0,4 ^c
Общее впечатление	8,8±0,3 ^a	8,3±0,5 ^{ab}	7,4±0,6 ^b	7,0±0,5 ^{bc}	6,8±0,4 ^{bc}	6,2±0,5 ^c
Примечание: Значения в одной строке, отмеченные разными буквами, статистически значимо различаются ($p < 0,05$).						

Как показали результаты исследования, модельный образец дистиллята, выдержанный на древесине дуба, имеет классический аромат с выраженными ванильными, пряными и дымными тонами. Вкус полный, с приятной терпкостью. Образец, выдержанный на древесине вишни, характеризуется насыщенным ароматом с доминирующими тонами вишневой косточки, миндаля и сухофруктов. Вкус сложный, с длительным послевкусием. Древесина сливы и алычи формирует дистиллят с яркими фруктовыми нотами в аромате, напоминающими чернослив и спелую сливу, со слабой пряностью. Вкус менее терпкий по сравнению с вишней. Древесина яблони и груши придает дистиллятам очень тонкий аромат, с нежными цветочно-фруктовыми оттенками, характерными для исходных плодов. Вкус мягкий, но менее сложный и структурированный.

Проведенное исследование демонстрирует значительный потенциал использования древесины отечественных плодовых пород, в качестве эффективной альтернативы традиционному дубу для технологий ускоренной выдержки дистиллятов. Полученные результаты позволяют не только оценить биохимическую эффективность различных пород древесины, но и проанализировать их значение в контексте обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации.

Выявленная в ходе исследования высокая экстракционная способность древесины вишни, не уступающая по ряду параметров дубу, имеет важное практическое значение. Содержание общих фенолов (345 ± 11 мг GAE/л) и дубильных веществ в дистилляте на вишневых чипсах приближается к показателям дубового образца (412 ± 12 мг GAE/л). Этот факт согласуется с данными Sanz et al. [13], которые отмечали уникальный фенольный профиль древесины вишни, богатый антоцианами и фенольными кислотами, способными придавать дистиллятам сложные фруктово-миндальные тона. Высокие показатели антиоксидантной активности ($3,12 \pm 0,09$ ммоль TEAC/л) образца на вишне подтверждают ее ценность не только как ароматизирующего агента, но и как природного стабилизатора, повышающего сохранность напитков, что особенно важно для продолжительного хранения дистиллятов.

Древесина сливы и алычи продемонстрировала средние, но статистически значимые показатели по обогащению дистиллятов фенольными соединениями и антиоксидантами. Их органолептический профиль с доминированием фруктовых тонов, напоминающих чернослив и спелую сливу, открывает возможности для создания линейки дистиллятов с уникальным региональным характером, не имеющих прямых аналогов среди традиционных напитков, выдержанных в дубе.

Одним из ключевых результатов исследования стало выявление принципиальных различий в органолептических профилях дистиллятов. Если дуб, в соответствии с классическими представлениями [15], сформировал ожидаемый букет с ванильными, пряными и дымными

ми тонами, то плодовые породы обеспечили принципиально иные сенсорные характеристики.

Особого внимания заслуживает образец на вишне, который получил высокие оценки за сложность аромата ($8,0 \pm 0,6$ баллов) и сбалансированность вкуса ($7,8 \pm 0,6$ баллов). Сочетание тонов вишневой косточки, миндаля и сухофруктов, отмеченное дегустаторами, создает уникальный букет, который может лечь в основу новых премиальных брендов российских дистиллятов. Данный результат коррелирует с исследованиями [9], также отмечавшими способность вишневой древесины придавать напиткам сложные миндальные и фруктовые ноты.

Инструментально подтвержденное отличие в цветности, в частности уникальный розовато-янтарный оттенок дистиллята на вишневой древесине (максимальное значение $a^* = 15,8$), имеет не только эстетическое, но и маркетинговое значение, позволяя визуально дифференцировать продукт на полке.

Обнаруженная сильная положительная корреляция между содержанием общих фенолов и антиоксидантной активностью ($R^2 = 0,94$) подтверждает, что именно фенольные соединения вносят основной вклад в антиоксидантный статус выдержанных дистиллятов. Это согласуется с выводами [12], которые также находили прямую зависимость между этими параметрами при использовании альтернативных пород древесины. Данный факт имеет практическое значение, так как позволяет прогнозировать не только вкусо-ароматические, но и стабильность напитка на основе анализа его фенольного профиля.

Полученные результаты имеют стратегическое значение для снижения импортозависимости российской ликеро-водочной отрасли. Использование локальной древесины плодовых пород, являющейся побочным продуктом садоводства, позволяет:

1. Создать устойчивую сырьевую базу, не зависящую от импорта дубовой клепки.
2. Снизить себестоимость производства выдержанных дистиллятов за счет использования местного, возобновляемого сырья.
3. Диверсифицировать ассортимент за счет создания напитков с уникальными органолептическими профилями, не копирующими классические коньяки и бренди, а формирующими новую, самобытную продуктовую категорию.

Таким образом, комплексный анализ подтвердил гипотезу о высокой эффективности древесины отечественных плодовых пород, особенно вишни, в процессе ускоренной выдержки дистиллятов. Сочетание биохимической эффективности, уникального органолептического потенциала и экономической целесообразности делает данное направление перспективным инструментом для обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации в производстве алкогольной продукции. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию режимов выдержки (температура, продолжительность, степень обжига древесины) для каждого типа сырья и разработку технической документации для новых видов продукции.

Выводы

1. Установлена высокая экстракционная способность древесины плодовых пород. Трехмесячная выдержка на чипсах из вишни, сливы и алычи приводит к статистически значимому обогащению дистиллятов фенольными соединениями и дубильными веществами. Древесина вишни показала результаты, наиболее близкие к традиционному дубу, по содержанию общих фенолов (345 ± 11 мг GAE/л против 412 ± 12 мг GAE/л) и антиоксидантной активности ($3,12 \pm 0,09$ ммоль TEAC/л против $3,45 \pm 0,10$ ммоль TEAC/л).

2. Выявлено формирование уникальных органолептических профилей. Каждая изученная порода древесины придает дистилляту характерный букет: вишня обеспечивает сложный аромат с тонами вишневой косточки, миндаля и сухофруктов; слива и алыча формируют выраженные фруктовые тона, напоминающие чернослив и спелую сливу; яблоня и груша придают нежные цветочно-фруктовые оттенки. Данное разнообразие позволяет целенаправленно конструировать вкусоароматические характеристики напитков, не копируя классические дубовые профили.

3. Подтверждена прямая корреляция между физико-химическими и потребительскими свойствами. Обнаружена сильная положительная зависимость ($R^2 = 0,94$) между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью, а также выявлена взаимосвязь между фенольным составом, цветностью (например, уникальный розовато-янтарный оттенок от вишни) и органолептическими характеристиками. Это позволяет прогнозировать качество напитка на основе инструментальных измерений.

4. Разработаны научно-обоснованные рекомендации для снижения импортозависимости. В целях обеспечения технологического суверенитета РФ в производстве дистиллятов возможно использовать древесину вишни для создания выдержанных дистиллятов с высокой структурной сложностью; применять древесину сливы и алычи для производства напитков с уникальным региональным фруктовым характером; задействовать древесину яблони и груши для создания легких и оригинальных дистиллятов с тонким букетом.

5. Использование древесины локальных плодовых пород является эффективным и экономически целесообразным инструментом для импортозамещения дубовой клепки, диверсификации ассортимента и создания новых самобытных российских брендов, способствующих укреплению технологического суверенитета страны.

Список источников

1. Авторское свидетельство № 269585 А1 СССР, МПК F26В 21/08. Приспособление для контроля влажности древесины по усадке штабеля в процессе камерной сушки древесины: № 1227493/29-33: заявл. 21.03.1968: опубл. 17.04.1970 / А.Г. Кобликова, П. В. Соколов; заявитель Ленинградская ордена Ленина лесотехническая академия им. С.М. Кирова.

2. Андриевская Д.В., Трофимченко В.А. О перспективах применения древесины сливы и вишни при производстве спиртных плодовых напитков // Инновационный потенциал развития науки в современном мире: технологии, инновации, достижения: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Уфа, 06 декабря 2019 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2019. С. 93-102.

3. Апхудов Т.М., Апажев А.К., Шекихачев Ю.А. Обоснование основных конструктивных и технологических параметров измельчителя ветвей плодовых деревьев // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 15-19.

4. Биологическая утилизация древесных отходов с помощью штаммов гриба *Pleurotus ostreatus* / А.С. Мягкова, Г.В. Песцов, А.В. Третьякова [и др.] // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2023. № 3. С. 198-207.

5. Бугай И.А. Экономическая эффективность рационального использования отходов садоводства и виноградарства в агропромышленной сфере: специальность 08.00.22: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Бугай Игорь Алексеевич. Москва, 1983. 26 с.

6. Поведение зольных элементов древесины в процессе кислотного гидролиза древесины / В.А. Гончарова, С.Д. Пименов, А.В. Бахтиярова, А.И. Сизов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. № 241. С. 244-255.

7. Bargalló-Guinjoan C. et al. First approach to the use of wood from Mediterranean species for the accelerated aging of alcoholic beverages / C. Bargalló-Guinjoan, M. Girones-Vilaplana, A. M. Jordão et al. // Wood Science and Technology. 2023. Vol. 57. No. 1. Pp. 307–323.

8. Coldea T.E. et al. Volatile and phenolic profiles of traditional Romanian apple brandy after rapid ageing with different wood chips / T.E. Coldea, E. Mudura, C.R. Pop, et al. // Food Chemistry. 2020. Vol. 320. Pp. 126643.

9. Guerrero-Chanivet M. et al. Characterization of the aromatic and phenolic profile of five different wood chips used for ageing spirits and wines / M. Guerrero-Chanivet, M.J. Valcárcel-Muñoz, M.V. García-Moreno, D. Guillén-Sánchez // Foods. 2020. Vol. 9. No. 11. P. 1613.

10. Krüger R.T., Alberti A., Nogueira A. Current technologies to accelerate the aging process of alcoholic beverages: a review // Beverages. 2022. Vol. 8. No. 4. P. 65.

11. Liubko M., A. Duda A., Tarko E. The Influence of Active Compounds of Wood Chips Made from Various Wood Species on the Antioxidant, Physicochemical and Sensory Properties of Apple Brandies // *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*. 2024. Vol. 28. No. 2. Pp. 203–218.
12. Madrera R.R., Blanco D., Gomis J.J., Mangas Alonso. Alternative woods for aging distillates – an insight into their phenolic profiles and antioxidant activities // *Food Science and Biotechnology*. 2010. Vol. 19. No. 4. Pp. 1129–1134.
13. Phenolic compounds in cherry (*Prunus avium*) heartwood with a view to their use in cooperage / M. Sanz, E. Cadahía, B. Fernández de Simón et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58. No. 8. Pp. 4907–4914.
14. Phenolic composition, antimicrobial and antioxidant properties of Belgian apple wood extracts / H. Withouck, S.C. De Smet, A.M.A. Leroy et al. // *Journal of Biologically Active Products from Nature*. 2019. Vol. 9. No. 1. Pp. 24–38.
15. Volatile compounds in acacia, chestnut, cherry, ash, and oak woods, with a view to their use in cooperage / B. Fernández de Simón, M. Á. Martínez, E. Cadahía, et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. Vol. 57. No. 8. Pp. 3217–3227.

References

1. Copyright certificate No. 269585 A1 of the USSR, IPC F26B 21/08. Device for controlling wood moisture by shrinkage of the stack during chamber drying of wood: No. 1227493/29-33: application 21.03.1968: published 17.04.1970. A.G. Koblikova, P. V. Sokolov; applicant Leningrad Order of Lenin Forestry Academy named after S.M. Kirov.
2. Andrievskaya D.V., Trofimchenko V.A. On the prospects of using plum and cherry wood in the production of alcoholic fruit drinks. Innovative potential of science development in the modern world: technologies, innovations, achievements: Collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference, Ufa, December 06, 2019. Ufa: Limited Liability Company Scientific Publishing Center «Bulletin of Science» Publ., 2019, pp. 93-102.
3. Aphudov T.M., Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A. Substantiation of the main design and technological parameters of the fruit tree branch shredder. *International Technical and Economic journal*, 2019, no. 4, pp. 15-19.
4. Biological disposal of wood waste using mushroom strains *Pleurotus ostreatus*. A.S. Myagkova, G.V. Pescov, A.V. Tret'yakova [et al.]. *Bulletin of the Tajik National University. Natural Sciences Series*, 2023, no. 3, pp. 198-207.
5. Bugaj I.A. Economic efficiency of the rational use of horticultural and viticultural waste in the agro-industrial sector: specialty 08.00.22: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences. Bugai Igor Alekseevich. Moscow, 1983. 26 p.
6. Behavior of ash elements of wood in the process of acid hydrolysis of wood. V.A. Goncharova, S.D. Pimenov, A.V. Bahtiyarova, A.I. Sizov. *Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy*, 2022, no. 241, pp. 244-255.
7. Bargalló-Guinjoan C. et al. First approach to the use of wood from Mediterranean species for the accelerated aging of alcoholic beverages. C. Bargalló-Guinjoan, M. Girones-Vilaplana, A. M. Jordão et al. *Wood Science and Technology*, 2023, vol. 57, no. 1, pp. 307–323.
8. Coldea T.E. et al. Volatile and phenolic profiles of traditional Romanian apple brandy after rapid ageing with different wood chips. T.E. Coldea, E. Mudura, C.R. Pop, et al. *Food Chemistry*, 2020, vol. 320, pp. 126643.
9. Guerrero-Chanivet M. et al. Characterization of the aromatic and phenolic profile of five different wood chips used for ageing spirits and wines. M. Guerrero-Chanivet, M.J. Valcárcel-Muñoz, M.V. García-Moreno, D. Guillén-Sánchez. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 11, p. 1613.
10. Krüger R.T., Alberti A., Nogueira A. Current technologies to accelerate the aging process of alcoholic beverages: a review. *Beverages*, 2022, vol. 8, no. 4. p. 65.
11. Liubko M., A. Duda A., Tarko E. The Influence of Active Compounds of Wood Chips Made from Various Wood Species on the Antioxidant, Physicochemical and Sensory Properties of

Apple Brandies. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology, 2024, vol. 28, no. 2, pp. 203–218.

12. Madrera R.R., Blanco D., Gomis J.J., Mangas Alonso. Alternative woods for aging distillates – an insight into their phenolic profiles and antioxidant activities. Food Science and Biotechnology, 2010, vol. 19, no. 4, pp. 1129–1134.

13. Phenolic compounds in cherry (*Prunus avium*) heartwood with a view to their use in cooperage. M. Sanz, E. Cadahía, B. Fernández de Simón et al. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, vol. 58, no 8, pp. 4907–4914.

14. Phenolic composition, antimicrobial and antioxidant properties of Belgian apple wood extracts. H. Withouck, S.C. De Smet, A.M.A. Leroy et al. Journal of Biologically Active Products from Nature, 2019, vol. 9, no 1, pp. 24–38.

15. Volatile compounds in acacia, chestnut, cherry, ash, and oak woods, with a view to their use in cooperage. B. Fernández de Simón, M. Á. Martínez, E. Cadahía, et al. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, vol. 57, no 8, pp. 3217–3227.

Информация об авторах

В.И. Четвериков – аспирант;

А.В. Уразов – магистрант;

Е.Д. Рожнов – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга;

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Information about the authors

V.I. Chetverikov – Postgraduate student;

A.V. Urazov – Master's Student;

E.D. Rozhnov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Engineering;

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of agricultural Products.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 631.527:633.491

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-132-145

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Гизатуллина Альбина Талгатовна^{1✉}, Сташевски Зенон², Вологин Семен Германович³,
Гимаева Елена Алексеевна⁴, Амерханова Фаина Равиловна⁵, Закиева Эндже Илгизовна⁶

^{1,2,3,4,5,6} Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный
исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук,
420059, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 48

¹gizatyllina.a@mail.ru✉

²zenons@bk.ru

³semen_vologin@mail.ru

⁴elenagim@bk.ru

⁵nu-fain@mail.ru

⁶sh-end@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты оценки 54 новых сортов картофеля отечественной селекции на богаре в условиях Республики Татарстан в 2022-2024 гг. Установлено статистически достоверное влияние агроклиматических условий года ($p=0,00$) и группы спелости ($p=0,004$) на продуктивность изученных сортов картофеля. В условиях Республики Татарстан на богаре наиболее полно генетический потенциал реализовали раннеспелые и среднеранние сорта картофеля. По результатам трехлетнего испытания наиболее эффективно доступную влагу для формирования урожая использовали сорта: Красноярский ранний ($WP=20,6$ кг/м³; $0,93$ кг/куст), Ариэль ($WP=21,5$ кг/м³; $0,64$ кг/куст), Самородок ($WP=21,6$ кг/м³; $0,70$ кг/куст), Шах ($WP=22,7$ кг/м³; $0,66$ кг/куст), Кумир ($WP=19,7$ кг/м³; $0,60$ кг/куст), Восторг ($WP=18,1$ кг/м³; $0,54$ кг/куст). Высокой и стабильной по годам адаптивностью обладали сорта Красноярский ранний ($KA=1,2$; $Cv=4\%$), Холмогорский ($KA=1,1$; $Cv=9\%$), Алка ($KA=1,2$; $Cv=3\%$), Ариэль ($KA=1,3$; $Cv=3\%$), Бабынинский ($KA=1,1$; $Cv=10\%$), Багира ($KA=1,1$; $Cv=5\%$), Двинский ($KA=1,1$; $Cv=5\%$), Печорский ($KA=1,0$; $Cv=4\%$), Шах ($KA=1,4$; $Cv=8\%$), Гала ($KA=1,2$; $Cv=7\%$), Ника ($KA=1,2$; $Cv=9\%$), Орлан ($KA=1,2$; $Cv=9\%$). По устойчивости к болезням в условиях богары в Республике Татарстан выделились сорта Евпатий, Багира, Ника.

Ключевые слова: картофель, сорт, богарное земледелие, адаптивность, структура урожая.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук».

Для цитирования: Результаты эколого-географического испытания сортов картофеля в условиях Республики Татарстан / А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски, С.Г. Вологин, Е.А. Гимаева, Ф.Р. Амерханова, Э.И. Закиева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 132-145. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-132-145>.

Права: © А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски, С.Г. Вологин, Е.А. Гимаева, Ф.Р. Амерханова, Э.И. Закиева (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

RESULTS OF POTATO VARIETY EVALUATION IN THE CONDITIONS OF TATARSTAN REPUBLIC

Albina T. Gizatullina^{1✉}, Zenon Stasevski², Semen G. Vologin³, Elena A. Gimaeva⁴, Faina R. Amerkhanova⁵, Endzhe I. Zakieva⁶

^{1,2,3,4,5,6}Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, Federal Research Center Kazan Scientific Center Russian Academy of Sciences, 48 Orenburgsky Trakt Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420059, Russia

¹gizatyllina.a@mail.ru✉

²zenons@bk.ru

³semen_vologin@mail.ru

⁴elenagim@bk.ru

⁵nu-fain@mail.ru

⁶sh-end@mail.ru

Abstract. The evaluation of 54 new nationally bred potato varieties in arid farming in the Tatarstan Republic in 2022–2024 is presented. A statistically significant influence of the year ($p=0.00$) and maturity ($p=0.004$) on the productivity of the studied potato varieties was established. In the arid farming the Tatarstan Republic early and mid-early potato varieties have realized their genetic potential to the fullest extent. According three-year evaluation the most effective available moisture utilization for yield development showed varieties Krasnoyarsk early ($WP=20.6 \text{ kg/m}^3$; 0.93 kg/plant), Ariel ($WP=21.5 \text{ kg/m}^3$; 0.64 kg/plant), Samorodok ($WP=21.6 \text{ kg/m}^3$; 0.70 kg/plant), Shakh ($WP=22.7 \text{ kg/m}^3$; 0.66 kg/plant), Kumir ($WP=19.7 \text{ kg/m}^3$; 0.60 kg/plant), Vostorg ($WP=18.1 \text{ kg/m}^3$; 0.54 kg/plant). The following varieties had high and stable adaptability over the years: Krasnoyarsk early ($KA=1.2$; $Cv=4\%$), Kholmogorsky ($KA=1.1$; $Cv=9\%$), Alka ($KA=1.2$; $Cv=3\%$), Ariel ($KA=1.3$; $Cv=3\%$), Babyninsky ($KA=1.1$; $Cv=10\%$), Bagheera ($KA=1.1$; $Cv=5\%$), Dvinsky ($KA=1.1$; $Cv=5\%$), Pechorsky ($KA=1.0$; $Cv=4\%$), Shakh ($KA=1.4$; $Cv=8\%$), Gala ($KA=1.2$; $Cv=7\%$), Nika ($KA=1.2$; $Cv=9\%$), Orlan ($KA=1.2$; $Cv=9\%$). The varieties Evpatiy, Bagira, and Nika stood out in terms of disease resistance in arid farming in the Tatarstan Republic.

Key words: potato, variety, arid farming, adaptability, tuber size distribution.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, a separate structural unit of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Results of potato variety evaluation in the conditions of Tatarstan Republic. A.T. Gizatullina, Z.Stasevski, S.G. Vologin, E.A. Gimaeva, F.R. Amerkhanova, E.I. Zakieva. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 132-145. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-132-145>.

Copyright: © A.T. Gizatullina, Z.Stasevski, S.G. Vologin, E.A. Gimaeva, F.R. Amerkhanova, E.I. Zakieva (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из наиболее распространённых сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. Клубни картофеля выращивают на дачных-приусадебных участках, в крестьянско-фермерских хозяйствах и крупных агрохолдингах [2]. Благодаря доступности, простоте кулинарной обработки и высокой питательной ценности картофель относится к стратегическим компонентам продовольственной безопасности страны. По данным Росстата средняя урожайность картофеля по России в 2024 году составила 17,9 т/га. [1]. Среднее значение урожайности картофеля в РФ ниже среднемирового уровня на 4,9 т/га (22,8 т/га) [11]. Россия входит десятку стран, лидеров по объёму производства картофеля в мире. Для сравнения средняя урожайность в странах Европы – 24,6 т/га, Азии – 22,2 т/га, Африка – 15,3 т/га, Северная Америка – 48,6 т/га, Южная Америка – 19,3 т/га. По данным ФГБУ «Россельхозцентра» по объёму высаженного сертифицированного семенного

материала картофеля в Российской Федерации в 2024 году лидировали сорта иностранной селекции [7].

Для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации приоритетным направлением является сокращение зависимости от сортов картофеля иностранной селекции за счет создания и продвижения конкурентоспособных отечественных сортов картофеля. С целью решения данной задачи в рамках реализации Комплексного плана научных исследований «Развитие селекции и семеноводства картофеля» в 2018-2025 гг. в части «Эколого-географическое испытание сортов и гибридов картофеля» проводилось изучение набора отечественных сортов картофеля в разных агроклиматических условиях России. Эколого-географическое изучение селекционного материала и коммерческих сортов картофеля дает возможность в короткие сроки раскрыть их генетический потенциал для получения устойчиво высоких урожаев культуры в разнообразных почвенно-климатических условиях [5, 6, 8, 13, 14].

Одна из точек проведения эколого-географического испытания отечественных сортов картофеля находилась на территории Республики Татарстан. По данным Росстат в 2024 году средняя урожайность в Татарстане составила 22,3 т/га, что на 4,4 т/га больше средней урожайности по России. В условиях Республики Татарстан лимитирующими факторами для картофеля являются короткий период вегетации, засуха и высокая температура в разные периоды вегетации [9].

Цель исследования – комплексная оценка 54 новых сортов картофеля отечественной селекции в условиях Республики Татарстан.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования были 54 новых перспективных отечественных сорта картофеля (*Solanum tuberosum* L.) (см. табл. 1-3).

Эколого-географическое исследование проводилось в 2022-2024 гг. в экспериментальном питомнике, заложенном на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский р-н, Республика Татарстан, координаты: 55.616073, 49.339436). Клубни картофеля для закладки опыта были предоставлены оригинаторами сортов. На второй и третий год испытания использовали посадочный материал собственного производства.

Проводился морфометрический анализ растений и клубней картофеля согласно методическим рекомендациям, разработанным в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН [4]. Для оценки продуктивности и структуры урожая использовали оборудование для высокопроизводительного фенотипирования клубней картофеля: автоматическую сортировальную машину Smart Grader SG Reader согласно инструкции производителя.

Комплексную оценку продуктивного и адаптивного потенциала сортов по показателю «урожайность» проводили по методике Л.А. Животкова и др. [2,3]. Коэффициент адаптивности (КА) рассчитывали по формуле:

$$KA = \frac{\left(\frac{X_{ij} \cdot 100}{X} \right)}{100}, \quad (1)$$

где X_{ij} – урожайность i -го сорта в j -й год испытания;

X – среднесортная урожайность года.

Показатель продуктивности воды (WP) для изучаемых сортов рассчитывали по формуле [10,12]:

$$WP = \left(\frac{Y}{W} \right), \quad (2)$$

где Y – урожайность, кг/га;

W – объем потребленной воды, включающий в себя осадки и орошение, м³.

Почва опытного участка ТатНИИСХ – серая лесная, среднесуглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) 2%, азота щелочногидролизуемого 104 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 275 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 145 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 4,3.

Удобрения $N_{40}P_{104}K_{104}$. Предшественник черный пар. Орошение не применялось. Протравливание клубней перед посадкой Шансметокс Трио, КС 0,4 л/т.

Схема посадки 0,75 x 0,26 м. Количество растений на делянке 20 шт. Площадь питания одного растения 0,19 м². Размер делянки 3,9 м². Повторность трехкратная. Использовали шахматный способ размещения делянок на опытном участке. Технология выращивания картофеля общепринятая для региона [3].

Метеоусловия в годы исследований различались по температуре и количеству осадков. Среднемесячная температура в годы исследования за вегетационный сезон была в пределах 17,3-20,6°C, что на 0,9-2,6°C выше среднееголетнего значения. Сумма эффективных температур ($\sum T > 10^\circ C$) в 2022 году составила 918 °C, в 2023 г. – 925 °C, в 2024 г. – 918 °C. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2022 составил 0,8 – слабо засушливый, 2023 г. – 0,6 средне засушливый, 2024 г. – 1,1 достаточно влажный. В 2022 году в начале и середине вегетации отмечено достаточное увлажнение, а во второй половине вегетации наступила сильная засуха. В 2023 году сильная засуха была в начале и конце вегетации. В 2024 году начало вегетации было засушливым, а середина чрезмерно влажной (рис.1-2).

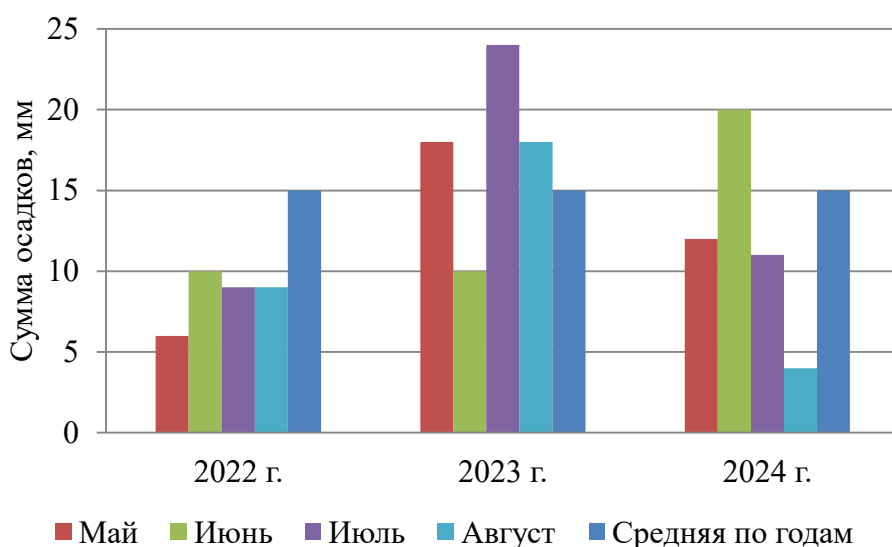


Рисунок 1. Динамика суммы осадков за вегетационный период выращивания картофеля в 2022-2024 гг.

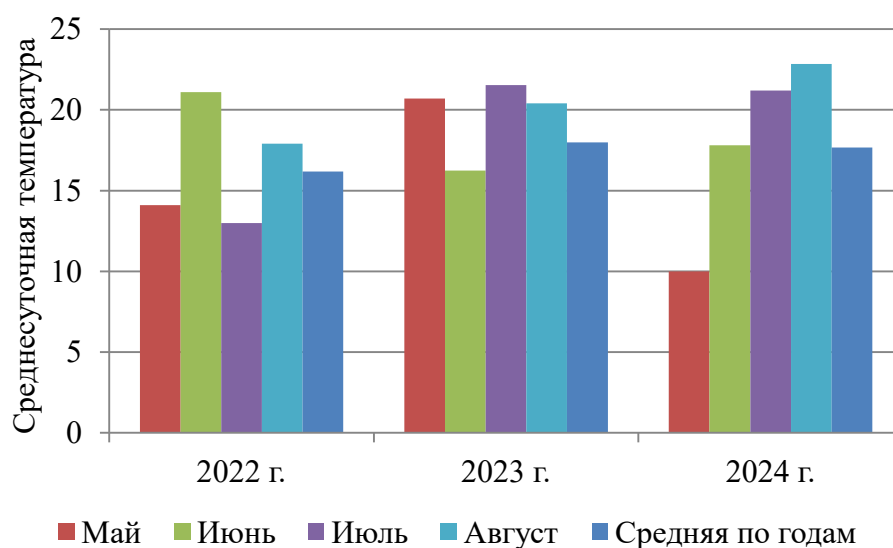


Рисунок 2. Динамика среднесуточной температуры за вегетационный период выращивания картофеля в 2022-2024 гг.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программе «Microsoft Excel» с применением пакета анализа «XLSTAT FREE» и программе «STATISTICA».

Результаты исследований и их обсуждение

В период с 2022 по 2024 год на богаре в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья в питомнике эколого-географического испытания проводили оценки биометрических показателей новых отечественных сортов картофеля.

Количество стеблей – это генетически опосредованный признак сорта. Максимальное количество стеблей отмечено у сортов: Двинский (7,6 шт.), Холмогорский (7,6 шт.), Догода (6,8 шт.), Дана (6,8 шт.), Дальневосточный (6,8 шт.). В 2022 показатель стеблей по сортам варьировался от 1,2 шт. (Глория) до 7,6 шт. (Двинский, Холмогорский), в 2023 году от 2,7 шт. (Чародей) до 6,8 шт. (Догода), в 2024 года от 1,6 шт. (Принцесса Натаван) до 4,3 шт. (Кузовок). В среднем за три года данный показатель составил 3,7 шт. (Cv 36%) и варьировал от 2,7 до 4,4 шт. по питомнику.

Средний показатель высоты растений за три года по питомнику составил 32,4 см (Cv 24%) и варьировал от 23,4 до 33,7 см. Наиболее высокие растения наблюдались в 2022 и 2024 году Интеллигент (53,3/39,2 см), Чайка (52,3/49,5 см), Принцесса Натаван (51,0/48,4 см), что свидетельствует о хорошем влагообеспечении на этапе роста растений. За период исследований 2023 год характеризовался наиболее маленькими растениями от 18,8 см (Алка), 20,1 см (Мираж), 20,2 см (Артур) до 40,3 см (Армада), 34,2 см (Орлан).

Сравнивая биометрические параметры растений, можно отметить сорта Интеллигент, Двинский, Орлан, Догода, Моряк, Каштан, Кузбасский, Виза, Чайка, Терский, Зырянец, Розовый Чародей, Армада, Багира, Ника устойчивые к агроклиматическим изменениям с высокой адаптивностью к условиям лесостепной зоны Республики Татарстан.

Наиболее благоприятные условия для роста растений картофеля сложились в 2024 г., средняя урожайность у раннеспелых сортов составила 0,68 кг/куст, у среднеранних 0,75 кг/куст, у среднеспелых 0,65 кг/куст и у среднепоздних 0,51 кг/куст (табл.1-3). Удовлетворительные условия сложились в 2022 г., средняя урожайность составила у раннеспелых составила 0,46 кг/куст, у среднеранний 0,48 кг/куст, у среднеспелых 0,46 кг/куст и у среднепоздних 0,43 кг/куст. Условия 2023 г. можно охарактеризовать, как неудовлетворительные, средняя урожайность составила у раннеспелых составила 0,31 кг/куст, у среднеранний 0,32 кг/куст, у среднеспелых 0,32 кг/куст и у среднепоздних 0,29 кг/куст. Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал статистически достоверное влияние года ($p=0,00$), а также группы спелости ($p=0,004$) на продуктивность изученных сортов. В условиях Республики Татарстан на богаре наиболее полно генетический потенциал реализуют раннеспелые и среднеранние сорта.

Таблица 1. Результаты изучения продуктивности, продуктивности воды и коэффициента адаптивности у раннеспелых сортов картофеля в 2022-2024 гг.

Сорт	Продуктивность, кг/куст			Среднее значение продуктивности, кг/куст WP, кг/м ³	Коэффициент вариации (Cv), %	Коэффициент адаптивности (K _A)			Средний K _A	Cv, %
	2022 г.	2023 г.	2024 г.			2022 г.	2023 г.	2024 г.		
Арго	<u>0,55</u> 26,8	<u>0,25</u> 9,9	<u>0,79</u> 17,5	<u>0,53</u> 18,1	<u>51</u> 47	1,2	0,8	1,2	1,1	19
Башкирский ранний	<u>0,40</u> 19,5	<u>0,35</u> 13,7	<u>0,97</u> 21,5	<u>0,57</u> 18,2	<u>60</u> 22	0,9	1,1	1,4	1,1	25

Блоссом	$\frac{0,48}{23,5}$	$\frac{0,37}{14,8}$	$\frac{0,64}{14,2}$	$\frac{0,5}{17,5}$	$\frac{27}{30}$	1	1,2	0,9	1,1	13
Глория	$\frac{0,50}{24,4}$	$\frac{0,35}{13,8}$	$\frac{0,50}{10,9}$	$\frac{0,45}{16,4}$	$\frac{19}{43}$	1,1	1,1	0,7	1	23
Калужский	$\frac{0,55}{26,7}$	$\frac{0,26}{10,4}$	$\frac{0,51}{11,3}$	$\frac{0,44}{16,1}$	$\frac{35}{57}$	1,2	0,9	0,8	0,9	24
Красноярский ранний	$\frac{0,56}{27,1}$	$\frac{0,37}{14,5}$	$\frac{0,88}{19,4}$	$\frac{0,6}{20,3}$	$\frac{43}{31}$	1,2	1,2	1,3	1,2	4
Полярный	$\frac{0,36}{19,2}$	$\frac{0,22}{8,8}$	$\frac{0,88}{19,3}$	$\frac{0,49}{15,8}$	$\frac{71}{38}$	0,8	0,7	1,3	0,9	33
Принцесса Натаван	$\frac{0,37}{17,9}$	$\frac{0,10}{3,9}$	$\frac{0,37}{8,2}$	$\frac{0,28}{10}$	$\frac{56}{71}$	0,8	0,3	0,5	0,6	42
Синичка	$\frac{0,48}{23,4}$	$\frac{0,38}{15}$	$\frac{0,60}{13,3}$	$\frac{0,49}{17,3}$	$\frac{23}{31}$	1	1,2	0,9	1,1	17
Спринтер	$\frac{0,33}{16,2}$	$\frac{0,34}{13,3}$	$\frac{0,7}{15,4}$	$\frac{0,46}{15}$	$\frac{46}{10}$	0,7	1,1	1	0,9	21
Холмогорский	$\frac{0,48}{23,5}$	$\frac{0,32}{12,5}$	$\frac{0,82}{18,2}$	$\frac{0,54}{18}$	$\frac{48}{31}$	1	1	1,2	1,1	9
Ред скарлетт (ст.)	$\frac{0,47}{22,9}$	$\frac{0,35}{14}$	$\frac{0,51}{11,3}$	$\frac{0,45}{16}$	$\frac{18}{38}$	1	1,2	0,7	1	21
Среднесортная урожайность	$\frac{0,46}{22,6}$	$\frac{0,31}{12}$	$\frac{0,68}{15,1}$	$\frac{0,48}{16,6}$	$\frac{41}{38}$	1	1	1	1	21
НСР05	$\frac{0,05}{2,2}$	$\frac{0,05}{2}$	$\frac{0,11}{2,5}$	$\frac{0,05}{1,5}$		0,2	0,2	0,1	0,1	

Таблица 2. Результаты изучения продуктивности, продуктивности воды и коэффициента адаптивности у среднеранних сортов картофеля в 2022-2024 гг.

Сорт	Продуктивность, кг/куст WP, кг/м ³			Среднее значение продуктивности, кг/куст WP, кг/м ³	Cv, %	Коэффициент адаптивности (K _A)			Средний K _A	Cv, %
	2022 г.	2023 г.	2024 г.			2022 г.	2023 г.	2024 г.		
Алка	$\frac{0,54}{26,4}$	$\frac{0,36}{14,3}$	$\frac{0,85}{18,8}$	$\frac{0,59}{19,9}$	$\frac{42}{31}$	1,2	1,2	1,3	1,2	3
Ариэль	$\frac{0,6}{29}$	$\frac{0,39}{15,3}$	$\frac{0,92}{20,3}$	$\frac{0,64}{21,5}$	$\frac{42}{32}$	1,3	1,3	1,3	1,3	3
Армада	$\frac{0,35}{16,9}$	$\frac{0,26}{10,1}$	$\frac{0,56}{12,3}$	$\frac{0,39}{13,1}$	$\frac{40}{27}$	0,8	0,8	0,8	0,8	6
Артур	$\frac{0,45}{22,1}$	$\frac{0,40}{15}$	$\frac{0,79}{17}$	$\frac{0,55}{18}$	$\frac{38}{20}$	1	1,3	1,2	1,2	14
Бабынинский	$\frac{0,49}{23,6}$	$\frac{0,34}{13,4}$	$\frac{0,86}{19}$	$\frac{0,56}{18,7}$	$\frac{48}{27}$	1,1	1,1	1,3	1,1	10
Багира	$\frac{0,52}{25,5}$	$\frac{0,33}{13,1}$	$\frac{0,70}{15,5}$	$\frac{0,52}{18}$	$\frac{35}{36}$	1,1	1,1	1	1,1	5
Виза	$\frac{0,61}{29,7}$	$\frac{0,25}{9,9}$	$\frac{0,41}{9,1}$	$\frac{0,43}{16,3}$	$\frac{43}{72}$	1,3	0,8	0,6	0,9	40
Вычегодский	$\frac{0,38}{18,5}$	$\frac{0,25}{9,9}$	$\frac{0,57}{12,6}$	$\frac{0,40}{13,7}$	$\frac{40}{32}$	0,8	0,8	0,8	0,8	1
Двинский	$\frac{0,51}{24,6}$	$\frac{0,30}{11,9}$	$\frac{0,71}{15,7}$	$\frac{0,51}{17,4}$	$\frac{40}{37}$	1,1	1	1	1	5
Догода	$\frac{0,48}{23}$	$\frac{0,32}{12}$	$\frac{0,96}{20,9}$	$\frac{0,58}{18,6}$	$\frac{57}{31}$	1	1	1,4	1,2	19

Евпатий	$\frac{0,53}{25,7}$	$\frac{0,36}{14}$	$\frac{0,60}{13,2}$	$\frac{0,50}{17,7}$	$\frac{25}{40}$	1,1	1,2	0,9	1,1	15
Зырянец	$\frac{0,60}{29,3}$	$\frac{0,43}{17,1}$	$\frac{0,74}{16,3}$	$\frac{0,59}{20,9}$	$\frac{26}{35}$	1,3	1,4	1,1	1,3	13
Кузбасский	$\frac{0,38}{18,2}$	$\frac{0,23}{9}$	$\frac{0,50}{11}$	$\frac{0,37}{12,7}$	$\frac{37}{38}$	0,8	0,7	0,7	0,8	6
Печорский	$\frac{0,47}{22,9}$	$\frac{0,33}{13,7}$	$\frac{0,69}{15,8}$	$\frac{0,5}{17,5}$	$\frac{37}{28}$	1	1,1	1	1	4
Самородок	$\frac{0,51}{24,8}$	$\frac{0,29}{11,6}$	$\frac{1,28}{28,3}$	$\frac{0,70}{21,6}$	$\frac{75}{41}$	1,1	1	1,9	1,3	38
Сосруко	$\frac{0,41}{19,9}$	$\frac{0,32}{12,5}$	$\frac{0,54}{11,9}$	$\frac{0,42}{14,8}$	$\frac{27}{30}$	0,9	1	0,8	0,9	14
Тайфун	$\frac{0,36}{17,4}$	$\frac{0,34}{13,3}$	$\frac{0,99}{21,8}$	$\frac{0,56}{17,5}$	$\frac{66}{24}$	0,8	1,1	1,4	1,1	30
Томичка	$\frac{0,42}{20,2}$	$\frac{0,26}{10,2}$	$\frac{0,76}{16,9}$	$\frac{0,48}{15,7}$	$\frac{54}{32}$	0,9	0,8	1,1	1	15
Фарн	$\frac{0,43}{21,1}$	$\frac{0,31}{12,3}$	$\frac{0,51}{11,3}$	$\frac{0,42}{14,9}$	$\frac{24}{36}$	0,9	1	0,8	0,9	15
Чародей	$\frac{0,37}{17,8}$	$\frac{0,29}{11,3}$	$\frac{0,86}{18,9}$	$\frac{0,50}{16}$	$\frac{61}{26}$	0,8	0,9	1,3	1	24
Шах	$\frac{0,67}{32,6}$	$\frac{0,38}{14,9}$	$\frac{0,93}{20,6}$	$\frac{0,66}{22,7}$	$\frac{42}{40}$	1,5	1,2	1,4	1,4	8
Гала (ст.)	$\frac{0,55}{26,7}$	$\frac{0,34}{13,2}$	$\frac{0,86}{18,9}$	$\frac{0,58}{19,6}$	$\frac{45}{35}$	1,2	1,1	1,3	1,2	7
Среднесортная урожайность	$\frac{0,48}{23,5}$	$\frac{0,32}{12,6}$	$\frac{0,75}{16,6}$	$\frac{0,52}{17,6}$	$\frac{43}{34}$	1	1,1	1,1	1,1	13
НСР05	$\frac{0,04}{1,9}$	$\frac{0,03}{0,9}$	$\frac{0,09}{1,9}$	$\frac{0,04}{1,2}$		0,1	0,1	0,1	0,1	

Таблица 3. Результаты изучения продуктивности, продуктивности воды и коэффициента адаптивности у среднеспелых и среднепоздних сортов картофеля в 2022-2024 гг.

Сорт	Продуктивность, кг/куст WP, кг/м ³			Среднее значение продуктивности, кг/куст WP, кг/м ³	Cv, %	Коэффициент адаптивности (K _A)			Средний K _A	Cv, %
	2022 г.	2023 г.	2024 г.			2022 г.	2023 г.	2024 г.		
Среднеспелые										
Арамис	<u>0,47</u> 23	<u>0,23</u> 8,9	<u>0,17</u> 3,8	<u>0,29</u> 11,9	<u>55</u> 83	1	0,7	0,3	0,7	58
Восторг	<u>0,45</u> 21,8	<u>0,38</u> 15	<u>0,79</u> 17,4	<u>0,54</u> 18,1	<u>40</u> 19	1	1,2	1,2	1,1	13
Дана	<u>0,49</u> 23,6	<u>0,34</u> 13,2	<u>0,57</u> 12,7	<u>0,47</u> 16,5	<u>26</u> 37	1,1	1,1	0,8	1	14
Кавалер	<u>0,51</u> 25	<u>0,24</u> 9,5	<u>0,68</u> 15	<u>0,48</u> 16,5	<u>46</u> 48	1,1	0,8	1	1	17
Каштан	<u>0,46</u> 22,3	<u>0,28</u> 11,1	<u>0,63</u> 13,8	<u>0,46</u> 15,7	<u>38</u> 37	1	0,9	0,9	0,9	4
Кетский	<u>0,49</u> 23,9	<u>0,26</u> 10	<u>0,59</u> 13,1	<u>0,45</u> 15,7	<u>39</u> 46	1,1	0,8	0,9	0,9	13
Крутой	<u>0,44</u> 21,1	<u>0,37</u> 14,4	<u>0,73</u> 16,1	<u>0,51</u> 17,2	<u>38</u> 20	0,9	1,2	1,1	1,1	12

Кузовок	$\frac{0,47}{22,8}$	$\frac{0,31}{12,3}$	$\frac{0,50}{11}$	$\frac{0,43}{15,4}$	$\frac{23}{42}$	1	1	0,7	0,9	18
Кумир	$\frac{0,46}{22,6}$	$\frac{0,40}{15,6}$	$\frac{0,95}{21,1}$	$\frac{0,60}{19,7}$	$\frac{50}{19}$	1	1,3	1,4	1,2	17
Мираж	$\frac{0,36}{17,3}$	$\frac{0,25}{9,9}$	$\frac{0,57}{12,6}$	$\frac{0,39}{13,3}$	$\frac{41}{28}$	0,8	0,8	0,8	0,8	4
Моряк	$\frac{0,41}{20}$	$\frac{0,34}{13,3}$	$\frac{0,79}{17,4}$	$\frac{0,51}{16,9}$	$\frac{47}{20}$	0,9	1,1	1,2	1,1	13
Надежда	$\frac{0,39}{18,9}$	$\frac{0,24}{9,5}$	$\frac{0,38}{8,4}$	$\frac{0,34}{12,3}$	$\frac{25}{47}$	0,8	0,8	0,6	0,7	20
Ника	$\frac{0,57}{27,9}$	$\frac{0,39}{15,5}$	$\frac{0,74}{16,4}$	$\frac{0,57}{19,9}$	$\frac{31}{35}$	1,2	1,3	1,1	1,2	9
Орлан	$\frac{0,51}{24,7}$	$\frac{0,37}{14,6}$	$\frac{0,89}{19,7}$	$\frac{0,59}{19,7}$	$\frac{46}{26}$	1,1	1,2	1,3	1,2	9
Розовый Чародей	$\frac{0,39}{18,9}$	$\frac{0,27}{10,7}$	$\frac{0,47}{10,4}$	$\frac{0,38}{13,3}$	$\frac{27}{36}$	0,8	0,9	0,7	0,8	12
Спиридон	$\frac{0,50}{24,2}$	$\frac{0,25}{10}$	$\frac{0,6}{13,2}$	$\frac{0,45}{15,8}$	$\frac{39}{47}$	1,1	0,8	0,9	0,9	14
Тарасов	$\frac{0,51}{25}$	$\frac{0,30}{11,8}$	$\frac{0,57}{12,7}$	$\frac{0,46}{16,5}$	$\frac{31}{45}$	1,1	1	0,8	1	14
Терский	$\frac{0,47}{23}$	$\frac{0,31}{12,2}$	$\frac{0,62}{13,7}$	$\frac{0,47}{16,3}$	$\frac{33}{36}$	1	1	0,9	1	6
Флагман	$\frac{0,32}{15,4}$	$\frac{0,37}{14,8}$	$\frac{0,94}{20,7}$	$\frac{0,54}{16,9}$	$\frac{63}{19}$	0,7	1,2	1,4	1,1	33
Интеллигент	$\frac{0,40}{19,6}$	$\frac{0,31}{12,4}$	$\frac{0,69}{15,2}$	$\frac{0,47}{15,7}$	$\frac{42}{23}$	0,9	1	1	1	9
Роко (ст.)	$\frac{0,60}{29,1}$	$\frac{0,54}{21,1}$	$\frac{0,77}{17,0}$	$\frac{0,64}{22,4}$	$\frac{18}{17}$	1,3	1,8	1,1	1,4	24
Среднесортная урожайность	$\frac{0,46}{22,4}$	$\frac{0,32}{12,7}$	$\frac{0,65}{14,4}$	$\frac{0,47}{16,5}$	$\frac{35}{35}$	1	1,1	1	1	16
НСР05	$\frac{0,03}{1,5}$	$\frac{0,04}{1,3}$	$\frac{0,08}{1,8}$	$\frac{0,04}{1,1}$		0,1	0,1	0,1	0,1	
Среднепоздние										
Дальневосточный	$\frac{0,39}{18,8}$	$\frac{0,34}{13,4}$	$\frac{0,64}{14,2}$	$\frac{0,46}{15,5}$	$\frac{36}{19}$	0,8	1,1	0,9	1	14
Чайка	$\frac{0,52}{25,4}$	$\frac{0,31}{12,3}$	$\frac{0,62}{13,6}$	$\frac{0,48}{17,1}$	$\frac{32}{42}$	1,1	1	0,9	1	11
Танго (ст.)	$\frac{0,38}{18,4}$	$\frac{0,23}{8,9}$	$\frac{0,48}{10,5}$	$\frac{0,36}{12,8}$	$\frac{34}{11}$	0,8	0,8	0,7	0,8	8
Среднесортная урожайность	$\frac{0,43}{20,9}$	$\frac{0,29}{11,5}$	$\frac{0,58}{12,8}$	$\frac{0,43}{15,1}$	$\frac{34}{24}$	0,9	1	0,7	0,8	11
НСР05	$\frac{0,15}{7,3}$	$\frac{0,11}{1,3}$	$\frac{0,16}{3,6}$	$\frac{0,12}{3,9}$		0,4	1	0,4	0,3	

Сорта в питомнике эколого-географического испытания оценивали по показателям продуктивность, товарность, количество клубней с куста, средний вес клубня и выход клубней фракции 50+ мм (табл. 4-6). В среднем ранние сорта за три года формировали по 7,2 клубней на растение, выделились сорта Полярный (9,1 шт./куст, Cv 41%), Арго (8,9 шт./куст, Cv 35%). Стабильность признака по годам показана у сорта Синичка (6,8 шт./куст, Cv 8%). Среднее значение массы клубня установлено на уровне 67 г. Крупные клубни формировали сорта Блоссом (82 г, Cv 43%), Красноярский ранний (77 г, Cv 28%). Выход клубней диаметром более 50 мм в среднем за три года составило 38 %, выделились сорта Синичка (56%, Cv 18%) и Блоссом (54%, Cv 29%).

Среднеранние сорта формировали по 8,2 клубня на растение, выделились сорта Двинский (10,7 шт./куст, Cv 31%), Догота (9,9 шт./куст, Cv 32%) и Самородок (9,7 шт./куст,

Cv 24%). Среднее значение массы клубня было на уровне 66 г. Крупные клубни формировали сорта Шах (93 г, Cv 38%), Зырянец (91 г, Cv 32%) и Тайфун (90 г, Cv 37%). Выход клубней диаметром более 50 мм в среднем за три года составило 41%, выделились сорта Зырянец (69%, Cv 17%), Тайфун (63%, Cv 22%) и Шах (62%, Cv 39%).

Среднеспелые сорта формировали по 7,5 клубня на растение, выделили сорта Кумир (11,9 шт./куст, Cv 42%), Орлан (9,3 шт./куст, Cv 26%), Дана (9,1 шт./куст, Cv 21%) и Моряк (9,1 шт./куст, Cv 18%). Среднее значение массы клубня выявлено на уровне 65 г. Крупные клубни формировали стандарт Роко (88 г, Cv 25%) и Интеллигент (81 г, Cv 44%). Выход клубней диаметром более 50 мм в среднем за три года составило 39 %, выделились сорта Интеллигент (57%, Cv 39%) и стандарт Роко (57%, Cv 25%) и Ника (50%, Cv 37%).

Среднепоздние сорта формировали по 8,1 клубня на растения, выделился сорт Чайка (10,7 шт./куст, Cv 61%). Среднее значение массы клубня выявлено на уровне 55 г. Крупные клубни формировал сорт стандарт Танго (58 г, Cv 22%). Выход клубней диаметром более 50 мм в среднем за три года составило 37%, выделился сорт Танго (38%, Cv 31%).

Таблица 4. Структура урожайности у ранних сортов картофеля в питомнике эколого-географического испытания в среднем за 2022-2024 гг.

Сорт	Продуктивность, шт./куст	Cv,%	Средний вес клубня, г	Cv,%	Выход клубней 50+ мм, %	Cv,%
Арго	8,9	35	60	44	24	95
Башкирский ранний	7,5	11	74	49	48	54
Блоссом	6,4	12	82	37	57	29
Глория	7,2	17	63	12	44	26
Калужский	7,1	25	61	17	32	46
Красноярский ранний	7,7	18	77	30	45	45
Полярный	9,1	41	50	33	13	95
Принцесса Натаван	6,0	61	48	49	28	86
Синичка	6,8	6	72	20	56	18
Спринтер	6,4	21	69	23	31	41
Холмогорский	7,2	12	76	46	45	49
Ред скарлетт (ст.)	6,3	8	74	15	39	60
Среднесортная урожайность	7,2	22	67,2	31	38	55
НСР05	0,4		6,6		7,6	

Таблица 5. Структура урожайности у среднеранних сортов картофеля в питомнике эколого-географического испытания в среднем за 2022-2024 гг.

Сорт	Продуктивность, шт./куст	Cv,%	Средний вес клубня, г	Cv,%	Выход клубней 50+ мм, %	Cv,%
Алка	8,6	39	73	47	53	41
Ариэль	7,3	20	89	44	58	34
Армада	7,5	18	56	56	29	74
Артур	7,9	12	70	37	42	43
Бабынинский	8,5	11	66	39	49	48
Багира	8,0	9	65	31	30	59
Виза	7,8	61	59	18	43	34
Вычегодский	9,3	31	48	63	23	97
Двинский	10,7	32	51	53	32	84
Догода	9,9	23	61	52	37	70
Евпатий	7,3	15	70	21	52	38
Зырянец	6,6	25	91	16	69	17
Кузбасский	8,2	27	46	38	15	87
Печорский	6,3	77	76	19	56	26

Самородок	9,7	24	68	61	30	85
Сосруко	8,8	14	50	43	28	69
Тайфун	5,9	29	90	37	63	22
Томичка	8,7	40	55	16	18	67
Фарн	9,3	35	50	47	27	83
Чародей	7,6	35	65	40	42	54
Шах	7,1	13	93	40	62	39
Гала (ст.)	9,5	23	63	38	36	60
Среднесортная урожайность	8,2	28	66	39	41	56,9
НСР05	0,5		6,2		6,7	

Таблица 6. Структура урожайности у среднеспелых и среднепоздних сортов картофеля в питомнике эколого-географического испытания в среднем за 2022-2024 годы

Сорт	Продуктивность, шт./куст	Cv,%	Средний вес клубня, г	Cv,%	Выход клубней 50+ мм, %	Cv,%
Среднеспелые						
Арамис	5,1	44	57	7	33	47
Восторг	7,8	20	75	61	34	73
Дана	9,1	18	52	34	23	76
Кавалер	7,5	15	62	40	41	49
Каштан	6,7	24	69	37	38	60
Кетский	6,8	37	66	17	39	34
Крутой	8,4	6	59	31	38	52
Кузовок	7,8	36	58	25	24	72
Кумир	11,9	26	60	57	30	88
Мираж	5,3	17	74	40	48	43
Моряк	9,1	18	55	33	37	44
Надежда	6,0	23	57	14	31	47
Ника	8,3	38	72	30	50	37
Орлан	9,3	28	65	46	46	59
Розовый Чародей	7,5	21	50	20	31	41
Спиридон	6,8	31	67	28	31	68
Тарасов	6,6	11	71	27	42	55
Терский	8,6	8	55	37	38	46
Флагман	8,0	35	80	85	47	68
Интеллигент	6,0	11	81	48	57	39
Роко (ст.)	5,9	32	88	7	57	25
Среднесортная урожайность	7,5	24	65,5	34	38,9	53
НСР05	3,9		4,7		4,2	
Среднепоздние						
Дальневосточный	8,6	15	53	33	36	51
Чайка	10,7	58	53	35	37	42
Танго (ст.)	5,0	46	58	23	38	31
Среднесортная урожайность	8,1	40	54,7	30	37,2	41,1
НСР05	5,2		5,1		1,5	

Для выявления наличия болезней и ростовых аномалий на клубнях изученных сортов картофеля, выращенных в условиях лесостепной зоны Республики Татарстан, проводили визуальный осмотр в послеуборочной пробе.

На фоне резких перепадов влажности почвы и высокой температуры воздуха в 2024 году показано сильное проявление ростовых трещин, вторичного роста клубней, образование «деток». У 83% изученных сортов установлено наличие ростовых трещин средней и сильной степени на более чем 5% клубней в уборочной пробе. Растрескивание более чем 50% клубней в уборочной пробе зафиксировано у сортов Арамис (58,8%, средней степени) и Надежда

(53,4%, средней степени). Слабое растрескивание клубней, менее 5% в уборочной пробе зафиксировано у сортов Ника (1%), Терский (1,3%), Арго (1,5%), Крутой (1,9%), Спринтер (2,2%), Калужский (4,4%), Багира (4,8%), Принцесса Натаван (5%). По устойчивости к образованию ростовых трещин выделились сорта Евпатий и Шах.

Вторичный рост более 2% клубней в уборочной пробе показан у 98% изучаемых сортов. По устойчивости к вторичному росту выделились сорта Виза (0,0%), Невский (0,0%), Калужский (0,8%), Томичка (0,9%).

Образование «деток» на клубнях обнаружено у сортов Самородок (0,6%), Калужский (1,0%), Моряк (1,0%), Фарн (1,7%), Кумир (2,3%), Печорский (6,7%), Блоссом (12,2%).

Степень интенсивность поражения клубней обыкновенной, сетчатой, бугорчатой паршой соответствует следующим критериям оценки. Слабая степень соответствует поражению менее 1/3 поверхности клубня, средняя степень – от 1/3 до 2/3 поверхности клубня, сильная степень – более 2/3 поверхности клубня.

Наличие в послеуборочной пробе более 2% клубней, пораженных паршой обыкновенной в сильной степени, показано у сортов Зырянец (8,5%), Арамис (5,8%), Артур (2%), Печорский (1,8%). Пораженных паршой обыкновенной в средней степени у сортов Башкирский ранний (1,6%), Виза (3,7%), Глория (2,9%), Дальневосточный (1,9%), Моряк (2,7%), Полярный (4,3%), Розовый Чародей (2,8%), Флагман (3,7%), Чайка (7,6%), Интеллигент (2,5%), Калужский (4,7%), и пораженных в слабой степени у сортов Кумир (4,6%), Надежда (5,4%), Печорский (4,1%), Сосруко (2,4%).

Значительное поражение сетчатой паршой наблюдали у сортов Виза (4,3%), Калужский (3,3%), Надежда (4,4%), Чайка (10,7%), слабое поражение Зырянец (19,5%).

Поражение бугорчатой паршой выявлено в условиях 2023 года. Сильное поражение наблюдалось у сорта Арго (13,4%), среднее поражение Ариэль (2,4%), Глория (4,4%), Кавалер (7,6%), Калужский (3,1%), Каштан (8,1%), Кузовок (2,5%), Кумир (2,7%), Мираж (3,6%), Синичка (2,3%), Сосруко (2,4%), Спиридон (11,4%), Тарасов (11,4%), Шах (2,6%), Удача (2,6%), Невский (5,9%), Слабое поражение у сортов Томичка (2,3%), Интеллигент (2,8%).

В условиях засухи и высокой температуры воздуха на богаре имеет место значительное распространение сухих гнилей, вызываемых грибами рода *Fusarium*. По типу проявления на клубне подразделили на сухую гниль и фузариозную сухую гниль. Сухая гниль, к которой мы отнесли случай с локализацией некротизированных тканей в разных частях клубня кроме столонной, со степенью развития на более 2% клубней в послеуборочной пробе, была выявлена на сортах Дана (2,3%), Каштан (2,4%), Глория (2,4%), Алка (3,6%), Калужский (4,6%), Шах (3,6%), Чайка (3,7%), Печорский (4,2%), Полярный (4,2%), Блоссом (4,8%), Арамис (10,9%), Армада (2,8%), Башкирский ранний (7%), Виза (3,7%), Восторг (4,1%), Крутой (4,4%), Мираж (3,0%), Удача (4,9%), Невский (2,2%).

Фузариозная гниль, к которой мы отнесли случай с локализацией некротизированных тканей в столонной части клубня, со степенью развития на более 2% клубней в послеуборочной пробе, обнаружена на сортах Орлан (2,0%), Арамис (2,7%), Артур (2,3%), Невский (3,7%), Синичка (2,6%), Башкирский ранний (5,1%), Кузбасский (2,9%), Флагман (3,0%), Дальневосточный (3,4%), Алка (15,7%), Тарасов (6,7%), Чайка (5,7%), Сосруко (7,3%), Глория (4,9%), Дана (5,7%), Спринтер (6,2%), Догота (7,0%), Калужский (7,9%), Блоссом (14,2%), Виза (17,9%), Удача (15,5%), Крутой (20,1%), Ариэль (2,4%), Восторг (2,4%), Кетский (2,7%), Кузовок (2,5%), Мираж (5,2%), Моряк (4,5%), Терский (5,7%).

Мокрая гниль (>2%) обнаружена на клубнях сортов Крутой (2,2%) и Мираж (4,9%).

В результате трехлетнего исследования набора отечественных сортов картофеля в условиях богары в Республике Татарстан по устойчивости к болезням выделились сорта Евпатий, Багира, Ника.

Выводы

1. В условиях Республики Татарстан на богаре установлено статистически достоверное влияние агроклиматических условий года ($p=0,00$) и группы спелости ($p=0,004$) на продуктивность изученных сортов картофеля.
2. На продуктивность и структуру урожая изученных сортов картофеля оказали влияние не только количество осадков, но и их распределение в течение вегетационного сезона.
3. Наиболее полно генетический потенциал реализовали раннеспелые и среднеранние сорта картофеля.
4. По результатам трехлетнего испытания наиболее эффективно доступную влагу для формирования урожая использовали сорта Красноярский ранний ($WP=20,6 \text{ кг/м}^3$; $0,93 \text{ кг/куст}$), Ариэль ($WP=21,5 \text{ кг/м}^3$; $0,64 \text{ кг/куст}$), Самородок ($WP=21,6 \text{ кг/м}^3$; $0,70 \text{ кг/куст}$), Шах ($WP=22,7 \text{ кг/м}^3$; $0,66 \text{ кг/куст}$), Кумир ($WP=19,7 \text{ кг/м}^3$; $0,60 \text{ кг/куст}$), Восторг ($WP=18,1 \text{ кг/м}^3$; $0,54 \text{ кг/куст}$).
5. Высокой и стабильной по годам адаптивностью обладали сорта Красноярский ранний ($KA=1,2$; $Cv=4\%$), Холмогорский ($KA=1,1$; $Cv=9\%$), Алка ($KA=1,2$; $Cv=3\%$), Ариэль ($KA=1,3$; $Cv=3\%$), Бабынинский ($KA=1,1$; $Cv=10\%$), Багира ($KA=1,1$; $Cv=5\%$), Двинский ($KA=1,1$; $Cv=5\%$), Печорский ($KA=1,0$; $Cv=4\%$), Шах ($KA=1,4$; $Cv=8\%$), Гала ($KA=1,2$; $Cv=7\%$), Ника ($KA=1,2$; $Cv=9\%$), Орлан ($KA=1,2$; $Cv=9\%$).
6. По устойчивости к болезням в условиях богары в Республике Татарстан выделились сорта Евпатий, Багира, Ника.

Список источников

1. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2024 году: бюллетень. Ч. 2 [Электронный ресурс] // Росстат. <http://ssl.rosstat.gov.ru/>
2. Гизатуллина А. Т. и др. Сравнительное изучение сортов картофеля на богаре и орошении / А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски, С.Г. Вологин, Е.А. Гимаева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 75-84.
3. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
4. Методика морфологического анализа и оценки ростовых аномалий у образцов картофеля / З. Сташевски, Е.А. Гимаева, А.Т. Гизатуллина, С.Г. Вологин, О.А. Кузьмина, Г.Ф. Сафиуллина. Казань, 2017. 4 с.
5. Молявко А. А. и др. Адаптивность сортов картофеля – важный фактор урожайности / А.А. Молявко, С.В. Жевора, А.В. Марухленко, Н.П. Борисова, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1(89). С. 17-23.
6. Новиков А. А., Родин К. А. Новые сорта картофеля для возделывания при орошении в Нижнем Поволжье // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 3. С. 155–164.
7. Россельхозцентр: информационный листок [Электронный ресурс]. <https://rosselkhoscenter.ru/>
8. Сафонов А. Д. и др. Эколого-географическое испытание картофеля ранней и ультраранней групп спелости в лесостепи Приобья / А. Д. Сафонова, А. С. Батов, Ю. А. Гуреева, Е.А. Орлова // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 56–61.
9. Сташевски З. и др. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля / З. Сташевски, О.А. Кузьмина, С.Г. Вологин, А.Т. Гизатуллина, Е.А. Гимаева, Г.Ф. Сафиуллина, С.Д. Киру, А.Э. Шабанов, А.Д. Сафонова, Н.И. Полушин, Е.В. Журавлева // Земледелие. 2019. № 6. С. 43-48.
10. Трубачева Л. В. и др. Влияние мелиоративных мероприятий на формирование урожайности сельскохозяйственных культур в условиях зоны неустойчивого увлажнения ставропольского края / Л.В. Трубачева, О.И. Власова, Е.В. Письменная, И.А. Вльтерс // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 4(68). С. 18-23.
11. ФАОСТАТ: база данных [Электронный ресурс]. <https://www.fao.org/statistics/ru>.

12. Misgina N.A. et al. Growth, Yield, and Water Productivity of Potato Genotypes Under Supplemental and Non-Supplemental Irrigation in Semi-Arid Areas of Northern Ethiopia / N. A. Misgina, H. M. Beshir, D.B. Yohannes, G.H. Gebreyohanes // *Agronomy*. 2025. Vol. 15. Pp. 1-22.
13. Mori K. et al. Challenges of breeding potato cultivars to grow in various environments and to meet different demands / K. Mori, K. Asano, S. Tamiya, Nakao T., Mori M. // *Breeding Science*. 2015. Vol. 65. Pp. 3-16.
14. Ortiz R. et al. Adaptability, stability, and productivity of potato breeding clones and cultivars at high latitudes in Europe / R. Ortiz, F. Reslow, J. Huicho, Vetukuri R., Crossa J. // *Discover Life*. 2024. Vol. 54. No. 13.

References

1. Gross harvests and crop yields in the Russian Federation in 2024: bulletin, Part 2 [Electronic resource]. Rosstat. <http://ssl.rosstat.gov.ru/>
2. Gizatullina A. T. et al. Comparative study of potato varieties in bogar and irrigation. A.T. Gizatullina, Z. Stashevsky, S.G. Vologda, E.A. Gimaeva. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 75-84.
3. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "yield". *Breeding and seed production*, 1994, no. 2, pp. 3-6.
4. Methodology of morphological analysis and assessment of growth anomalies in potato samples. Z. Stashevsky, E.A. Gimaeva, A.T. Gizatullina, S.G. Vologda, O.A. Kuzminova, G.F. Safiullina. *Kazan*, 2017. 4 p.
5. Molyavko A. A. et al. Adaptability of potato varieties is an important factor in yield. A.A. Molyavko, S.V. Zhevora, A.V. Marukhlenko, N.P. Borisova, V.E. Torikov. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2022, no. 1(89), pp. 17-23.
6. Novikov A. A., Rodin K. A. New potato varieties for irrigation cultivation in the Lower Volga region. *Melioration and hydraulic engineering*, 2024, vol. 14, no. 3, pp. 155-164.
7. Russian Agricultural Center: information leaflet. [Electronic resource]. <https://rosselhocenter.ru/>
8. Safonov A.D. et al. Ecological and geographical testing of potatoes of early and ultra-early ripeness groups in the forest-steppe of the Ob region. A.D. Safonova, A. S. Batov, Yu. A. Gureeva, E.A. Orlova. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*, 2020, vol. 34, no. 10, pp. 56-61.
9. Stashevsky Z. et al. The first results of ecological and geographical testing of new Russian potato varieties. Z. Stashevsky, O.A. Kuzminova, S.G. Vologda, A.T. Gizatullina, E.A. Gimaeva, G.F. Safiullina, S.D. Kiru, A.E. Shabanov, A.D. Safonova, N.I. Polukhin, E.V. Zhuravleva. *Agriculture*, 2019, no. 6, pp. 43-48.
10. Trubacheva L. V. et al. The influence of land reclamation measures on the formation of crop yields in the conditions of unstable moisture in the Stavropol Territory. L.V. Trubacheva, O.I. Vlasova, E.V. Pisennaya, I.A. Vlters. *Bulletin of the Agroindustrial Complex of the Upper Volga region*, 2024, no. 4(68), pp. 18-23.
11. FAOSTAT: database [Electronic resource]. <https://www.fao.org/statistics/ru>.

Информация об авторах

А.Т. Гизатуллина – старший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

З. Сташевски – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

С.Г. Вологин – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

Е.А. Гимаева – старший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

Ф.Р. Амерханова – младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

Э.И. Закиева – младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии.

Information about the authors

A.T. Gizatullina – Senior Researcher, Department of Agricultural Biotechnology;

Z. Stasevski – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Agricultural Biotechnology;

S.G. Vologin – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Agricultural Biotechnology;

E.A. Gimaeva – Senior Researcher, Department of Agricultural Biotechnology, Tatar Research Institute of Agriculture;

F.R. Amerkhanova – Junior Researcher, Department of Agricultural Biotechnology, Tatar Research Institute of Agriculture;

E.I. Zakieva – Junior Researcher, Department of Agricultural Biotechnology, Tatar Research Institute of Agriculture.

Научная статья

УДК 635.634;631.8

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-146-152

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НАД ПОПУЛЯЦИЯМИ ГОРОХОВОЙ ТЛИ

Дубровина Татьяна Юрьевна¹, Дубровина Ольга Алексеевна²,
Зубкова Татьяна Владимировна³✉

^{1,2,3}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,

Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

¹dubrovvina@mail.ru

²laboratoria101@mail.ru

³zubkovatanua@yandex.ru✉

Аннотация. Одним из наиболее серьезных вредителей сельскохозяйственных культур семейства бобовых, особенно гороха, является гороховая тля (*Acyrtosiphon pisum* Harris). Повреждая посевы, этот вредитель вызывает хлороз и некроз листьев, служит переносчиком вирусных заболеваний, что приводит к значительным потерям урожая в России. Именно поэтому борьба с гороховой тлей и грамотное использование инсектицидов становятся важными задачами агропроизводителей. Целью нашего исследования стало изучение влияния двух типов инсектицидов: химического препарата класса неоникотиноидов (Эфория) и биологически активного средства (Нодикс) на численность гороховой тли (*A. pisum*) и последующее влияние на продуктивность культуры. Методика эксперимента заключалась в обследовании фиксированных площадок площадью 0,25 м² путем наложения специальных рамок на посевы гороха с последующим подсчетом числа особей тли визуально. Затем были рассчитаны показатели средней плотности популяции и уровня смертности тли на третий и седьмой дни после обработки соответствующим препаратом. Полученные данные показали высокую эффективность обоих исследуемых препаратов против гороховой тли. Оба средства значительно снизили численность вредителя на протяжении всего вегетационного периода. Особенно выделился химический инсектицид Эфория, обеспечив практически полное уничтожение насекомых уже через неделю после применения, продемонстрировав высокую биологическую активность. Биологический препарат Нодикс показал умеренную эффективность, вызвав гибель примерно 76,9% особей тли, что подтверждает его пригодность для борьбы с данным вредителем в реальных полевых условиях. Таким образом, оба препарата подтвердили свою способность существенно снизить негативное воздействие гороховой тли на урожайность сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: горох, гороховая тля, инсектициды, урожайность, биологическая эффективность.

Для цитирования: Дубровина Т.Ю., Дубровина О.А., Зубкова Т.В. Эффективность методов биологического и химического контроля над популяциями гороховой тли // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 146-152. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-146-152>.

Права: © Т.Ю. Дубровина, О.А. Дубровина, Т.В. Зубкова (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

EFFECTIVENESS OF METHODS OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL CONTROL OVER PEA APHIDS POPULATIONS

Tatyana Yu. Dubrovina¹, Olga A. Dubrovina², Tatiana V. Zubkova³✉

^{1,2,3}Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia

¹dubrovvina@mail.ru

²laboratoria101@mail.ru

³zubkovatanua@yandex.ru✉

Abstract. One of the most serious pests of legume crops, especially peas, is the pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* Harris). By damaging crops, this pest causes chlorosis and necrosis of leaves, and serves as a carrier of viral diseases, which leads to significant crop losses in Russia. That is why the control of pea aphids and the proper use of insecticides are becoming important tasks for agricultural producers. The purpose of our study was to study the effect of two types of insecticides: a chemical preparation of the neonicotinoid class (Eforia) and a biologically active agent (Nodix) on the number of pea aphids (*A. pisum*) and the subsequent effect on crop productivity. The experimental method consisted of examining fixed sites with an area of 0.25 m² by applying special frames to pea crops, followed by visual counting of the number of aphid individuals. Then, the indicators of the average population density and the mortality rate of aphids on the third and seventh days after treatment with the appropriate drug were calculated. The data obtained showed the high effectiveness of both studied drugs against pea aphids. Both products significantly reduced the number of pests throughout the growing season. The chemical insecticide Eforia stood out especially, ensuring the almost complete destruction of insects within a week after application, demonstrating high biological activity. The biological drug Nodix showed moderate effectiveness, causing the death of approximately 76.9% of aphid species, which confirms its suitability for controlling this pest in real field conditions. Thus, both drugs have confirmed their ability to significantly reduce the negative impact of pea aphids on agricultural yields.

Key words: peas, pea aphids, insecticides, yield, biological efficiency.

For citation: Dubrovina T.Yu., Dubrovina O.A., Zubkova T.V. The effectiveness of methods of biological and chemical control over populations of pea aphids. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 146-152. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-146-152>.

Copyright: © T.Yu. Dubrovina, O.A. Dubrovina, T.V. Zubkova (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Горох относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур, играющих ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивом развитии российского сельского хозяйства [1,4]. Ежегодные потери урожая, возникающие при его возделывании, часто обусловлены деятельностью вредителей, среди которых особое внимание уделяется гороховой тле (*Acyrtosiphon pisum*).

Тли принадлежат к числу основных видов насекомых-вредителей, наносящих существенный ущерб сельскому хозяйству [11]. Вид *Acyrtosiphon pisum*, относящийся к насекомым с неполным метаморфозом, характеризуется наличием как апомиктического партеногенетического живорождения, так и полового размножения, известного как репродуктивный полифенизм.

Весной жизненный цикл вида начинается с появления бескрылых самок, развившихся из перезимовавших оплодотворенных яиц. Новые поколения проходят стадию оогенеза и эмбрионального развития ещё у личинок, находясь в теле матери (явление телескопирования поколений). Летом, при благоприятных температурных условиях, гороховая тля активно размножается посредством партеногенеза, производя генетически идентичное потомство, проходящее четыре нимфальные стадии перед достижением зрелого возраста. Одна взрослая особь способна произвести от 50 до 100 нимф ежедневно, скорость производства составляет шесть-семь новых особей в день. Через семь-пятнадцать дней после рождения сами нимфы начинают давать собственное потомство, проявляя признаки либо крылатости, либо бескрылости, что зависит от условий окружающей среды и состояния кормового растения [12, 13].

Осенью короткий световой день стимулирует образование ювенильных гормонов в гемолимфе, что запускает появление партеногенетических самок, образующих единственное поколение, состоящее преимущественно из крылатых и бескрылых самцов и бескрылых яйцекладущих самок. Половые различия возникают благодаря специфическому процессу формирования половых клеток, в ходе которого самцы теряют одну X-хромосому. Оплодотворение возможно лишь тогда, когда сперматозоид несёт вторую X-хромосому, обеспечивая получение исключительно женских особей (XX). После спаривания половозрелые самки откладывают оплодотворённые яйца, предназначенные для зимней диапаузы. Эмбрионы в яйцах

проходят длительное развитие, начиная весеннюю фазу своего жизненного цикла примерно через сто дней после закладки [5,12].

Растения семейства бобовых являются основными хозяевами для гороховой тли [6], поскольку именно эти культуры страдают наибольшими повреждениями от её жизнедеятельности. Тли питаются флоэматическими соками растений, попутно вводя токсины, приводящие к развитию симптомов болезней, таких как хлороз листьев, некротизация тканей и общее угнетение роста растений. Помимо прямого вреда, вызванного питанием, значительная доля ущерба связана с передачей вирусных инфекций, распространяемых тлями, что способствует заражению растений приблизительно в половине всех случаев передачи вирусов [12, 14].

Современные подходы к защите растений предполагают комплексное использование методов борьбы с вредителями, включая химические препараты и новейшие достижения биотехнологии [2, 8]. Выбор инсектицидов для испытаний должен учитывать критерии эффективности, селективности, безопасности, доступности и экономических факторов, принимая во внимание региональные климатические условия, сортовые характеристики гороха и действующие нормы и правила [7, 10, 15].

Цель исследования – изучение эффективности современных биологических и химических средств защиты растений, применяемых в полевых условиях для подавления популяций гороховой тли.

Материалы и методы исследований

Выращивание гороха проводилось на учебно-опытном участке Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина в период 2023-2024 годов. Почва участка представлена выщелоченным чернозёмом с уровнем кислотности 5,6-5,7, содержанием гумуса 5,7%, фосфора – 186-194 мг/кг почвы и обменного калия – 110-116 мг/кг почвы. Площадь экспериментальных делянок составляла 6 м² каждая, повторность была четырехкратной.

Для оценки численности вредных насекомых использовался метод учета фиксированных площадок размером 0,25 м² с применением специальной рамки, накладываемой на посевы гороха, и последующей визуальной оценкой плотности популяции вредителей. Отбор образцов выполнялся равномерно вдоль диагоналей опытных участков.

Высев сорта гороха Рокет РС-1 проводился рядовым способом с нормой высева 1,0 млн всхожих семян на гектар в конце третьей декады апреля.

Объектом изучения стала гороховая тля (*Acyrtosiphon pisum*), широко распространённый вредитель, питающийся молодыми частями растений и выступающая переносчиком вирусных заболеваний. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) тли наступал при заселении свыше 20% поверхности растения колониями тлей в фазе образования бутонов. Предмет исследования – влияние гороховой тли на зернобобовые культуры, определение порога численности популяции, при которой наблюдается значительное снижение урожайности и ухудшение качества продукции.

Борьба с тлёй проводилась дважды: в фазу бутонизации и цветения (интервал 14 дней), используя инсектициды из различных химических групп (неоникотиноиды и биоинсектициды).

Схема эксперимента: 1. Контроль (без обработки); 2. Эфория – 0,2 л/га; 3. Нодикс – 1 л/га.

Наблюдение за развитием растений, закладку опытов, обработку данных и статистический анализ проводили в соответствии с общими методами опытного дела, рекомендованными Б.А. Доспеховым [3], а также другими общепринятыми методиками и рекомендациями.

Оценку численности вредителей вели по утверждённым методикам Всероссийского института защиты растений (ВИЗР) [9].

Биологическую эффективность инсектицидов против вредителей определяли по формуле:

$$X = [(A - B) / A] \times 100, \quad (1)$$

где X – снижение численности вредителей, %;

A – средняя численность вредителей в контрольном варианте, шт.;

В — средняя численность вредителей в опытном варианте, шт.

Определение биологического урожая проводилось путём отбора снопов с площадок площадью 1 м² в двухкратной повторности с каждой делянки.

Статистический анализ данных выполнен методом дисперсионного анализа.

Погодные условия начала 2023 года были благоприятными для накопления влаги в почве. К началу полевых работ в 2023 году запасы воды в почве превышали норму на 20-30 мм, достигая 190-210 мм в метровом слое. Осадки в апреле превысили месячную норму более чем вдвое (около 80 мм), что задерживало выполнение ряда сельхозработ. Неустойчивость погодных условий продолжалась вплоть до первой половины мая, характеризуюсь частыми осадками и похолоданиями ночью до отрицательных значений. Во второй декаде мая установились тёплые дневные температуры, приближающиеся к средним многолетним значениям.

Июль характеризовался высокими средними температурами (+22 °С) и повышенной влажностью воздуха (сумма осадков составила - 135 мм, что составляло 198% от нормы). Август был тёплым (+22,2 °С), сумма осадков составила 51 мм. В целом климатические условия 2023 года складывались благоприятно для развития гороха. ГТК этого периода составило 1,21.

Агрометеорологические условия в течение 2024 года складывались неблагоприятно для нормального развития культуры, но оказались оптимальными для исследуемых вредителей. В период активной вегетации (апрель-август) 2024 года количество выпавших осадков оказалось значительно ниже средних многолетних показателей: в апреле-мае оно составило лишь 30% от нормы, а в июне и первую декаду июля уменьшилось до критического уровня - всего 10% от среднестатистических значений. Только к моменту уборки количество выпавших осадков приблизилось к норме. Средняя температура воздуха за указанный период (апрель-август) равнялась 15,6 °С, что немного превышало среднюю многолетнюю температуру, составляющую 14,1 °С. Гидротермический коэффициент (ГТК) этого периода составил 1,10.

Результаты исследований и их обсуждение

Обработка препаратами привела к существенному сокращению числа особей и увеличению показателя биологической эффективности.

Наибольшую эффективность в опыте против гороховой тли при разных сроках учёта показал инсектицид Эфория. В среднем за два года исследования, через три дня после первого опрыскивания, в фазе бутонизации, препарат обеспечивал уничтожение 66,7% особей вредителя, а через семь дней биологическая эффективность инсектицида увеличивалась до 85,7% (см. табл. 1).

Таблица 1. Результаты испытаний инсектицидов на гороховую тлю (*Acyrtosiphon pisum*), (среднее за 2023-2024 гг.)

Вариант	Сроки учетов, дней	Количество экз./1 р-ии в фазу бутонизации	Биологическая эффективность инсектицида	Количество экз./1 р-ии в фазу цветения	Биологическая эффективность инсектицида, %
Контроль	3	$\frac{17,2}{29,4}$	—	$\frac{22,6}{33,2}$	—
	7	$\frac{19,3}{31,4}$	—	$\frac{21,5}{33,8}$	—
Эфория	3	$\frac{5,7}{9,8}$	$\frac{66,8}{66,6}$	$\frac{3,8}{5,1}$	$\frac{83,1}{84,6}$
	7	$\frac{2,7}{4,6}$	$\frac{86,0}{85,3}$	- -	$\frac{100}{100}$

Нодикс	3	$\frac{7,8}{13,3}$	$\frac{54,6}{54,7}$	$\frac{5,7}{7,9}$	$\frac{73,4}{76,6}$
	7	$\frac{5,65}{9,32}$	$\frac{70,7}{70,3}$	$\frac{4,97}{7,78}$	$\frac{76,8}{76,9}$

Примечание: числитель 2023 год, знаменатель 2024 год

Биологическая эффективность препарата Нодикс в сравнении с действием Эфория оказалась несколько ниже – соответственно на 12% при опрыскивании в фазе бутонизации на третий день наблюдения и на 15,2% на седьмой день обследования.

В фазе цветения при повторной обработке инсектицид Эфория на третий день учета демонстрировал высокую биологическую эффективность – 83,1% (2023 г.) и 84,6% (2024 г.). На седьмые сутки обследований была зафиксирована полная эрадикация вредителя.

Эффективность препарата Нодикс против гороховой тли составляла в среднем через три дня обследования 73,4% и 76,6%, а на седьмые сутки после обработки процент гибели насекомых достигал в среднем 76,9%.

Использование инсектицидов оказало положительное влияние на урожайность гороха (см. табл. 2). Так, на контрольном варианте средняя урожайность за два года составила 4,6 т/га. Двукратное опрыскивание растений инсектицидом Эфория позволило увеличить этот показатель до 5,2 т/га (+0,6 т/га к контролю). Это свидетельствует о том, что обработка данным препаратом способствует улучшению состояния растений и повышению их продуктивности.

Таблица 2. Урожайность семян гороха за 2023-2024 гг.

Вариант	Годы исследований						Средняя урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га
	2023			2024				
	Число р-й на 1м ²	Масса зерна с 1 р-я, г	Урожай- жай- ность т/га	Число р-й с 1м ²	Масса зерна с 1 р-я, г	Урожай- жай- ность т/га		
Контроль	73	6,7	4,9	69	6,0	4,2	4,6	-
Эфория	77	7,2	5,6	71	6,7	4,8	5,2	+0,6
Нодикс	76	7,2	5,5	70	6,7	4,7	5,1	+0,5
НСР ₀₅	4,0	1,0	0,1	4,0	1,0	0,1	1,1	-

Вариант с применением биоинсектицида Нодикс также продемонстрировал заметный рост урожайности, составивший в среднем по опыту 5,1 т/га (+0,5 т/га к контролю). Хотя эффект от использования Нодикса был менее выражен по сравнению с Эфорией, он подтверждает перспективность данного препарата для повышения экологической устойчивости земледелия и улучшения показателей урожайности одновременно.

Выводы

1. Применение инсектицидов Эфория и Нодикс показало высокую эффективность в борьбе с гороховой тлей (*Acyrtosiphon pisum*). Препарат Эфория обеспечивал максимальную биологическую эффективность, уничтожая до 85,7% особей тли через 7 суток после обработки в фазе бутонизации и полностью устранял вредителя в фазе цветения. Средство Нодикс показывало эффективную борьбу с вредителем, убивая в среднем 76,9% особей через 7 суток после обработки. Оценка урожайности показала положительную динамику: без обработки (контроль): средняя урожайность составила 4,6 т/га, при применении Эфории средний прирост урожайности увеличился до 5,2 т/га (+0,6 т/га к контролю), использование Нодикса привело к повышению урожайности до 5,1 т/га (+0,5 т/га к контролю).

2. Использование указанных препаратов позволяет существенно снизить потери урожая и повысить продуктивность сельскохозяйственных культур, обеспечивая надежную защиту от распространенного вредителя.

3. Однако, учитывая стремление к производству экологически чистых продуктов, особое внимание заслуживает биоинсектицид Нодикс. Несмотря на немного меньшую эффективность по сравнению с синтетическим препаратом Эфория, использование Нодикса минимизирует негативное воздействие на окружающую среду и обеспечивает получение продукции высокого экологического стандарта. Поэтому применение биоинсектицида Нодикс целесообразно рассматривать для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Список источников

1. Архангельская А. С., Еремин Л. П. Агроэкологические аспекты защиты посевов гороха от вредителей в условиях Орловской области // *Russian Agricultural Science Review*. 2015. Т. 5. № 5-1. С. 165–167.
2. Демкин В. И., Добронравова М. В., Демкин А. В. Совершенствование защиты гороха от вредителей // *Защита и карантин растений*. 2007. № 12. С. 25–26.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Москва: Альянс, 2014. 351 с.
4. Долматова Л. С., Садовников Г. Г., Стецов Г. Я. Современные средства и приёмы в защите от основных вредителей гороха // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 7. С. 38–42.
5. Защита гороха от вредителей / В. Ч. Шор, М. Н. Крицкий, М. Н. Евсеенко, Ю. И. Пешко // *Наше сельское хозяйство*. 2021. № 7(255). С. 58–63.
6. Запрудский А. А., Яковенко А. М., Белова Е. С. Защитные мероприятия в посевах гороха посевного // *Земледелие и защита растений*. 2020. № S1. С. 10–12.
7. Илларионов А. И., Иванова И. Н. Эффективность инсектицидов против вредителей гороха // *Защита и карантин растений*. 2008. № 1. С. 35.
8. Гринько А. В., Черненко В. В., Пасько Т. И., Лашко А. А. Инсектициды на горохе // *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2017. № 2-1(24). С. 65–72.
9. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве. Москва: Росинформгротех, 2022. 508 с.
10. Радевич Е. В. Инсектициды для защиты гороха от основных вредителей // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015. № 2(52). С. 65–68.
11. Разумейко И. Н. Химический метод борьбы против вредителей гороха // *Защита и карантин растений*. 2015. № 10. С. 24–25.
12. Figueroa K. K. et al. Biological and genetic characteristics of introduced aphid populations in agroecosystems // *Current Opinion in Insect Science*. 2018. Vol. 26. Pp. 63–68.
13. Nikolova I., Georgieva N. The influence of biological products on the aphid population and chemical components of alfalfa // *Banat Journal of Biotechnology*. 2018. Vol. 9. No. 18.
14. Sadeghi A., Van Damme E. J. M., Smagge G. Evaluation of susceptibility of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* to a range of new biorational insecticides using an artificial diet // *Journal of Insect Science*. 2009. Vol. 9. No. 1. P. 65.
15. Sandhi R. K., Reddy G. V. P. Biology, ecology and strategies for controlling pea aphids (Hemiptera: Aphididae) on legumes // *Journal of Integrated Pest Control*. 2020. Vol. 11. No. 1. P. 18.

References

1. Angelskaya A. S., Eremin L. P. Agro-collective research conducted by pea crops from representatives in the government of the Oroyl region. *Russian Agricultural Scientific Review*, 2015, vol. 5, no. 5-1, pp. 165-167.

2. Demkin V. I., Dobronravova M. V., Demkin A.V. Improving the protection of peas from pests. Plant protection and quarantine, 2007, no. 12, pp. 25-26.
3. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with fundamentals of statistical processing of research results): Textbook for higher agricultural educational institutions. Moscow : Alliance Publ., 2014. 351 p.
4. Dolmatova L. S., Sadovnikov G. G., Stetsov G. Ya. Modern means and techniques in protection from the main pests of peas. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex, 2020, vol. 34, no. 7, pp. 38-42.
5. Protection of peas from pests. V. Ch. Shor, M. N. Kritsky, M. N. Evseenko, Yu. I. Peshko. Our agriculture, 2021, no. 7(255), pp. 58-63.
6. Zaprudskiy A. A., Yakovenko A.M., Belova E. S. Protective measures in seed pea crops. Agriculture and plant protection, 2020, no. S1, pp. 10-12.
7. Illarionov A. I., Ivanova I. N. The effectiveness of insecticides against pea pests. Plant protection and quarantine, 2008, no. 1, p. 35.
8. Grinko A.V., Chernenko V. V., Pasko T. I., Lashko A. A. Insecticides on peas. Bulletin of the Don State Agrarian University, 2017, no. 2-1(24), pp. 65-72.
9. Guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, pheromones, molluscicides and rodenticides in crop production. Moscow : Rosinformagrotech, 2022. 508 p.
10. Radevich E. V. Insecticides to protect peas from major pests. News of the Orenburg State Agrarian University, 2015, no. 2(52), pp. 65-68.
11. Razumeyko I. N. Chemical method of pest control of peas. Protection and quarantine of plants, 2015, no. 10, pp. 24-25.
12. Figueroa K. K. et al. Biological and genetic features of introduced aphid populations in agroecosystems. Current state of insect science, 2018, vol.26, pp. 63-68.
13. Nikolova I., Georgieva N. The effect of biological products on the aphid population and chemical components of alfalfa. Banat Journal of Biotechnology, 2018, vol. 9, no. 18.
14. Sadeghi A., Van Damme E. J. M., Smagge G. Assessment of the susceptibility of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* to a number of new biorational insecticides using an artificial diet. Journal of Insect Science, 2009, vol. 9, no. 1, p. 65.
15. Sandhi R. K., Reddy G. V. P. Biology, ecology and strategies for controlling pea aphids (Hemiptera: Aphididae) on legumes. Journal of Integrated Pest Control, 2020, vol. 11, no. 1, p. 18.

Информация об авторах

Т.Ю. Дубровина – аспирант;

О.А. Дубровина – кандидат биологических наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Т.В. Зубкова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

T.Yu. Dubrovina – Postgraduate Student.

O.A. Dubrovina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products.

T.V. Zubkova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 633.181 : 631.82

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-153-164

РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ГРЕЧИХИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Кистанова Светлана Анатольевна¹, Виноградов Дмитрий Валериевич^{2✉},

Зубкова Татьяна Владимировна³, Мартынушкин Алексей Борисович⁴

^{1,2,4}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 390044, Россия, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1

³Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

¹svetlana.rzn@mail.ru

²vdv-rz@rambler.ru[✉]

³zubkovatanua@yandex.ru

⁴martinyshkin@mail.ru

Аннотация. В статье проведено комплексное исследование, посвященное изучению биологических особенностей, продуктивности и экономической эффективности возделывания гречихи посевной в условиях южной части Нечерноземной зоны (Рязанская область). Особое внимание уделено народнохозяйственному значению гречихи как ценной продовольственной культуры, источника сырья для фармацевтической промышленности и важного медоносного растения. Химический состав зерна гречихи (10-18% белка, 2-4% липидов, 10-16% клетчатки, 70-85% крахмала) подчеркивает ее высокую пищевую ценность. Исследования были проведены в двухфакторной схеме. Фактор А – 1) Без обработки агрохимикатом; 2) Обработка семян Арксойл Старт, 100 мл/т; 3) Обработка семян Арксойл Старт, 100 мл/т + внекорневая подкормка по вегетации Арксойл ККР, 150 мл/га 150 мл / га; фактор В – сорта гречихи посевной: Даша, Девятка, Дружина, Жданка, Куйбышевская 85, Темп. Полевой опыт был заложен в 2024-2025 гг. Была изучена структура урожая, урожайность и экономическая эффективность применения препарата. Установлено, что применение удобрения увеличивает урожайность гречихи в среднем на 12,1%. Экономический анализ подтвердил высокую целесообразность применения удобрения, демонстрируя увеличение прибыли с гектара до 71,6% и рост рентабельности до 64,8% по сравнению с контрольным вариантом. В статье также представлен сравнительный анализ сортов гречихи с использованием метода экспертных оценок Черчмена-Аксоффа, который позволил определить оптимальный сорт Жданка для внедрения в производство. Исследования подтверждают высокую агрономическую и экономическую целесообразность использования комплексных стимуляторов роста для интенсификации гречишводства.

Ключевые слова: гречиха, урожайность, Нечерноземная зона, органоминеральные удобрения, сорта, экономическая эффективность.

Для цитирования: Развитие и урожайность сортов гречихи при применении органоминерального удобрения в условиях юга Нечерноземной зоны / С.А. Кистанова, Д.В. Виноградов, Т.В. Зубкова, А.Б. Мартынушкин // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 153-164. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-153-164>.

Прав: © С.А. Кистанова, Д.В. Виноградов, Т.В. Зубкова, А.Б. Мартынушкин (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

DEVELOPMENT AND YIELD OF BUCKWHEAT VARIETIES UNDER ORGANOMINERAL FERTILIZER APPLICATION IN THE SOUTHERN NON-BLACK EARTH ZONE

Svetlana A. Kistanova¹, Dmitry V. Vinogradov²✉,

Tatyana V. Zubkova³, Aleksey B. Martynushkin⁴

^{1,2,4}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 1, Kostycheva Str., Ryazan region, Ryazan, 390044, Russia

³Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia

¹svetlana.rzn@mail.ru

²vdv-rz@rambler.ru✉

³zubkovatanua@yandex.ru

⁴martinyshkin@mail.ru

Abstract. The article presents a comprehensive study on the biological characteristics, productivity and economic efficiency of buckwheat cultivation in the southern part of the Non-Black Earth Zone (Ryazan region). Special attention is paid to the economic importance of buckwheat as a valuable food crop, a source of raw materials for the pharmaceutical industry and an important honey plant. The chemical composition of buckwheat grain (10-18% protein, 2-4% lipids, 10-16% fiber, 70-85% starch) emphasizes its high nutritional value. The studies were conducted in a two-factor scheme. Factor A – 1) Without agrochemistry treatment; 2) Seed treatment Arksoil Start, 100 ml/t; 3) Seed treatment Arksoil Start, 100 ml/ t + foliar top dressing for vegetation Arksoil KKR, 150 ml/ ha 150 ml / ha; factor B – varieties of buckwheat: Dasha, Nine, Druzhina, Zhdanka, Kuibyshevskaya 85, Temp. The field experience was established in 2024-2025. The structure of the crop, yield and economic efficiency of the drug were studied. It was found that the use of fertilizers increases the yield of buckwheat by an average of 12.1%. The economic analysis confirmed the high feasibility of using fertilizers, demonstrating an increase in profit per hectare to 71.6% and an increase in profitability to 64.8% compared with the control option. The article also presents a comparative analysis of buckwheat varieties using the Churchman-Axoff expert assessment method, which allowed us to determine the optimal Zhdanka variety for introduction into production. Research confirms the high agronomic and economic feasibility of using complex growth stimulants to intensify buckwheat farming.

Keywords: buckwheat, yield, Non-Black Earth Zone, organomineral fertilizers, varieties, economic efficiency.

For citation: Development and yield of buckwheat varieties under organomineral fertilizer application in the southern Non-Black Earth Zone. S.A. Kistanova, D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova, A.B. Martynushkin. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 153-164. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-153-164>.

Copyright: © S.A. Kistanova, D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova, A.B. Martynushkin (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Гречиха имеет большое народнохозяйственное значение. Из нее изготавливают крупу и муку, синтезируют лекарственные препараты, используют в животноводстве.

Гречиха представляет собой ценный сельскохозяйственный объект, обладающий двойным хозяйственным значением. Во-первых, она является продуктивным медоносом. Во-вторых, зерно гречихи характеризуется следующим химическим составом (в пересчете на абсолютно сухое вещество): массовая доля белка варьирует в диапазоне 10-18%, липидов – 2-4%, некрахмальных полисахаридов (клетчатки) – 10-16%, а крахмала – 70-85% [3, 6, 7].

Исторически посевы гречихи в России были сосредоточены в пределах определенной агроклиматической зоны, протянувшейся с запада на восток. Такое географическое распределение посевов свидетельствует об адаптации гречихи к специфическим условиям увлажнения, температурного режима и продолжительности вегетационного периода, характерным для данной территории [4, 5, 12].

В структуре сельскохозяйственного производства нашей страны исторически сложилась специализация отдельных регионов на возделывании гречихи. Наибольшая концентрация посевов отмечалась в центральных районах Нечерноземной зоны, Курской, Орловской и Воронежской губерниях Черноземной зоны, в Татарии и Башкирии, а также в некоторых районах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Разнообразие почвенно-климатических условий в этих регионах обуславливало необходимость разработки сортов и агротехнических приемов, адаптированных к местным условиям.

Селекционеры, работающие над созданием новых сортов гречихи, уделяют особое внимание плодам, отбирая растения с крупными, хорошо выполненными орешками, обладающими высокими посевными качествами [8, 10].

Производство гречихи в Российской Федерации – это сложная и многогранная тема, отражающая не только агрономические и экономические аспекты, но и социокультурную значимость этой традиционной культуры. В условиях глобальных вызовов, связанных с изменением климата, истощением почвенных ресурсов и растущим спросом на здоровое питание, гречиха приобретает все большее значение как стратегический ресурс, способный обеспечить продовольственную безопасность страны и укрепить позиции России на мировом аграрном рынке [9, 11].

Среди возделываемых в нашей стране полевых культур гречиха наиболее прибыльная и экономически выгодная. При надлежащем внимании к выращиванию гречихи и правильной организации ее производства она является очень выгодной и перспективной культурой для сельскохозяйственных предприятий.

Успех возделывания гречихи во многом зависит от правильного выбора сорта, адаптированного к конкретным почвенно-климатическим условиям и обладающего необходимым комплексом хозяйственно ценных признаков. Следует отметить, что сорта гречихи представляют собой не только разнообразие генетического материала, но и являются результатом длительной селекционной работы [1, 2, 10].

Цель исследований – изучить биологические особенности развития, роста и продуктивности сортов гречихи при применении органоминерального удобрения Арксойл в условиях южной части Нечерноземной зоны.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – гречиха посевная.

Предмет исследования – изучение роста и развития, продуктивности сортов гречихи посевной на фоне применения агрохимикатов марки Арксойл и контрольном варианте (без обработки) в условиях южной части Нечерноземной зоны России.

Исследования были проведены в период 2024-2025 гг., на базе агротехнологической опытной станции ФГБОУ ВО РГАТУ.

Полевой опыт с гречихой посевной был заложен в условиях Рязанской области в 2024-2025 гг. Агрохимическая характеристика опытной серой лесной тяжелосуглинистой почвы (средние значения): гумус 2,9%; $N-NO_3$ – 9,65 мг/кг; $N-NH_4$ – 1,57 мг/кг; P_2O_5 – 169 мг/кг; K_2O – 183 мг/кг; pH_{KCl} – 5,55.

Опыт закладывали согласно методике опытного дела, в изложении Б.А. Доспехова, по двухфакторной схеме. Фактор А – 1) Без обработки агрохимикатом; 2) Обработка семян Арксойл Старт, 100 мл/т; 3) Обработка семян Арксойл Старт, 100 мл/т + внекорневая подкормка по вегетации Арксойл ККР, 150 мл/га 150 мл / га; фактор В – сорта гречихи посевной: Даша, Девятка, Дружина, Жданка, Куйбышевская 85, Темп.

Выращивали гречиху посевную по общепринятой технологии для условий Нечерноземья. Предшественник – озимая пшеница. Доза минеральных удобрений (фон) – $N_{75}P_{35}K_{35}$. Посев рядовым способом с междурядьем 15 см, с нормой высева 3,5 млн. семян на 1 гектар.

Арксойл Старт – это микроудобрение, предназначенное для предпосевной обработки семян. В его состав входят необходимые микроэлементы в хелатной форме, такие как цинк, марганец, медь, железо, молибден и бор.

Арксойл ККР относится к категории комплексных биостимулирующих препаратов, разработанных для оптимизации физиологических и биохимических процессов в растительном организме.

Арксойл ККР включает следующие компоненты, каждый из которых играет свою роль в агрофизиологии гречихи: гуминовые и фульвовые кислоты, аминокислоты, фитогормоны или их прекурсоры, микроэлементы в хелатной форме (бор, молибден, марганец, цинк, медь).

Общая площадь делянки 120м², учетной 100м², размещение вариантов систематическое. Повторность четырехкратная.

Результаты исследований и их обсуждение

Представленная табл. 1 отражает результаты исследования влияния препарата Арксойл на элементы структуры урожая шести различных сортов гречихи. Анализ данных позволяет сделать ряд научно-обоснованных заключений о характере и степени воздействия препарата на морфологические и продукционные показатели культуры.

Таблица 1. Элементы структуры урожая сортов гречихи без обработки и на фоне действия Арксойл

Фактор А	Сорт (фактор В)	Высота растений, см	Масса 1000 семян, грамм	Число плодов на 1 растении, штук /м ²	Масса плодов, грамм / 1 растение
Без обработки	Даша	77,0	32,0	23,0	0,73
	Девятка	89,2	31,7	20,0	0,63
	Дружина	91,2	31,5	20,7	0,65
	Жданка	88,5	34,5	23,5	0,81
	Куйбышевская 85	70,7	30,0	19,7	0,59
	Темп	70,5	29,7	19,5	0,57
Арксойл Старт + Арксойл ККР	Даша	86,7	34,7	23,7	0,82
	Девятка	97,0	31,0	22,0	0,68
	Дружина	96,2	32,5	21,2	0,68
	Жданка	96,7	34,0	23,2	0,78
	Куйбышевская 85	87,2	30,5	23,5	0,71
	Темп	87,7	29,7	19,5	0,57

Обработка Арксойл продемонстрировала статистически значимую тенденцию к увеличению высоты растений у всех исследуемых сортов. Наиболее выраженный эффект наблюдался у сортов Куйбышевская 85 и Темп, где прирост высоты составил 16,5 см и 17,2 см, соответственно. Увеличение высоты растений может быть обусловлено стимулирующим действием компонентов Арксойл на процессы клеточного деления и растяжения, а также улучшением минерального питания растений за счет повышения доступности питательных веществ из почвы.

Различия в реакции сортов на обработку Арксойл свидетельствуют о наличии генотипической обусловленности ответа на действие препарата. Сорта, обладающие более высокой адаптационной способностью и интенсивностью ростовых процессов, демонстрируют более выраженную положительную реакцию на обработку.

Положительное влияние препарат оказал на количество сформировавшихся плодов у большинства сортов, за исключением сорта Темп, где показатели остались на уровне контроля. Максимальное увеличение количества плодов наблюдалось у сорта Куйбышевская 85 (на 3,8 шт./м²).

Масса плодов с одного растения также возросла у большинства сортов после обработки Арксойл. Наибольший прирост массы плодов зафиксирован у сорта Куйбышевская 85 (0,12 грамм / 1 растение). Увеличение массы плодов свидетельствует об улучшении процессов ассимиляции и реутилизации питательных веществ в период формирования и налива зерна.

Незначительное уменьшение количества плодов и массы плодов у сорта Жданка позволяет предположить, что данный сорт может быть менее отзывчив на используемую концентрацию препарата или требует корректировки сроков обработки.

Влияние Арксоил на массу 1000 семян носит вариативный характер. У сортов Даша и Дружина наблюдается увеличение массы 1000 семян, в то время как у других сортов изменение данного показателя незначительно. Отсутствие выраженной тенденции в изменении массы 1000 семян может быть связано с тем, что данный показатель в большей степени определяется генетическими особенностями сорта и условиями формирования семян в период созревания.

Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии Арксоил на рост, развитие и продуктивность гречихи. Препарат способствует увеличению высоты растений, количества плодов на растении и массы плодов с растения.



Рисунок 1. Типичные растения сортов гречихи посевной в опыте:

а) в фазу начала цветения;

б) фаза полной спелости (на фоне применения препаратов Арксоил)

Представленные фотографии (см. рис. 1, а и б) демонстрируют визуальное сравнение растений гречихи посевной в разные фазы развития (начало цветения и полная спелость) на фоне применения препаратов Арксоил.

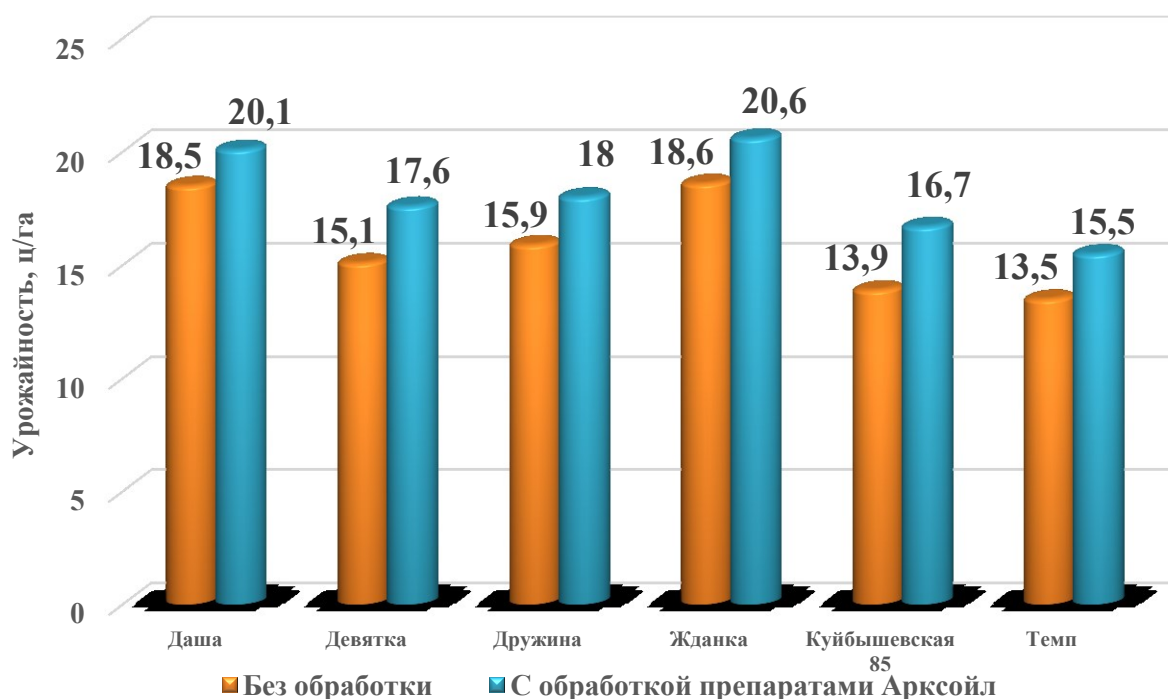
В фазе начала цветения (а) наблюдалось более интенсивное развитие вегетативной массы, увеличение количества бутонов и цветков, а также отмечался более здоровый вид растений (например, более насыщенный зеленый цвет листвы, отсутствие признаков стресса). Стимуляция роста корневой системы и общего развития растений препаратами Арксоил на этой стадии способствовала закладке большего количества репродуктивных органов.

В фазе полной спелости (б) визуально отмечалось, что растения, обработанные Арксоил, вероятно, имели лучшую выполненность плодов, более равномерное созревание и, большую высоту. Общий вид более развитых и продуктивных растений свидетельствует о положительном влиянии препарата на физиологические процессы, ведущие к формированию урожая.

Визуальные данные рис. 1 косвенно подтверждают результаты, описанные в текстовой части, относительно положительного влияния препаратов Арксоил на рост, развитие и, как следствие, продуктивность гречихи. Они служат наглядной иллюстрацией агрономического эффекта, демонстрируя более развитые и, предположительно, более урожайные растения при применении исследуемых удобрений.

Максимальное увеличение урожайности наблюдалось для сорта Девятка – с 15,1 ц/га до 17,6 ц/га, что составляло прирост в 2,5 ц/га или 16,6%. Минимальный прирост наблюдался для сорта Даша – с 18,5 ц/га до 20,1 ц/га, что составляло 1,6 ц/га или 8,6%. Данные различия указывали на неодинаковую генетическую предрасположенность сортов к воздействию сти-

мулятора роста и необходимости учитывать сортовые особенности при применении подобных препаратов (см. рис. 2).



НСР₀₅, ц/га, АВ, среднее за годы – 2,77.

Рисунок 2. Урожайность гречихи посевной в зависимости от варианта опыта, ц/га

Рассчитанный средний прирост урожайности по всем шести сортам гречихи после обработки Арксойлом составил 2,0 ц/га, что эквивалентно увеличению урожайности на 12,1%. Этот показатель отражал общее положительное влияние препарата на продуктивность гречихи в исследуемых условиях. Несмотря на увеличение урожайности под воздействием Арксойла, относительное положение сортов по урожайности в основном сохранялось. Например, сорта Даша и Жданка демонстрировали более высокую урожайность по сравнению с сортами Куйбышевская 85 и Темп, как в контрольном, так и в опытном варианте.

В современных реалиях агропромышленного комплекса, когда конкуренция высока, а цены подвержены значительным колебаниям, на первый план выходит задача повышения экономической результативности сельскохозяйственного производства. Особенно важен этот вопрос для возделывания гречихи – культуры, ценной не только своими диетическими качествами и пищевой ценностью, но и важной в социальном плане, в особенности для районов, где традиционно развито сельское хозяйство [12, 15].

Оптимальный выбор технологии культивации гречихи напрямую влияет на урожайность, себестоимость конечного продукта и, как следствие, на прибыльность аграрного бизнеса.

Таблица 2. Экономическая эффективность вариантов обработки гречихи

Сорт гречихи	Урожайность гречихи, ц/га	Затраты на 1 га, руб.	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль (+), убыток (-), руб./га	Уровень рентабельности (убыточности), %
Без обработки					
Даша	18,5	24975	35150	10175	40,74
Девятка	15,1	21140	28690	7550	35,71
Дружина	15,9	21942	30210	8268	37,68
Жданка	18,6	24924	35340	10416	41,79
Куйшевская 85	13,9	20155	26410	6255	31,03
Темп	13,5	19980	25650	5670	28,38

Арксойл Старт, 100 мл/т + Арксойл ККР, 150 мл/га					
Даша	20,1	25815	38190	12375	47,94
Девятка	17,6	21980	33440	11460	52,14
Дружина	18	22782	34200	11418	50,12
Жданка	20,6	25764	39140	13376	51,92
Куйшевская 85	16,7	20995	31730	10735	51,13
Темп	15,5	20820	29450	8630	41,45

Представленная табл. 2 иллюстрирует сравнительную экономическую оценку различных подходов к возделыванию гречихи, а именно: традиционного метода без применения дополнительных средств и метода с использованием стимуляторов роста Арксойл Старт и Арксойл ККР, применительно к шести сортам. Использование стимуляторов роста повлекло за собой увеличение затрат на 1 га, но данное увеличение компенсировалось ростом выручки от реализации дополнительного урожая. Например, для сорта Дружина затраты увеличились с 21942 руб./га до 22782 руб./га (+3,8%), однако стоимость продукции возросла с 30210 руб./га до 34200 руб./га (+13,2%). Аналогичная тенденция наблюдалась и для других сортов.

Ни более значимым показателем, характеризующим экономическую выгоду, является прибыль с гектара. Применение стимуляторов роста приводило к существенному увеличению прибыли для всех сортов. В частности, для сорта Куйшевская 85 прибыль возрастала с 6255 руб./га до 10735 руб./га (+71,6%), а для сорта Жданка2 – с 10416 руб./га до 13376 руб./га (+28,4%). Минимальное увеличение прибыли наблюдалось для сорта Темп – с 5670 руб./га до 8630 руб./га (+52,2%).

Показатель уровня рентабельности подтверждает экономическую целесообразность использования стимуляторов. Для сорта Девятка2 рентабельность возрастала с 35,71% до 52,14% (+45,9%), для сорта Куйшевская 85 – с 31,03% до 51,13% (+64,8%). Даже для сорта Темп, демонстрирующего наименьший прирост прибыли, рентабельность увеличивалась с 28,38% до 41,45% (+46,1%).

В заключение, на основании анализа данных табл. 2 можно сделать однозначный вывод о высокой экономической эффективности применения стимуляторов роста Арксойл Старт и Арксойл ККР при возделывании гречихи. Использование данных препаратов обеспечивало увеличение урожайности на 8,6% – 16,6%, прибыли на 28,4% – 71,6% и уровня рентабельности на 45,9% – 64,8% в зависимости от сорта. Это свидетельствует о целесообразности внедрения данной технологии в производство гречихи с учетом сортовых особенностей и конкретных агроклиматических условий [4, 5, 13].

В условиях современного агропромышленного комплекса, характеризующегося многофакторностью и неопределенностью, принятие эффективных управленческих и производственных решений требует систематизации и структурирования информации. Метод экспертных оценок, в частности подход Черчмена-Акоффа, представляет собой ценный аналитический инструмент для оценки и ранжирования значимости различных критериев или факторов. Применительно к культуре гречихи, данный метод позволяет научно обосновать приоритетность тех или иных аспектов при выборе сортов, оптимизации агротехнологий или оценке эффективности применяемых средств.

Метод Черчмена-Акоффа, известный также как метод ранговой корреляции с последующим присвоением весовых коэффициентов, предназначен для количественной оценки качественных показателей. Он основан на коллективном суждении группы компетентных экспертов, чьи индивидуальные оценки затем агрегируются для получения обобщенного, объективизированного результата. Главное его отличие – это двухэтапный процесс: сначала эксперты ранжируют критерии по их важности, а затем, опираясь на эти ранги, распределяют фиксированную сумму баллов (например, 100) между ними, что позволяет точнее определить относительную значимость каждого фактора.

Основная цель использования данного подхода в гречиховодстве – это определение весовых коэффициентов для комплекса критериев, влияющих на выбор сорта гречихи.

Для выбора наиболее эффективного сорта гречихи самими значимыми критериями, на наш взгляд являются: урожайность, ц/га; всхожесть, %; высота растений, см; масса 1000 семян, грамм; число плодов на 1 растении, штук/м²; масса плодов, грамм / 1 растение.

Для оценки сравнительной предпочтительности критериев воспользуемся методом Черчмена – Акоффа. Для этого упорядочим критерии по убыванию их важности: О1 – наиболее важный критерий; ...; О6 – наименее важный критерий (табл.3).

Таблица 3. Ранжирование критериев по степени их важности

Критерии	Ранг	Обозначение критерия	Процентная норма	Оценка	Нормированное значение (весовой коэффициент)
Урожайность, ц/га	1	О1	0	1	0,28
Всхожесть, %	2	О2	0,16	0,84	0,24
Высота растений, см	3	О3	0,33	0,67	0,19
Масса 1000 семян, грамм	4	О4	0,5	0,5	0,14
Число плодов на 1 растении, штук/м ²	5	О5	0,66	0,34	0,10
Масса плодов, грамм / 1 растение	6	О6	0,83	0,17	0,05
	7	О7	1	0	
Сумма				3,52	1

Из табл. 3 видно, что каждому критерию были назначены количественные оценки в долях единицы с применением статистической функции процентранг, которая рассчитывает процентную норму значения в множестве данных. Далее для нормирования полученных оценок была использована формула:

$$A'j = \frac{Aj}{\sum Aj}, \quad (1)$$

где $A'j$ – весовой коэффициент,
 Aj – оценка.

Далее проведем сравнение по методу Чечмена – Акоффа, представив вычисления в табл. 4. Оценка наиболее важного критерия сравнивается с суммой оценок остальных критериев: $A1$ и $A2+A3+A4+A5+A6$. Так как критерий О1 менее предпочтителен, чем сумма остальных критериев, то при этом должно соблюдаться условие: $A1 < A2+A3+A4+A5+A6$. Сравнение продолжается, пока не сопоставятся $A4 < A5+A6$.

Таблица 4. Сравнение оценок по методу Черчмена - Акоффа

Выражение	Вывод о его выполнении
$1 < 0,84+0,67+0,5+0,34+0,17$	выполняется
$1 < 0,84+0,67+0,5+0,34$	выполняется
$1 < 0,84+0,67+0,5$	выполняется
$1 < 0,84+0,67$	выполняется
$0,84 < 0,67+0,5+0,34+0,17$	выполняется
$0,84 < 0,67+0,5+0,34$	выполняется
$0,84 < 0,67+0,5$	выполняется
$0,67 < 0,5+0,34+0,17$	выполняется
$0,67 < 0,5+0,34$	выполняется
$0,5 < 0,34+0,17$	выполняется

Так как описанные условия соблюдаются во всех неравенствах, то необходимость в корректировке оценок не возникает.

Продолжим выбор оптимальной продукции методом «Таблицы оценок». Следует учесть, что каждый сорт гречихи имеет свои достоинства и недостатки при выборе в каче-

стве базового. Сравнительная характеристика каждого сорта гречихи приведена в табл. 5.

Таблица 5. Характеристика сортов гречихи

№ п/п	Критерии	Даша	Девятка	Дружина	Ждан-ка	Куйбышев-ская 85	Темп
1	Урожайность, ц/га	20,1	17,6	18	20,6	16,7	15,5
2	Всхожесть, %	96	96	88	91	86	88
3	Высота растений, см	86,7	97	96,2	96,7	87,2	87,7
4	Масса 1000 семян, грамм	34,7	31	32,5	34	30,5	29,7
5	Число плодов на 1 растении, штук/м ²	23,7	22	21,2	23,2	23,5	19,5
6	Масса плодов, грамм / 1 растение	0,82	0,68	0,68	0,78	0,71	0,57

Для удобства сопоставления характеристик создадим безразмерную шкалу (см. табл. 6).

Таблица 6. Соответствие размерных и безразмерных характеристик

Безразмерная шкала	Урожайность, ц/га	Всхожесть, %	Высота растений, см	Масса 1000 семян, грамм	Число пло-дов на 1 растении, штук /м ²	Масса плодов, грамм / 1 растение
1	12,00	80,00	85,00	28,00	18,00	0,45
2	13,50	82,22	86,67	28,78	18,78	0,50
3	15,00	84,44	88,33	29,56	19,56	0,55
4	16,50	86,67	90,00	30,33	20,33	0,60
5	18,00	88,89	91,67	31,11	21,11	0,65
6	19,50	91,11	93,33	31,89	21,89	0,70
7	21,00	93,33	95,00	32,67	22,67	0,75
8	22,50	95,56	96,67	33,44	23,44	0,80
9	24,00	97,78	98,33	34,22	24,22	0,85
10	25,50	100,00	100,00	35,00	25,00	0,90

Теперь, когда неравноценные критерии приведены к единой безразмерной шкале, можно построить таблицу оценок, для этого вместо заданных характеристик подставим безразмерные единицы (Р), умножим их на соответствующие весовые коэффициенты, подсчитаем суммы этих произведений и найдем максимум (см. табл. 7).

Таблица 7. Оценка альтернатив по сумме безразмерных единиц при неравноценных критериях

№ п/п	Критерии	Альтернативы													
		Весовой коэффици- циент	Даша		Девятка		Дружина		Жданка		Куйбыше- вская 85		Темп		
	Условное обозначение	Вк	Р	Вк*Р	Р	Вк*Р	Р	Вк*Р	Р	Вк*Р	Р	Вк*Р	Р	Вк*Р	
1	Урожайность, ц/га	0,28	6,45	1,83	4,75	1,35	5	1,42	6,85	1,95	4,25	1,21	3,45	0,98	
2	Всхожесть, %	0,24	8,95	2,14	8,95	2,14	4,75	1,13	5,98	1,43	3,75	0,89	4,75	1,13	
3	Высота растений, см	0,19	2,56	0,49	8,5	1,62	6,33	1,20	8,05	1,53	2,56	0,49	2,67	0,51	
4	Масса 1000 семян, грамм	0,14	9,12	1,30	4,75	0,67	6,87	0,98	8,75	1,24	4,23	0,60	2,78	0,39	
5	Число плодов на 1 растении, штук/м ²	0,10	8,15	0,79	6,85	0,66	5,14	0,50	7,88	0,76	8,1	0,78	2,98	0,29	
6	Масса плодов, грамм / 1 растение	0,05	8,05	0,39	5,72	0,28	5,72	0,28	7,85	0,38	6,02	0,29	3,08	0,15	
	Сумма	1,00		6,93		6,72		5,51		7,29		4,26		3,45	

Максимальная сумма произведений соответствует 4 альтернативе, то есть при выборе альтернативы методом «Таблицы оценок» оптимальным вариантом является сорт Жданка.

На основании принятых критериев и установленных безразмерных оценок в пределах критерия представим графически каждую из предложенных альтернатив (т. е. построим диаграмму продуктивности по сортам гречихи) и осуществим выбор наилучшего решения (см. рис. 3.).

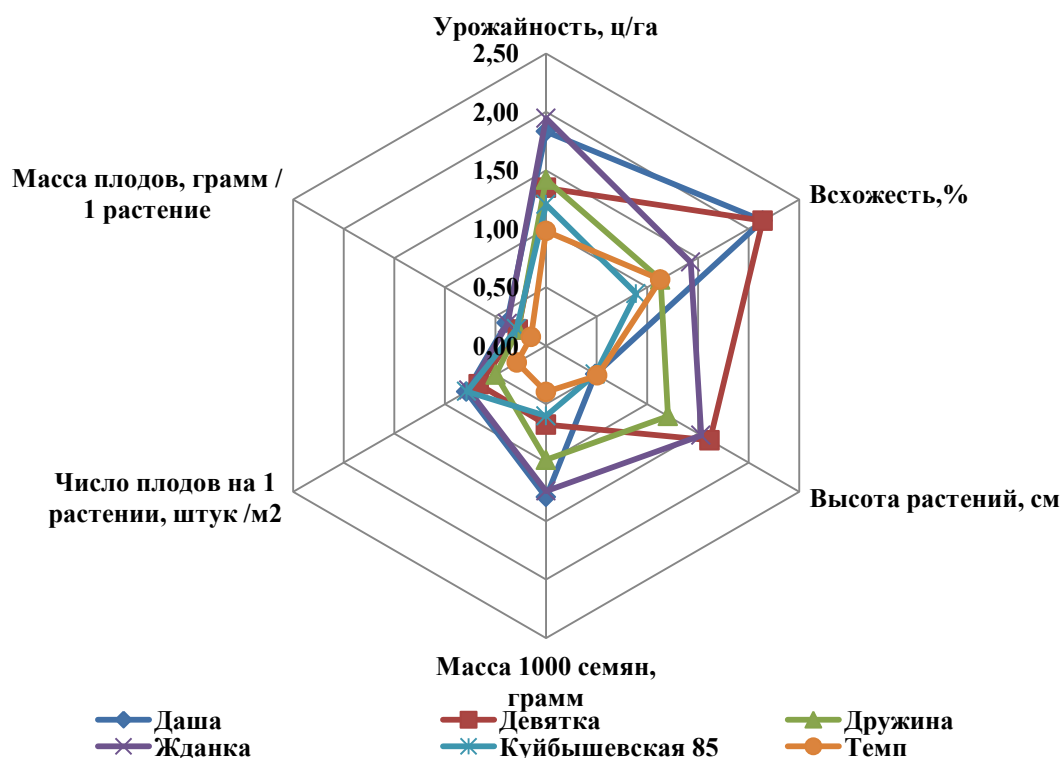


Рисунок 3. Диаграмма продуктивности по сортам гречихи.

Согласно данным табл. 7, наибольшую площадь занимает многоугольник, соответствующий четвертой альтернативе. Результаты расчетов совпали с выводами, сделанными визуально и полученными методом «Таблицы оценок». Таким образом, из всех видов сортов гречихи отвечает предъявленным требованиям сорт Жданка.

Выводы

1. Гречиха обладает неоспоримой значимостью для национальной экономики и продовольственной безопасности. Она является источником ценных пищевых продуктов (крупы, муки), сырья для фармацевтической промышленности и кормов для животноводства. Высокое содержание белка (10-18%), уникальный состав липидов и полисахаридов обеспечивают ее высокую пищевую ценность.

2. Ключевой вывод из проведенных полевых исследований заключается в подтверждении высокой агрономической и экономической эффективности применения комплексной схемы обработки с использованием препаратов Арксойл Старт (для предпосевной обработки семян) и Арксойл ККР (для внекорневой подкормки).

3. Агрономический эффект выражается в среднем приросте урожайности на 12,1% (2,0 ц/га) по всем сортам, благодаря позитивному влиянию на структуру урожая: увеличению высоты растений, числа плодов и их массы.

4. Экономический эффект демонстрирует финансовую целесообразность использования Арксойл. Несмотря на рост затрат, он компенсируется существенным повышением сто-

имости продукции, приводя к значительному увеличению прибыли с гектара (до 71,6%) и росту уровня рентабельности (до 64,8%).

5. Для принятия обоснованного решения о внедрении конкретного сорта гречихи был применен метод экспертных оценок Черчмена-АксOFFа, основанный на ранжировании критериев (урожайность, всхожесть, высота растений и др.), определил сорт Жданка как оптимальный для внедрения, присвоив ему наивысшую суммарную оценку (7,29 баллов).

6. Представленные исследования демонстрируют, что гречиха является не только ценной продовольственной, но и высокорентабельной культурой, особенно при использовании интенсифицирующих технологий. Применение органоминеральных удобрений Арксойл Старт и Арксойл ККР в условиях южной части Нечерноземной зоны Рязанской области является экономически чрезвычайно эффективным инструментом, позволяющим аграрным предприятиям значительно увеличить урожайность, прибыль и рентабельность производства гречихи. Среднее увеличение прибыли более чем в 1,5 раза и рост рентабельности на десятки процентов по всем сортам является убедительным аргументом в пользу широкого внедрения данной технологии.

Список источников

1. Выращивание зерновых культур / А. А. Соколов, К. Д. Сазонкин, Е. И. Лупова [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Рязань: РГАТУ, 2023. С. 394-399.
2. Габибов М.А., Троц Н.М. Практикум по агрохимии. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2022. 222 с.
3. Дегтярева И.А., Кириллова Н.И., Прищепенко Е.А. Оценка действия комплексных биоудобрений на продуктивность и микробиоценоз гречихи // Агрохимический вестник, 2023. № 4. С. 67-73.
4. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Технология хранения и переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур. Елец-Рязань: ИП Колупаева Е.В., 2023. 168 с.
5. Малявко Г.П., Смольский Е.В., Шаповалов В.Ф. Потенциал продуктивности гречихи в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв // Зернобобовые и крупяные культуры, 2023. № 2(46). С. 83-88.
6. Оказова З.П., Адаев Н.Л., Амаева А.Г. Вредоносность сорных растений в посевах гречихи // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 1(397). С. 107-110.
7. Системы обработки почв / М.М. Крючков, А.С. Мастеров [и др.]. Горки-Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2021. 268 с.
8. Тимошенко Э.В., Клыков А.Г. Формирование продуктивности гречихи при разных сроках посева в условиях Амурской области // Аграрный вестник Урала, 2025. Т. 25. № 9. С. 1361-1371.
9. Фесенко А.Н., Амелин А.В., Заикин В.В. Видовые и сортовые особенности формирования плодов и семенной продуктивности у растений гречихи // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2020. № 85. С. 260-265.
10. Физико-химическая модель плодородия серой лесной почвы как информационной основы ее устойчивости к неблагоприятным воздействиям / Р.Н. Ушаков, В.И. Гусев, А.Н. Зубец [и др.] // Почвы Азербайджана: генезис, мелиорация, рациональное использование и экология: Международная научная конференция. Баку-Габала: Национальная Академия наук Азербайджана, 2012. С. 1013-1018.
11. Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области / А.А. Соколов, Е.И. Лупова, И.С. Питюрина // Международный технико-экономический журнал. 2016. № 5. С. 57-63.

References

1. Cultivation of grain crops. A. A. Sokolov, K. D. Sazonkin, E. I. Lupova [et al.]. Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agricultural technologies. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2023, pp. 394-399.

2. Gabibov M.A., Trots N.M. Practicum on agrochemistry. Kinel: Samara State Agrarian University, 2022. 222 p.
3. Degtyareva I.A., Kirillova N.I., Prishchepenko E.A. Evaluation of the effect of complex biofertilizers on buckwheat productivity and microbiocenosis. Agrochemical Bulletin, 2023, no. 4, pp. 67-73.
4. Zubkova T.V., Vinogradov D.V. Technology of storage and processing of cereals, legumes and oilseeds. Yelets-Ryazan: IP Kolupaeva E.V., 2023. 168 p.
5. Malyavko G.P., Smolsky E.V., Shapovalov V.F. The productivity potential of buckwheat depending on mineral fertilizer in sod-podzolic soils. Leguminous and cereal crops, 2023, no. 2(46), pp. 83-88.
6. Okazova Z.P., Adaev N.L., Amaeva A.G. Harmfulness of weeds in buckwheat crops. International Agricultural Journal, 2024, no. 1(397), pp. 107-110.
7. Soil treatment systems. M.M. Kryuchkov, A.S. Masters [et al.]. Gorki-Ryazan: IP Kon'yakhin A.V. (Book Jet), 2021. 268 p.
8. Timoshenko E.V., Klykov A.G. Formation of buckwheat productivity at different sowing periods in the Amur region. Agrarian Bulletin of the Urals, 2025, vol. 25, no. 9, pp. 1361-1371.
9. Fesenko A.N., Amelin A.V., Zaikin V.V. Species and varietal features of fruit formation and seed productivity in buckwheat plants. Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2020, no. 85, pp. 260-265.
10. Physico-chemical model of fertility of gray forest soil as an information basis for its resistance to adverse effects. R.N. Ushakov, V.I. Gusev, A.N. Zubets [and others]. Soils of Azerbaijan: genesis, land reclamation, rational use and ecology: International Scientific Conference. Baku-Gabala: National Academy of Sciences of Azerbaijan, 2012, pp. 1013-1018.
11. The phytosanitary condition of grain crops in the Ryazan region. A.A. Sokolov, E.I. Lupova, I.S. Pityurina. International Technical and Economic Journal, 2016, no. 5, pp. 57-63.

Информация об авторах

С.А. Кистанова – магистрант, ассистент кафедры бухгалтерского учета, анализа и экономики;

Д.В. Виноградов – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой агрономии и защиты растений;

Т.В. Зубкова – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

А.Б. Мартынушкин – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и экономики.

Information about the authors

S.A. Kistanova – Master student, Assistant of the Department of Accounting, Analysis and Economics;

D.V. Vinogradov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Plant Protection;

T.V. Zubkova – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products;

A.B. Martynushkin – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Accounting, Analysis and Economics.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 631.361.022

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-165-173

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДРОБИЛКИ-КАЛИБРАТОРА КОРМОВ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ ПТИЦЫ

Бунеев Сергей Сергеевич^{1✉}, Шубкин Сергей Юрьевич², Чудинов Евгений Сергеевич³

^{1,2,3}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,

Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

¹limes88@mail.ru✉

²shubkin.92@mail.ru

³chudinov.evgenij@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследований, направленных на оптимизацию технологического процесса измельчения и сортировки кормового сырья в разработанной дробилке-калибраторе. Целью исследования является определение оптимальных кинематических и конструктивных параметров устройства, обеспечивающих максимальный выход целевой фракции продукта. В качестве метода исследования выбран трехфакторный эксперимент с использованием ортогонального плана второго порядка. В качестве варьируемых факторов рассмотрены: частота вращения ротора, диаметр ячеек решета дробилки и частота колебаний калибровочной камеры. Получена математическая модель в виде уравнения регрессии второго порядка, описывающая влияние исследуемых факторов на критерий оптимизации. Результаты моделирования позволили установить рациональные режимы работы оборудования, что способствует повышению эффективности производства кормов для домашней птицы и улучшению экономических показателей фермерских хозяйств за счет получения качественного продукта однородного гранулометрического состава. В результате решения задачи оптимизации определены рациональные режимы работы устройства: частота вращения ротора – 1500 об/мин, диаметр отверстий сменного решета – 8 мм, частота колебаний калибровочного блока – 5 Гц. Данный режим позволяет обеспечить выход целевой кормовой фракции на уровне 90%, что подтверждает эффективность предлагаемого технического решения для использования в фермерских хозяйствах.

Ключевые слова: дробилка-калибратор, трехфакторный эксперимент, математическое моделирование, регрессионный анализ, оптимизация, кормопроизводство.

Для цитирования: Бунеев С.С., Шубкин С.Ю., Чудинов Е.С. Математическое моделирование и оптимизация конструктивно-кинематических параметров дробилки-калибратора кормов для домашней птицы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 165-173. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-165-173>.

Прав: © С.С. Бунеев, С.Ю. Шубкин, Е.С. Чудинов (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF THE DESIGN AND KINEMATIC PARAMETERS OF A FEED CRUSHER-CALIBRATOR FOR POULTRY

Sergey S. Buneev^{1✉}, Sergey Yu. Shubkin², Evgeniy S. Chudinov³

^{1,2,3}Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia

¹limes88@mail.ru✉

²shubkin.92@mail.ru

³chudinov.evgenij@mail.ru

Abstract. This article presents the results of research aimed at optimizing the technological process of crushing and sorting feed raw materials in the developed crusher calibrator. The aim of the study is to determine the optimal kinematic and design parameters of the device, ensuring the maximum yield of the target fraction of the product. A three-phase experiment using a second-order orthogonal plan was chosen as the research method. The following factors are considered as variable factors: the rotor rotation frequency, the diameter of the sieve cells of the crusher, and the oscillation frequency of the calibration chamber. A mathematical model in the form of a second-order regression equation is obtained, describing the influence of the studied factors on the optimization criterion. The simulation results made it possible to establish rational operating modes of the equipment, which contributes to increasing the efficiency of poultry feed production and improving the economic performance of farms by obtaining a high-quality product with a homogeneous granulometric composition. As a result of solving the optimization problem, rational operating modes of the device were determined: the rotor speed was 1500 rpm, the diameter of the holes in the replaceable sieve was 8 mm, and the oscillation frequency of the calibration unit was 5 Hz. This mode allows to ensure the output of the target feed fraction at the level of 90%, which confirms the effectiveness of the proposed technical solution for use in farms.

Keywords: crusher-calibrator, three-factor experiment, mathematical modeling, regression analysis, optimization, feed production.

For citation: Buneev S.S., Shubkin S.Yu., Chudinov E.S. Mathematical modeling and optimization of the design and kinematic parameters of a feed crusher-calibrator for poultry. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 165-173. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-165-173>.

Copyright: © S.S. Buneev, S.Yu. Shubkin, E.S. Chudinov (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

В современном животноводстве и птицеводстве эффективность производства напрямую зависит от качества кормовой базы [4]. От правильного выбора и сбалансированности кормов напрямую зависят здоровье животных, их продуктивность, экономика предприятий и устойчивость отрасли в целом [6]. Важнейшим этапом подготовки кормов является их измельчение до требуемого гранулометрического состава, что обеспечивает лучшую усвояемость питательных веществ животными и птицей [5, 9].

Современные требования к качеству кормов обусловлены необходимостью обеспечения оптимального размера частиц, соответствующего возрастным особенностям и физиологическим потребностям домашней птицы [1, 2]. Тонкий помол с размером частиц 0,8...1,2 мм считается оптимальным для большинства видов домашней птицы, обеспечивая лучшую усвояемость питательных веществ и предотвращая заболевания пищеварительной системы [3, 10]. Однако традиционные технологии раздельного осуществления операций дробления и калибровки характеризуются низкой эффективностью, высокими затратами времени и ресурсов, а также недостаточной точностью контроля размеров частиц [7, 11, 12].

Актуальность разработки интегрированных технических решений, совмещающих операции дробления и калибровки в рамках единого агрегата, обусловлена стремлением к повышению производительности, снижению себестоимости кормов и улучшению экономических показателей сельскохозяйственных предприятий. Объединение указанных технологических процессов в одном устройстве позволяет минимизировать потери сырья, ускорить производственные циклы и повысить точность дозирования компонентов кормовых смесей.

Ранее авторами была предложена перспективная конструкция дробилки-калибратора молоткового типа, объединяющая процессы измельчения и сепарации готового продукта в едином технологическом цикле [8]. Однако для эффективного внедрения данного оборудования необходимо обоснование его рабочих параметров, которые обеспечивали бы наилучшие качественные показатели готового корма при минимальных энергетических затратах.

В связи с этим на этапе проектирования, актуальной задачей является проведение численного эксперимента с использованием методов математического моделирования.

Цель исследования – оптимизация режимов работы дробилки-калибратора на основе построения квадратичной регрессионной модели процесса, что позволит выявить характер влияния основных факторов на выход целевой фракции и определить их оптимальные значения.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования: математическая модель технологического процесса работы дробилки-калибратора молоткового типа.

Исследования проводились в 2024-2025 гг. на базе кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина.

Методология исследования базируется на применении современных методов компьютерного моделирования, позволяющих оценивать влияние различных конструктивных и кинематических характеристик на функциональные свойства разрабатываемого оборудования.

В основу методики положена теория планирования многофакторного эксперимента. Для изучения влияния параметров машины на качество готового продукта был реализован план трехфакторного эксперимента типа 2^3 с последующим достроением до центрального композиционного плана (ЦКП) и последующего за этим получения полиномиальной математической модели второго порядка регрессионного типа.

На рис. 1 представлена схема дробилки-калибратора, выполненная с использованием системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D. Конструктивные особенности представленной дробилки подробно изложены в [8].

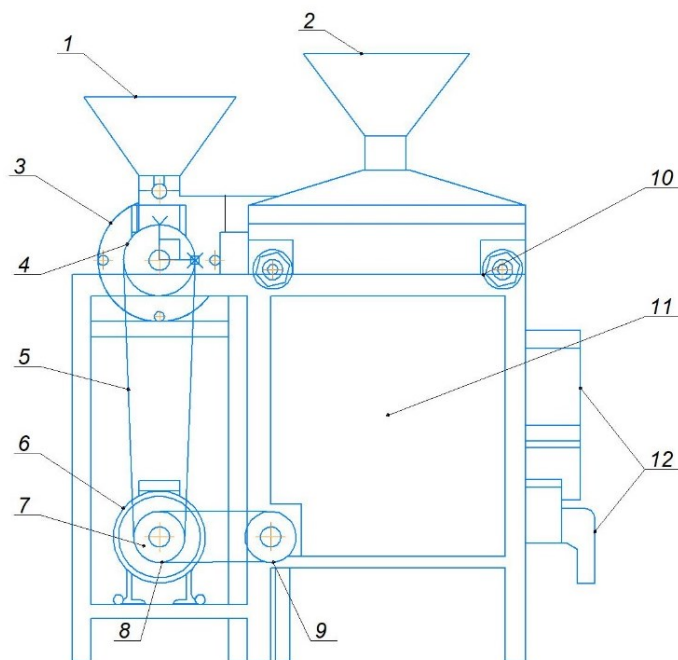


Рисунок 1. Дробилка-калибратор

- 1 – загрузочный бункер дробилки; 2 – загрузочный бункер калибратора;
3 – камера измельчения; 4 – ведомый шкив привода вала дробилки; 5 – ремень привода вала дробилки; 6 – электродвигатель; 7 – ведущий шкив привода вала дробилки и вала эксцентрика; 8 – ремень привода вала эксцентрика; 9 – ведомый шкив привода вала эксцентрика; 10 – оси подвески калибровочной камеры; 11 – калибровочная камера; 12 – желоба для сбора продукта

В качестве функции отклика Y выбран выход фракции оптимального размера (4 мм) в калибровочной камере в процентах от общей массы, так как данный показатель наиболее полно характеризует зоотехнические требования к кормам для птицы.

В качестве независимых переменных, оказывающих наибольшее влияние на процесс, выбраны:

– частота вращения ротора дробилки X_1 – фактор, определяющий энергию удара молотков и степень измельчения материала. Интервал варьирования: 1000-1500 об/мин.

– диаметр ячеек решета дробилки X_2 – конструктивный параметр, влияющий на пропускную способность и предварительную крупность помола. Интервал варьирования: 6-8 мм.

– частота колебаний калибровочной камеры X_3 – кинематический параметр, определяющий эффективность сепарации на виброрешетах. Интервал варьирования: 3-5 Гц.

Для обработки результатов эксперимента и расчета коэффициентов уравнения регрессии использовались методы статистического анализа. Проверка значимости коэффициентов и адекватности полученной модели осуществлялась с помощью соответствующих статистических критериев. Визуализация поверхностей отклика производилась в специализированном программном обеспечении – пакете прикладных программ символьной математики Maple.

Результаты исследований и их обсуждение

Для реализации поставленной задачи был проведен численный эксперимент. На первом этапе были определены уровни варьирования факторов, исходя из конструктивных особенностей дробилки, описанных в [8]. Частота вращения ротора X_1 задавалась характеристиками привода; диаметр ячеек решета X_2 – комплектом сменных сит; частота колебаний X_3 – настройками эксцентрикового механизма.

Значения уровней факторов и интервалы варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения уровней факторов и интервалы варьирования

Факторы	Обозначение	Нижний уровень (–1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
Частота вращения ротора, об/мин	X_1	1000	1250	1500	250
Диаметр ячеек решета, мм	X_2	6	7	8	1
Частота колебаний калибратора, Гц	X_3	3	4	5	1

Для построения полной квадратичной регрессионной модели будем использовать центральный композиционный план.

Для этого к 8 точкам факторного эксперимента мы добавили центральные точки $X_i = 0$ – для оценки воспроизводимости и неаддитивности.

Аксиальные точки $|X_i| = \alpha$ – для оценки чистой кривизны b_{ii} . Введем 3 центральные точки и 6 звёздных точек. Примем коэффициент $\alpha = 1,5$.

В соответствии с планом центрального композиционного ортогонального планирования второго порядка была реализована матрица планирования, включающая 17 опытов: ядро плана 2^3 , аксиальные точки и нулевые точки (см. табл. 2).

В табл. 2 приведены следующие параметры: X_1 , X_2 , X_3 – кодированные значения факторов; Z_1 – частота вращения ротора, об/мин; Z_2 – диаметр отверстий решета, мм; Z_3 – частота колебаний виброрешет, Гц; Y – выход фракции размером 4 мм (параметр опти-

мизации, %). Звездное плечо α выбрано равным 1,5 для обеспечения свойств квазиортogonalности планирования.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента и результаты исследований

№ опыта	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов			Отклик
	X_1	X_2	X_3	Z_1 , об/мин	Z_2 , мм	Z_3 , Гц	
1	-1	-1	-1	1000	6	3	65
2	+1	-1	-1	1500	6	3	78
3	-1	+1	-1	1000	8	3	70
4	+1	+1	-1	1500	8	3	85
5	-1	-1	+1	1000	6	5	75
6	+1	-1	+1	1500	6	5	82
7	-1	+1	+1	1000	8	5	80
8	+1	+1	+1	1500	8	5	90
9	+1,5	0	0	1625	7	4	65
10	-1,5	0	0	875	7	4	57
11	0	+1,5	0	1250	8,5	4	70
12	0	-1,5	0	1250	5,5	4	62
13	0	0	+1,5	1250	7	5,5	70
14	0	0	-1,5	1250	7	2,5	62
15	0	0	0	1250	7	4	70
16	0	0	0	1250	7	4	70
17	0	0	0	1250	7	4	70

После обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии второго порядка в кодированных переменных, описывающее зависимость выхода целевой фракции Y от исследуемых факторов:

$$Y = 78,10 + 5,63X_1 + 3,13X_2 + 1,13X_3 + 0,63X_1X_2 + 2,13X_1X_3 + 0,38X_2X_3 - 4X_1^2 - 1,78X_2^2 - 1,78X_3^2 \quad (1)$$

Далее для полученного уравнения синтезируем графическую интерпретацию в виде поверхностей откликов и линий уровня, на которых можно будет наблюдать целевой режим работы дробилки (см. рис. 2-4).

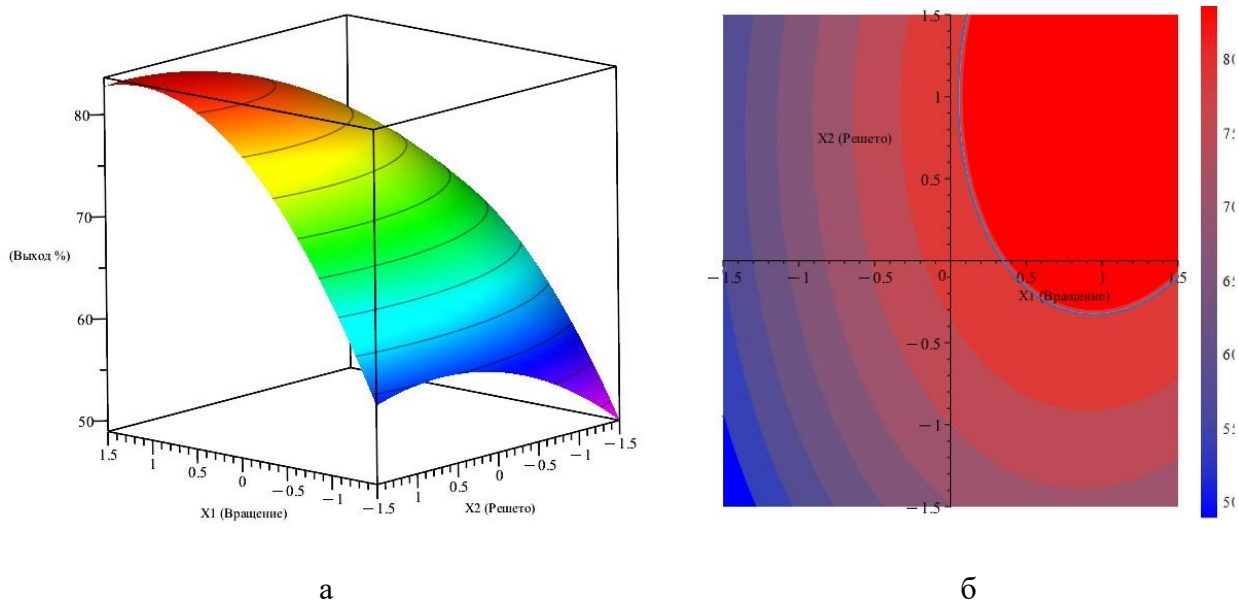


Рисунок 2. Графики зависимости выхода фракции (%) от изучаемых факторов (при $X_3 = +1$): а – поверхность отклика; б – линии уровня

Вначале зафиксируем частоту колебаний $X_3 = 1$ на уровне +1, что будет соответствовать колебаниям в 5 Гц, чтобы посмотреть, как ведут себя остальные два фактора. Затем фиксируем диаметр решета на уровне +1, что соответствует 8 мм.

Диапазон осей выбран с учетом «звездных» точек, чтобы показать кривизну краев. Используемое программное обеспечение позволяет окрашивать график в зависимости от высоты, что наглядно показывает зону оптимума. Красная зона – это целевой режим работы.

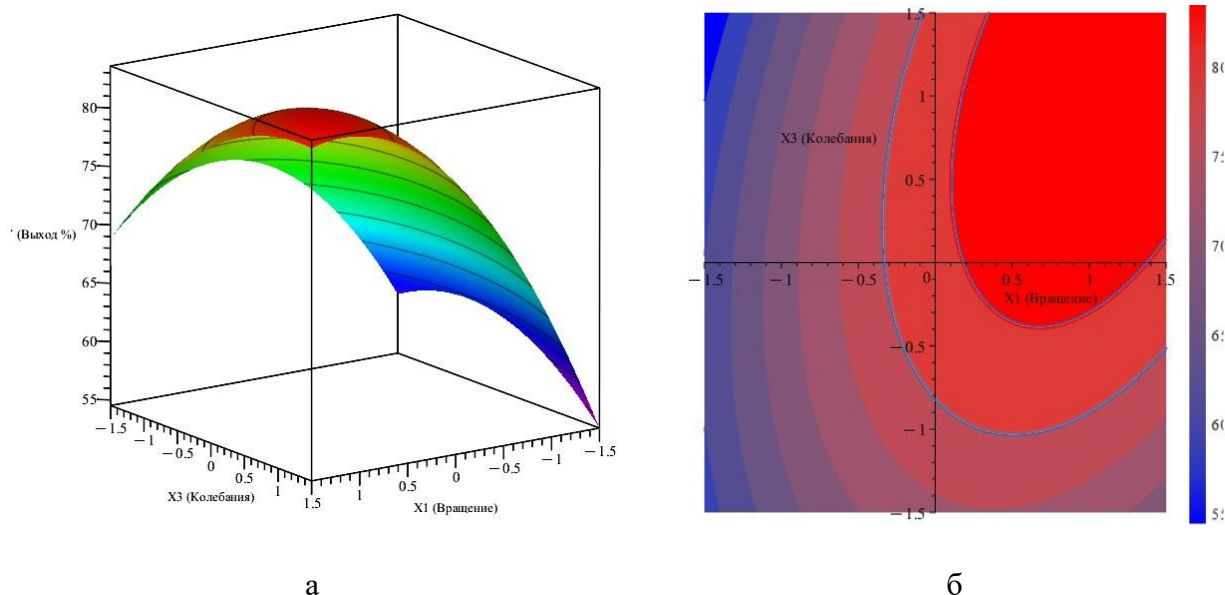


Рисунок 3. Графики зависимости выхода фракции (%) от изучаемых факторов (при $X_2 = +1$): а – поверхность отклика; б – линии уровня

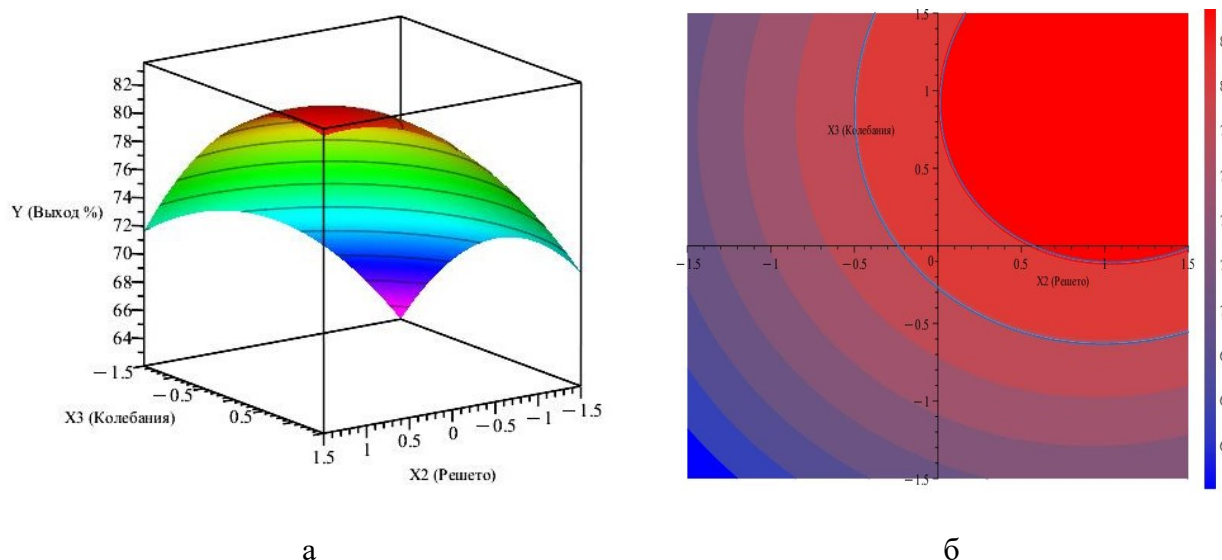


Рисунок 4. Графики зависимости выхода фракции (%) от изучаемых факторов (при $X_2 = +1$): а – поверхность отклика; б – линии уровня

Анализ поверхностей отклика показал, что максимальный выход качественного продукта (порядка 90%) достигается при сочетании высоких уровней всех трех факторов. Оптимальные значения параметров в натуральном выражении, обеспечивающие максимизацию функции отклика Y , находятся в следующих точках: частота вращения ротора –

1500 об/мин; диаметр ячеек решета дробилки – 8 мм; частота колебаний калибровочной камеры – 5 Гц.

Дальнейшее увеличение частоты вращения ротора выше 1500 об/мин нецелесообразно, так как согласно модели (коэффициент $-4X_1^2$) это приведет к снижению выхода целевой фракции размером 4 мм за счет увеличения доли мелких пылевидных частиц.

Анализ коэффициентов полученной математической модели позволяет сделать некоторые важные выводы о физике протекающих процессов.

Во-первых, о влиянии линейных факторов можно сказать следующее: наибольшее положительное влияние на выход целевой фракции оказывает частота вращения ротора $b_1 = 5,63$ об/мин. Это объясняется тем, что с увеличением скорости вращения возрастает кинетическая энергия удара молотков, что интенсифицирует процесс разрушения зерна в камере измельчения. Положительный знак коэффициента при диаметре решета $b_2 = 3,13$ мм указывает на то, что увеличение ячеек способствует более свободному прохождению материала на стадию сепарации.

Во-вторых, влияние взаимодействий проявляется следующим образом: значимым является эффект взаимодействия частоты вращения ротора и частоты колебаний калибратора $b_{13} = 2,13$ Гц. Это свидетельствует о синергии процессов. Высокая производительность дробления требует соответствующей интенсивности работы сортировального узла для своевременного отвода готовой фракции.

И, в-третьих, квадратичные эффекты. Все коэффициенты при квадратичных членах b_{11}, b_{22}, b_{33} имеют отрицательные знаки. Это указывает на выпуклость поверхности отклика и наличие экстремума в исследуемой области или вблизи её границ. Наибольшая кривизна наблюдается по фактору частоты вращения $b_{11} = -4$, что говорит о существовании предела скорости, после которого эффективность процесса падает (из-за избыточного измельчения продукта в мучную пыль).

Выводы

1. Разработана математическая модель процесса функционирования дробилки-калибратора в виде уравнения регрессии второго порядка, адекватно описывающая влияние кинематических и конструктивных параметров на выход готового продукта.

2. Установлено, что доминирующим фактором процесса является частота вращения ротора дробилки. Выявлен значимый эффект взаимодействия между скоростью дробления и частотой колебаний сепаратора, что подтверждает необходимость согласования производительности дробильной и калибровочной камер.

3. Графический анализ показывает, что взаимодействие между диаметром ячеек и частотой колебаний X_2X_3 выражено слабее, чем взаимодействия с частотой вращения. Линии уровня имеют форму, близкую к концентрическим дугам, с возрастанием функции отклика в область положительных значений обоих факторов. Это означает, что при работе дробилки на оптимальных оборотах (1500 об/мин) эффективность процесса стабильно возрастает при одновременном увеличении пропускной способности решета дробилки (переход к $d=8$ мм) и интенсивности сепарации (5 Гц). Снижение любого из этих параметров приведёт к «запиранию» продукта внутри системы и снижению производительности, даже при высокой скорости вращения ротора.

4. В результате решения задачи оптимизации определены рациональные режимы работы устройства: частота вращения ротора – 1500 об/мин, диаметр отверстий сменного решета – 8 мм, частота колебаний калибровочного блока – 5 Гц. Данный режим позволяет обеспечить выход целевой кормовой фракции на уровне 90%, что подтверждает эффективность предлагаемого технического решения для использования в фермерских хозяйствах.

Список источников

1. Исследование показателей работы роторно-центробежного измельчителя / А. Ю. Исупов, И. И. Иванов, Ю. А. Плотникова, А. И. Сухопаров // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 3(108). С. 90-99.
2. Керимов М. А. Системный анализ измельчительных технологий в кормоприготовлении // АгроЗооТехника. 2021. Т. 4. № 3.
3. Класнер Г. Г., Кузнецов В. И., Жигайлов Ф. Ю. Теоретические исследования процесса приготовления высокобелковых соевых кормов для сельскохозяйственных животных и птицы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 186. С. 21-30.
4. Крыгин В. А. Влияние пробиотиков на мясную продуктивность и ветеринарно-санитарные характеристики мяса цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 2(106). С. 268-273.
5. Лебедев А. Т., Искендеров Р. Р., Шумский А. С. К вопросу повышения долговечности рабочих органов роторной дробилки // Наука в центральной России. 2018. № 6(36). С. 14-19.
6. Нирян Ю. Л., Никулин В. Н. Белковый обмен у цыплят-бройлеров при использовании кремнийсодержащей кормовой добавки и пробиотика // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 6(144).
7. Разработка двухстадийной дробилки зерна / В. Н. Трубников, Н. В. Коняев, Б. С. Блинков, М. В. Журавлев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1(67). С. 21-24.
8. Разработка дробилки-калибратора кормов для домашней птицы / С. С. Бунеев, С. Ю. Шубкин, А. В. Клапп, Е. С. Чудинов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 1(35). С. 106-114.
9. Редькин С. В., Енушкова Е. А. Влияние кормовых добавок на продуктивные качества сельскохозяйственной птицы и ветеринарно-санитарная оценка продуктов убоя // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 8. С. 65-72.
10. Результаты экспериментальных исследований центробежно-роторного измельчителя фуражного зерна и семян масличных культур ИЛС-0,3 / Н. С. Сергеев, К. В. Судаков, М. Н. Вагнер [и др.] // АПК России. 2019. Т. 26. № 1. С. 91-97.
11. Сабиев У. К., Фомин В. В. Математическая модель движения сегмента зерновки в центробежно-роторном измельчителе фуражного зерна // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 2. С. 62-65.
12. Умиров Н. Т., Абдурахмонов Ш. Х., Юлдашев Д. К. Оценка эффективности работы роторной дробилки зерна для скормливания животным и птицам // Техника и технологии в животноводстве. 2025. Т. 15. № 2. С. 60-66.

References

1. Research of performance indicators of a rotary-centrifugal shredder. A. Y. Isupov, I. I. Ivanov, Yu. A. Plotnikova, A. I. Sukhoparov. Agroecoengineering, 2021, no. 3(108), pp. 90-99.
2. Kerimov M. A. System analysis of crushing technologies in feed preparation. Agrozoo-technics, 2021, vol. 4, no. 3.
3. Klassner G. G., Kuznetsov V. I., Zhigailov F. Yu. Theoretical studies of the process of preparing high-protein soy feeds for farm animals and poultry. Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 2023, no. 186, pp. 21-30.
4. Krygin V. A. The effect of probiotics on meat productivity and veterinary and sanitary characteristics of meat from broiler chickens. News Orenburg State Agrarian University, 2024, no. 2(106), pp. 268-273.
5. Lebedev A. T., Iskenderov R. R., Shumsky A. S. On the issue of increasing the durability of working bodies of rotary crushers. Science in Central Russia, 2018, no. 6(36), pp. 14-19.

6. Niryan Yu. L., Nikulin V. N. Protein metabolism in broiler chickens using a silicon-containing feed additive and probiotic. International Scientific Research Journal, 2024, no. 6(144).
7. Development of a two-stage grain crusher. V. N. Trubnikov, N. V. Konyaev, B. S. Blinkov, M. V. Zhuravlev. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2016, no. 1(67), pp. 21-24.
8. Development of a crusher calibrator for poultry feed. S. S. Buneev, S. Y. Shubkin, A.V. Klapp, E. S. Chudinov. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 1(35), pp. 106-114.
9. Redkin S. V., Enushkova E. A. The effect of feed additives on the productive qualities of poultry and veterinary and sanitary assessment of slaughter products. Veterinary, animal science, and biotechnology, 2024, no. 8, pp. 65-72.
10. Results of experimental studies of the centrifugal-rotary shredder of feed grain and oilseeds ILS-0.3. N. S. Sergeev, K. V. Sudakov, M. N. Wagner [et al.]. Agro-industrial Complex of Russia, 2019, vol. 26, no. 1, pp. 91-97.
11. Sabiev U. K., Fomin V. V. Mathematical model of movement of a grain segment in a centrifugal rotary shredder of feed grain. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2010, no. 2, pp. 62-65.
12. Umirov N. T., Abdurokhmonov Sh. Kh., Yuldashev D. K. Evaluation of the efficiency of a rotary grain crusher for feeding animals and birds. Machinery and technologies in animal husbandry, 2025, vol. 15, no. 2, pp. 60-66.

Информация об авторах

С.С. Бунеев – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;

Е.С. Чудинов – обучающийся института агробиотехнологий и технических систем.

Information about the authors

S.S. Buneev – Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling, Computer Technology and Information Security;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;

E.S. Chudinov – Student at the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems.

Научная статья

УДК 631.362.34

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-174-184

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ

Габаев Алий Халисович^{1✉}, Мишхожеев Азамат Асланбиевич²,
Курманова Марина Келлетовна³

^{1,2,3} Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
360030, Россия, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1в.

¹alii_gabaev@bk.ru✉

²azamat151@yandex.ru

³ksmk1984@mail.ru

Аннотация. Данная научная статья является частью исследования, посвященного актуальному вопросу повышения точности заданных норм высева семян зерновых культур. Целью исследования является определение зависимостей, обеспечение максимальной наполняемости желобов катушки и максимальной равномерности высева. Для достижения поставленной цели в рамках данного исследования нами осуществлена попытка подбора, оптимальных значений основных конструктивных параметров, желобчатой катушки высевающего аппарата зерновой сеялки таким образом, чтобы достичь возможности высева как можно большего количества разновидностей семян сельскохозяйственных культур. При исследованиях в данном направлении необходимо учитывать тот факт, что семена каждой культуры по своим геометрическим параметрам (форме, весу) довольно сильно отличаются. В результате проведенных теоретических исследований с учетом выше изложенного нами получены аналитические зависимости, позволяющие определять основные конструктивные параметры желобчатой катушки высевающего аппарата для посева семян зерновых культур. По результатам проведенных теоретических расчетов и экспериментальных исследований установлено, что наиболее оптимальным является диаметр катушки 50...55 мм, при заданных условиях на поверхности катушки наиболее оптимально можно разместить 12 желобов, размер перемычки между соседними желобами 1,93 мм и суммарная площадь сечения желобов катушки 570 мм². Также в результате исследований установлены основные факторы, оказывающие значимое влияние при формировании профиля желоба катушки.

Ключевые слова: сеялка, высевающий аппарат, семенная коробка, катушка, желоб, посев, скорость

Для цитирования: Габаев А.Х., Мишхожеев А.А., Курманова М.К. Теоретическое исследование параметров катушки высевающего аппарата зерновой сеялки // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 174-184. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-174-184>.

Право: © А.Х. Габаев, А.А. Мишхожеев, М.К. Курманова (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

THEORETICAL STUDY OF THE PARAMETERS OF THE SEEDING UNIT COIL OF A GRAIN SEEDER

Aliy Kh. Gabayev^{1✉}, Azamat A. Mischogeev², Marina K. Kurmanova^{3✉}

^{1,2,3} Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov,
1b Lenin Ave., Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russia.

Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia

¹alii_gabaev@bk.ru✉

²azamat151@yandex.ru

³ksmk1984@mail.ru

Abstract. This scientific article is part of a study devoted to the pressing issue of improving the accuracy of specified seeding rates for grain crops. The aim of the study is to determine the relationships, ensure maximum filling of the roller grooves, and maximize seeding uniformity. To achieve this goal, we attempted to select the optimal values for the main design parameters of the grooved roller of a grain seeder sowing unit, thereby achieving the ability to sow as many varieties of agricultural crops as possible. When conducting research in this area, it is necessary to consider the fact that the seeds of each crop vary significantly in their geometric parameters (shape, weight). As a result of the theoretical research conducted, taking into account the above, we obtained analytical relationships that allow us to determine the main design parameters of the grooved roller of a grain seeder sowing unit. Based on the results of theoretical calculations and experimental studies, it was determined that the optimal coil diameter is 50–55 mm. Under the given conditions, the optimal number of grooves on the coil surface is 12, the bridge size between adjacent grooves is 1.93 mm, and the total cross-sectional area of the coil grooves is 570 mm². The studies also identified the key factors that significantly influence the formation of the coil groove profile

Keywords: seeder, seeding machine, seed box, spool, chute, seeding, speed.

For citation: Gabayev A.Kh., Mischogev A.A., Kurmanova M.K. Theoretical study of the parameters of the seeding unit coil of a grain seeder. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 174-184. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-174-184>.

Copyright: © A.Kh. Gabayev, A.A. Mischogev, M.K. Kurmanova (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Повышение точности заданных норм высева семян зерновых культур и минимизация энерго-трудозатрат с максимальной унификацией катушечного высевающего аппарата есть актуальная задача, решение которой даст рост урожайности зерновых культур. Решению данной актуальной задачи посвящены труды многих выдающихся отечественных и зарубежных ученых, таких как М.К. Амрханов, А.И. Беднов, Г.К. Демидов, В.В. Ли, М.Х. Каскулов, А.Я. Карпенко и многих других, которые внесли существенный вклад в становление отечественного сельскохозяйственного машиностроения [1-4].

Для достижения поставленной цели в рамках данного исследования нами осуществлена попытка подбора, оптимальных значений основных конструктивных параметров, желобчатой катушки высевающего аппарата зерновой сеялки, таким образом, чтобы достичь возможности высева как можно большего количества разновидностей семян сельскохозяйственных культур. При проведении расчетов отталкивались от соответствующих заданных параметров исходя из максимальной наполняемости желобов катушки высевающего аппарата и минимальной травмируемости семенного материала при движении его в полости высевающего аппарата, а также при выходе из него [5-9].

Соответственно, для соблюдения требований при проведении посевных работ для засева единицы площади поля требуется разное количество семенного материала.

Анализ физико-механических свойств различных сельскохозяйственных культур показывает существенную разницу, даже по основным параметрам, таким как: средний вес 1000 зерен; геометрические размеры семян; объем; нормы высева [10, 11]. Таким образом, касаясь конструкции высевающего аппарата в целом, и его катушки в частности, одинаково хорошо подходящих для посева семян различных сельскохозяйственных культур довольно трудно спроектировать и изготовить. Решением поставленной задачи по нашему видению станет определение «Золотой середины», чтобы машина была как можно более универсальной и в то же время обеспечивала агротехнические требования при посеве различных сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – установить основные конструктивные и геометрические параметры катушки высевающего аппарата зерновой сеялки, при которых будет обеспечиваться условие: максимальная наполняемость желобов катушки семенным материалом; максимальная равномерность высева при минимальном травмировании посевного материала.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – технологические процессы перемещения семенного материала в полости катушечного высевающего аппарата и формирование зерновой струи на выходе из него.

Предмет исследования – конструктивные параметры и режимы работы катушечного высевающего аппарата зерновой сеялки

Исследование проводилось на базе Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова, в научно-исследовательской лаборатории «Энергосберегающие технологии и техника», кафедры «Агроинженерия».

Методы исследования: В целях оценки неравномерности зерновой струи, создаваемой исследуемым катушечным высевающим аппаратом в научно-исследовательской лаборатории кафедры, была сконструирована специальная лабораторная установка (см. рис. 1), в которой зерновой поток принимается на бумажную липкую ленту, равномерно перемещающуюся со скоростью, соответствующей рабочей скорости зерновой сеялки.

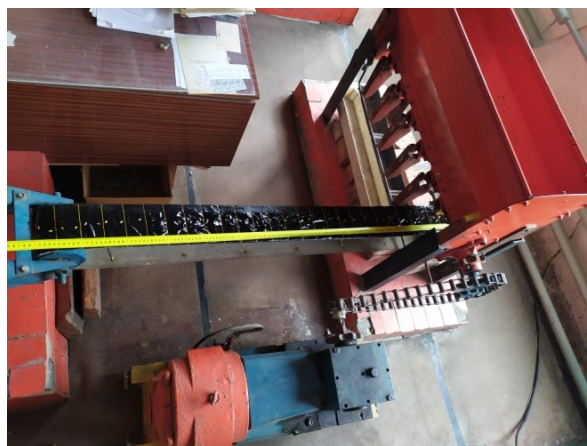


Рисунок 1. Лабораторная установка для оценки равномерности зерновой струи

Каждое зерно, попавшее на липкую ленту, остается на том же месте (удерживается клеем ленты), где оно и выпало. Таким образом, остается рассмотреть распределение зерен на липкой ленте и охарактеризовать его.

Вся лента по своей длине разбивается на ряд последовательных участков, длина каждой из которых равна пяти сантиметрам. Семена, выброшенные катушкой высевающего аппарата, попадая на ленту, фиксируются в заданном положении. Соответственно в зависимости от равномерности подачи семенного материала высевающим аппаратом семена по всей длине ленты распределяются по-разному, то есть на одних участках может оказаться по одному зерну, на других по два, на третьих по три и так далее; также могут оказаться участки пустые, без зерен. Полученные экспериментальные данные систематизировались с помощью табличного редактора Microsoft Excel надстройкой «Анализ данных», программы STATISTIKA 6.0 и MathCad, позволяющих проводить статистический анализ.

Нормы высева семян зерновых культур колеблются в очень широких пределах, это связано с наличием большого количества различных почвенно-климатических зон в стране.

При работе нами была использована рядовая зерновая сеялка СЗ-3,6, которая, несмотря на свой солидный возраст, все еще остается базовой моделью для различных модификаций и наиболее широко используется в регионе.

Количество зерен, закладываемых на одном погонном метре ряда, меняется прямо пропорционально, в зависимости от ширины междурядий и нормы высева. Качество высева семян зерновых культур катушечными высевающими аппаратами определяется точностью изготовления катушки и соответствия конструктивных параметров катушки и высеваемой культуры. При проектировании высевающего аппарата очень важно предусматривать возможность высева семян широкого круга растений с присущими им различными нормами вы-

сева и с учетом обоснованности с конструктивной точки зрения геометрических параметров высевающего аппарата. Решение этого вопроса - определить «Золотую середину», чтобы машина была как можно более универсальной и в то же время обеспечивала агротехнические требования при посеве различных сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований и их обсуждение

Рабочий объем катушки (см. рис. 2) v_0 , при известной толщине активного слоя C , исходит из условия:

$$v_0 i = V_0. \quad (1)$$

Толщина активного слоя в высевающем аппарате C (см. рис. 2) обусловлена скоростью движения семенного материала, которая равна угловой скорости вращения катушки. Соответственно, объем семян, выброшенных за один полный оборот катушки, зависит от объема $v_{жс}$ желобов и объема $v_{ак}$ активного слоя:

$$v_0 = v_{жс} + v_{ак}. \quad (2)$$

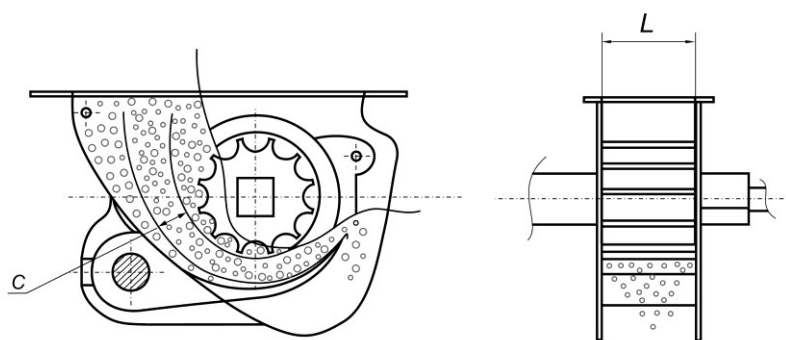


Рисунок 2. Схема перемещения семян в корпусе высевающего аппарата.

Если площадь сечения каждого желоба обозначить f , а число желобов катушки z , то:

$$v_{жс} = z f L. \quad (3)$$

Если допустить, что условная скорость объема семян, проходящих через сечение CL активного слоя, равна скорости вращения катушки $w = w_{кат}$, то объем семян, проходящих за одну секунду, будет определяться по выражению:

$$v_1 = CL w_{кат}. \quad (4)$$

При частоте вращения катушки (n , мин⁻¹), объем семенного материала, проходящего в активном слое за один полный оборот катушки, будет соответствовать следующему выражению:

$$v_{ак} = CL w_{кат} \frac{60}{n}, \quad (5)$$

где $\frac{60}{n} = \tau$ – время, за которое катушка делает один полный оборот, с.

Имея в виду, что $w_{кат} = \frac{\pi d n}{60}$, получим объем семян, пройденный в активном слое за один оборот катушки в следующем виде:

$$v_{ак} = \pi d C L. \quad (6)$$

Соответственно, рабочий объем катушки, выраженный через ее размеры, будет иметь вид:

$$v_0 = z f L + \pi d C L = (z f + \pi d C) L. \quad (7)$$

Из формулы (7) видно, что рабочий объем v_0 катушки зависит не только от длины ее активной части L , но и от толщины активного слоя C (см. рис.2), которая, в свою очередь, зависит от длины активной части катушки согласно следующему выражению:

$$C = a + bL. \quad (8)$$

Однако вследствие малой величины показателя b в выражении (8), нарастание толщины активного слоя с увеличением длины рабочей части катушки происходит незначительно, что позволяет считать эти параметры независимыми. Таким образом, рабочий объем катушки можно принять пропорциональным длине ее активной части:

$$v_0 = f_0 L, \quad (9)$$

где

$$f_0 = zf + \pi dC. \quad (10)$$

Для подтверждения теоретических данных нами было проведено экспериментальное исследование на лабораторной установке (см. рис. 1) с четырьмя катушечными высевальными аппаратами, которое подтвердило почти линейную зависимость количества высеванных семян от рабочей длины катушки (см. рис. 3).

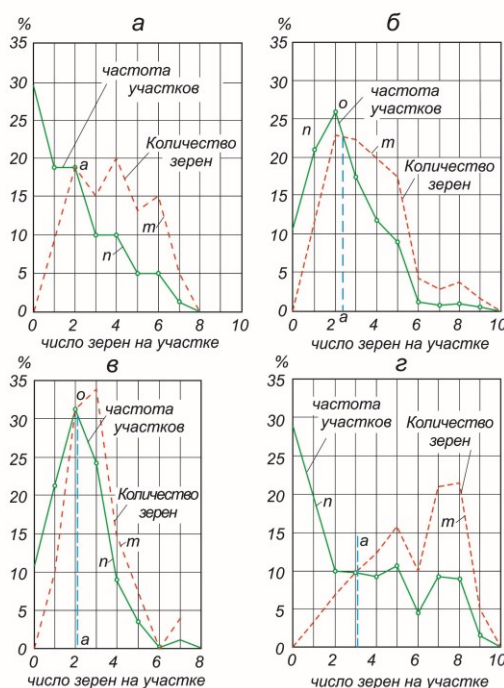


Рисунок 3. Характеристика равномерности подачи зерна катушками различных типов:

а – несдвигаемой катушки со сплошными желобами, б – несдвигаемой катушки со смещенными желобами, в – несдвигаемой катушки с зубцами, г – сдвигаемой катушки со сплошными желобами

На большинстве зерновых сеялок передаточное число i от ходовых колес к валу высевальных аппаратов выдерживается одинаковым и равно $i=0,41$ [12]; с диаметром ходовых колес $D=1,22$ м. При этих условиях числовое выражение рабочего объема катушки будет определяться из выражения:

$$v_0 = 0,94 \cdot 10^{-2} \frac{Ma}{\gamma}, \quad (11)$$

где M – заданная норма высева, кг/га;

a – ширина междурядья, см;

γ – объемный вес семян, т/м³.

Рабочий объем катушки для сеялок с дисковыми сошниками с шириной междурядий 15 см определяется следующим образом:

$$v_0 = 0,14 \frac{M}{\gamma} . \quad (12)$$

Рабочий объем катушки для сеялок с анкерными сошниками с шириной междурядья 12,5 см определяется следующим образом:

$$v_0 = 0,118 \frac{M}{\gamma} . \quad (13)$$

При проектировании высевашего аппарата целесообразно предусматривать по возможности способность высевать семена широкого круга растений с учетом различных агротехнических требований для каждого из них (норма высева). Поэтому наибольшее расчетное значение рабочего объема катушки v_0 будет определяться по той культуре, для которой норма высева наибольшая, а семена имеют наименьший объемный вес. При этих условиях очевидно, что рабочая длина катушки будет наибольшей.

Из табл. 1, где приведены значения объемного веса для семян различных зерновых культур, следует, что наименьший объемный вес у овса. Наибольшее значение объемного веса из приведенных культур имеет пшеница, за ней следует рожь, а ячмень в этом отношении занимает среднее положение между овсом и рожью.

Таблица 1. Объемный вес для семян различных зерновых культур

№ п/п	Культура	Объемный вес, (т/м ³)
1	Пшеница озимая	0,75...0,81
2	Пшеница яровая	0,70...0,81
3	Рожь	0,70...0,76
4	Ячмень	0,54...0,68
5	Овес	0,40...0,57

При проектировании следует избегать слишком громоздких размеров высеваших аппаратов, и при определении расчетного объема катушки высевашего аппарата по минимальному объемному весу необходимо предусмотреть возможность изменения передаточных чисел i' вала катушек высеваших аппаратов.

Например, если принять для ячменя объемный вес равным 0,545 т/м³, норму высева $M_{max}=130$ кг/га, то по формуле (13) расчетный объем катушки высевашего аппарата определится следующим образом:

$$v_0 = 0,14 \frac{130}{0,545} = 33,5 \approx 34 \text{ см}^3 . \quad (13)$$

Для сеялок с анкерными сошниками соответственно значение этого показателя будет меньше вследствие меньшего размера междурядья.

При нахождении для высева овса подходящего передаточного числа, отличного от $i=0,41$, необходимо исходить из условия сохранности рабочего объема катушки:

$$\frac{M'_{max}}{i' \gamma'_{min}} = \frac{M_{max}}{i \gamma_{min}} , \quad (14)$$

где M'_{max} – максимальное значение нормы высева для овса.

Таким образом, передаточное отношение для высева овса при прочих равных параметрах высевашего аппарата сможем определить по выражению:

$$i' = \frac{M'_{max} \gamma_{min}}{M_{max} \gamma'_{min}} i . \quad (15)$$

Например, чтобы той же катушкой с наибольшим расчетным объемом $v_0=34$ см³ можно было высевать овес ($\gamma'_{min} = 0,4$) при максимальной норме высева $M'_{max} = 200$ кг/га, необходимо передаточное число $i=0,41$ изменить на:

$$i' = \frac{200 \cdot 0,545}{130 \cdot 0,400} \cdot 0,41 = 0,86.$$

Таким образом, определяются размеры катушки в соответствии с установленным рабочим объемом. Наиболее удобным по конструктивным соображениям является диаметр равный 50 мм, и изменять его применительно к высеву широкого спектра сельскохозяйственных культур нецелесообразно.

Соответственно, наиболее оптимальным решением при унификации высевающего аппарата под посев различных культур может быть подбор катушки по форме и количеству желобов, а также по длине ее рабочей части.

Длину рабочей части катушки можно определить по выражению:

$$L = \frac{v_0}{zf + \pi dC}. \quad (16)$$

Количество желобов на поверхности катушки, профиль и площадь поперечного сечения определяются из соображений максимальной наполняемости их семенами, наилучшей опорожняемости и минимальной травмируемости посевного материала.

Основываясь на результатах проведенного анализа конструкции высевающих аппаратов наиболее распространенных посевных машин, можно сделать заключение, что основными конструктивными параметрами, определяющими профиль желоба являются:

– угол α – угол пересечения двух прямых, проведенных из точки O' , которая смещена на расстояние a относительно центра O ;

– радиус r – радиус замыкающей дуги профиля желоба с центром O'' , который расположен на осевой линии OF этого профиля.

Таким образом, профиль желоба катушки высевающего аппарата определяется следующими основными параметрами: a , α , r , и Δb – допустимой толщиной перемычки между смежными желобами (см. рис. 4).

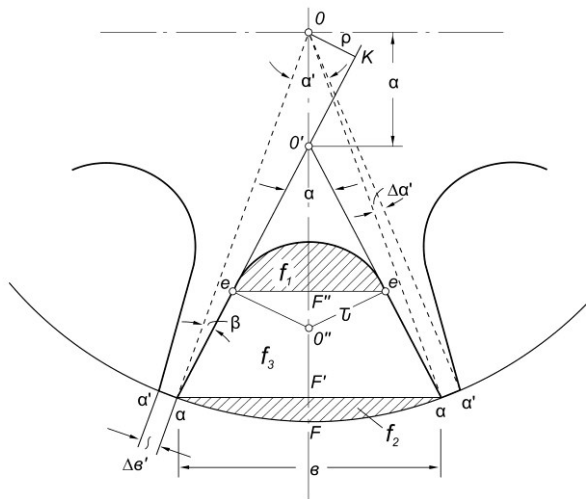


Рисунок 4. Основные конструктивные параметры профиля желоба катушки катушечного высевающего аппарата.

При конструктивно заданной толщине перемычки между смежными желобами Δb значение центрального угла, соответствующего перемычке, можно определить по выражению:

$$\Delta\alpha' = \frac{2\Delta b}{d}, \quad (17)$$

Центральный же угол, соответствующий ширине желоба b совместно с перемычкой Δb , будет равен сумме углов α и $\Delta\alpha'$.

Соответственно, количество желобов на поверхности катушки определится выражением:

$$z = \frac{2\pi}{\alpha' + \Delta\alpha'} . \quad (18)$$

Для определения числа желобов и равномерного распределения их на катушке, необходимо знать значение центрального угла α' , соответствующего ширине желоба b .

Как видно из рис. 4, перпендикуляр, опущенный из центра o на прямую aek равен:

$$ок = \frac{d}{2} \sin\beta = A \sin \frac{1}{2} \alpha . \quad (19)$$

Соответственно

$$\sin\beta = 2 \frac{A}{d} \sin \frac{1}{2} \alpha . \quad (20)$$

Угол β определится из треугольника aoo' по формуле:

$$\beta = \frac{1}{2} (\alpha - \alpha') . \quad (21)$$

Подставляя значение β в выражение (21) получим:

$$\sin \frac{1}{2} (\alpha - \alpha') = 2 \frac{A}{d} \sin \frac{1}{2} \alpha . \quad (22)$$

Отсюда

$$\alpha' = \alpha - 2 \arcsin \left(2 \frac{A}{d} \sin \frac{1}{2} \alpha \right) . \quad (23)$$

Ширина желоба по хорде aa , будет равна:

$$b = d \cdot \sin \frac{1}{2} \alpha' . \quad (24)$$

Общая площадь f сечения одного желоба будет складываться из трех слагаемых:

1. Площади f_1 – сегмента отсекаемого хордой ee от круга радиусом r ;
2. Площади f_2 – сегмента, отсекаемого хордой aa от круга радиуса $\frac{1}{2}d$;
3. Площади f_3 – трапеции, ограниченной хордами aa и ee , с высотой h .

Площади f_1 и f_2 можно установить по известным формулам для сегментов, а площадь f_3 по выражению:

$$f_3 = \frac{aa + ee}{2} \cdot h . \quad (25)$$

где $aa=b$,

$$ee = 2r \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha .$$

h высота трапеции.

Высоту трапеции h можно определить как разность

$$h = Of' - Of'' , \quad (26)$$

где

$$Of' = a + O'f' = a + \frac{b}{2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha} , \quad (27)$$

$$Of'' = a + \frac{r \cos \frac{1}{2} \alpha}{\operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha} , \quad (28)$$

Преобразовав, получаем

$$h = \frac{b - 2r \cos \frac{1}{2} \alpha}{2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha} . \quad (29)$$

Таким образом, f_3 будет определяться по следующему выражению:

$$f_3 = \frac{\left(b + 2r \cos \frac{1}{2} \alpha\right)}{2} \cdot \frac{\left(b - 2r \cos \frac{1}{2} \alpha\right)}{2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha} = \frac{b^2 - 4r^2 \cos^2 \frac{1}{2} \alpha}{4 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha}. \quad (30)$$

Таким образом, общая площадь f сечения одного желоба катушки будет равна сумме:

$$f = f_1 + f_2 + f_3, \quad (31)$$

где

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= \frac{r^2}{2} [\pi - \alpha - \sin(\pi - \alpha)]; \\ f_2 &= \frac{d^2}{8} (\alpha' - \sin \alpha'); \\ f_3 &= \frac{b^2 - 4r^2 \cos^2 \frac{1}{2} \alpha}{4 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

Например, стандартная серийно выпускаемая катушка СЗ-3,6 108.05.002 имеет следующие размеры: $d=51 \text{ мм}$, $a=8 \text{ мм}$, $\alpha=37^\circ$, $r=5,5 \text{ мм}$, и кроме того, условие, чтобы ширина перемычки Δb была не меньше $1,5 \text{ мм}$.

Таким образом, по формуле (23) имеем:

$$\alpha' = 37^\circ - 2 \arcsin \left(\frac{2 \cdot 8}{51} \sin 18^\circ 30' \right) = 25^\circ 40' (0,448)$$

Ширина желоба по формуле (24):

$$b = 51 \cdot \sin 12^\circ 50' = 11,3 \text{ мм}.$$

Площадь сечения желоба по формуле (31) будет равна:

$$f = 4,9 + 28,6 + 14,0 = 47,5 \text{ мм}^2.$$

По формуле (17) имеем:

$$\Delta \alpha' = 2 \cdot \frac{1,5}{51} = 0,059.$$

$$\Delta \alpha' = 2 \cdot \frac{1,5}{51} = 0,059 \text{ и } \alpha' + \Delta \alpha' = 0,448 + 0,059 = 0,507.$$

Число желобов по формуле (18):

$$z = \frac{2\pi}{0,448 + 0,059} = 12,3 \text{ шт.}$$

Суммарная площадь сечения желобов катушки определится величиной:

$$\begin{aligned} f_{\text{жс}} &= z \cdot f, \\ f_{\text{жс}} &= 12 \cdot 47,5 = 570 \text{ мм}^2. \end{aligned} \quad (33)$$

Выводы

1. Проведенный анализ конструкции наиболее распространенных высевяющих аппаратов зерновых сеялок показывает, что наиболее приемлемым из конструктивных соображений является диаметр катушки высевяющего аппарата равный 50 мм . Следовательно, при унификации высевяющего аппарата под высев семян различных культур целесообразнее искать оптимальное решение, подбирая катушку по количеству, форме желобов и её рабочей длине.

2. Количество желобов и площадь их сечения необходимо определять, исходя из соображения максимальной наполняемости желобов и наилучшей их опорожняемости. При всем

при этом необходимо стремиться к минимизации травмирования посевного материала как при нижнем, так и при верхнем выходе семян из высевающего аппарата.

3. В результате теоретических исследований установлено, что при заданных условиях на катушке можно разместить 12 полных желобов, при этом размер перемычки Δb будет незначительно больше 1,5 мм (рекомендуемый размер 1,6 мм с допуском +0,3мм).

Список источников

1. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. Модернизация зерновой сеялки для работы в условиях повышенной влажности почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 238-245.

2. Апажев А.К. и др. Исследование процесса работы устройства для высева семян разбросным способом / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов, Л.З. Шекихачева // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2023. № 3 (41). С. 102-112.

3. Габаев А.Х. Исследование различных типов катушек высевающих аппаратов на равномерность подачи зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. №1 (207). С. 118-121.

4. Габаев А.Х. Расчет рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки и факторы, влияющие на высев заданных норм // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. №2 (32). С. 123-130.

5. Ларюшин Н.П. и др. Новая конструкция высевающего аппарата зерновой сеялки, оснащенного катушкой секционного типа с желобками, расположенными по винтовой линии / Н.П. Ларюшин, И.А. Першин, А.В. Шуков, Т.А. Кирюхина // Нива Поволжья. 2022. № 1(61). С. 3006.

6. Матущенко А.Е., Сарксян М.Д. Агротехнические требования и оценка работы сеялок для пропашных культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. №4 (102). С. 152-158.

7. Мишхожев А.А., Курманова М.К. Дисковый сошник, эффективность его работы в условиях рискованного земледелия // Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты. Нальчик, 2024. С. 91-95.

8. Раднаев Д.Н. и др. К методике агротехнической оценки посева зерновых культур / Д.Н. Раднаев, А.И. Дарханов, Р.Г. Шалбаева, Б.Е. Дамбаева // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 1 (88). С. 60-65.

9. Филатов М.И., Большаков Е.В., Абдюкаева А.Ф. Значение адаптивных рабочих органов в реализации адаптивно-ландшафтного земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (101). С. 116-121.

10. Cujbescu D. et al. Numerical simulation of seed distribution of a pneumatic seed meter inmate / D. Cujbescu, Iu. Gageanu, C. Persu, G. Gheorghe // Agricultural Engineering. 2022. Pp. 41-48.

11. Mishkhozhev V. et al. Investigation of the travel depth of the disc colter and the conditions for its balance / V. Mishkhozhev, A. Gabaev, A. Nam, V. Dzuganov, T.B. Pazova // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 01022.

12. Yang Sh. et al. Design and experiment of no tillage planter for high and low borders wheat. inmate / Sh. Yang, Ch. Ma, B. Zhang, Y. Zhang, J. Yang // Agricultural Engineering. 2023. Pp. 419-428.

References

1. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Modernization of a grain planter for operation in conditions of high soil moisture // News of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education, 2016, no. 3 (43), pp. 238-245.

2. Apazhev A.K. et al. Investigation of the process of operation of a device for sowing seeds by a single method. A.K. Apazhev, Yu.A. Shekikhachev, L.M. Khazhmetov, L.Z. Shekikhacheva. News of the V.M. Kokov Kabardino-Balkarian State Agrarian University, 2023, no. 3 (41), pp. 102-112.
3. Gabaev A.H. Investigation of various types of coils of seeding machines for the uniformity of grain supply. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2022, no. 1 (207), pp. 118-121.
4. Gabaev A.Kh. Calculation of the working process of the sowing apparatus of a grain planter and factors influencing the sowing of specified norms. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 2 (32), pp. 123-130.
5. Laryushin N.P. et al. A new design of the sowing apparatus of a grain planter equipped with a sectional type coil with grooves arranged along a helical line. N.P. Laryushin, I.A. Pershin, A.V. Shukov, T.A. Kiryukhina. Field of the Volga region, 2022, no. 1(61), p. 3006.
6. Matushchenko A.E., Sarksyan M.D. Agrotechnical requirements and evaluation of the work of seeders for row crops. News Orenburg State Agrarian University, 2023, no. 4 (102), pp. 152-158.
7. Mishkhozhev A.A., Kurmanova M.K. Disc coulter, the effectiveness of its operation in risky farming. Materials of the IV All-Russian (national) scientific and practical conference. Actual problems of agricultural science: applied and research aspects. Nalchik, 2024, pp. 91-95.
8. Radnaev D.N. et al. On the methodology of agrotechnical assessment of grain crops. D.N. Radnaev, A.I. Darkhanov, R.G. Shalbayeva, B.E. Dambaeva. Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management, 2023, no. 1 (88), pp. 60-65.
9. Filatov M.I., Bolshakov E.V., Abdyukayeva A.F. The importance of adaptive working bodies in the implementation of adaptive landscape agriculture. News Orenburg State Agrarian University, 2023, no. 3 (101), pp. 116-121.
10. Cujbescu D. et al. Numerical simulation of seed distribution of a pneumatic seed meter inmate. D. Cujbescu, Iu. Gageanu, C. Persu, G. Gheorghe. Agricultural Engineering, 2022, pp. 41-48.
11. Mishkhozhev V. et al. Investigation of the travel depth of the disc colter and the conditions for its balance. V. Mishkhozhev, A. Gabaev, A. Nam, V. Dzuganov, T.B. Pazova. Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference, 2021, p. 01022.
12. Yang Sh. et al. Design and experiment of no tillage planter for high and low borders wheat. inmate. Sh. Yang, Ch. Ma, B. Zhang, Y. Zhang, J. Yang. Agricultural Engineering, 2023, pp. 419-428.

Информация об авторах

А.Х. Габаев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»;

А.А. Мишхожев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Агроинженерия»;

М.К. Курманова – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Агроинженерия».

Information about the authors

A.Kh. Gabaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering;

A.A. Mishkhozhev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering;

M.K. Kurmanova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering.

Научная статья

УДК 629.014

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-185-194

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ТОРСИОННОЙ РЕССОРНОЙ ПОДВЕСКИ АВТОТРАКТОРНОГО ПРИЦЕПА

**Радин Сергей Юрьевич^{1✉}, Шубкин Сергей Юрьевич², Добрин Сергей Александрович³,
Коростелев Павел Павлович⁴, Хныкин Сергей Васильевич⁵**

^{1,2,3,4,5}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,

Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

¹radin81@mail.ru✉

²shubkin.92@mail.ru

³dobrin.sa@mail.ru

⁴pavluha-020@yandex.ru

⁵agromechatronics@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию усовершенствованной конструкции адаптивной торсионной рессорной подвески, предназначенной для повышения устойчивости, управляемости и комфорта движения автотракторных прицепов. Авторами рассматриваются современные тенденции развития подвесок транспортных средств, выявляются недостатки традиционных конструкций и обосновывается необходимость внедрения новых решений. Целью представленного исследования является экспериментальная оценка работоспособности и эффективности адаптивной торсионной рессорной системы подвески, способной динамически изменять жесткость и демпфирующие свойства в зависимости от условий эксплуатации транспортного средства. В работе использованы натурные испытания опытных образцов модернизированной подвески. Проведено сравнение полученных характеристик с показателями стандартных моделей подвесок. Установлено, что максимальное значение амплитуды подпрыгивания у серийного прицепа при движении его по проселочной дороге составляет 200 мм, в то время как у модернизированного прицепа максимальное значение амплитуды ниже более чем в 2 раза и составляет 94 мм. Экспериментально подтверждено значительное улучшение показателей плавности хода, снижение уровня вибрационных нагрузок на кузов, повышение общей устойчивости и маневренности автотранспортного состава. Предложенная конструкция демонстрирует высокую эффективность адаптации к различным дорожным условиям и нагрузкам, обеспечивая оптимальную работу подвески в широком диапазоне эксплуатационных режимов.

Ключевые слова: адаптивная подвеска, торсион, рессорное подвешивание, автотракторный прицеп.

Для цитирования: Исследование адаптивной торсионной рессорной подвески автотракторного прицепа / С.Ю. Радин, С.Ю. Шубкин, С.А. Добрин, П.П. Коростелев, С.В. Хныкин // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 185-194. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-185-194>.

Права: © С.Ю. Радин, С.Ю. Шубкин, С.А. Добрин, П.П. Коростелев, С.В. Хныкин (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

INVESTIGATION OF ADAPTIVE TORSION SPRING SUSPENSION OF AN AUTOMOTIVE TRAILER

**Sergey Yu. Radin^{1✉}, Sergey Yu. Shubkin², Sergey A. Dobrin³, Pavel P. Korostelev⁴,
Sergey V. Khnykin⁵**

^{1,2,3,4,5}Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia

¹radin81@mail.ru✉

²shubkin.92@mail.ru

³dobrin.sa@mail.ru

⁴pavluha-020@yandex.ru

⁵agromechatronics@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of an improved design of an adaptive torsion spring suspension designed to increase the stability, handling and driving comfort of tractor trailers. The authors consider current trends in the development of vehicle suspensions, identify the disadvantages of traditional structures and justify the need to introduce new solutions. The purpose of the presented study is an experimental assessment of the operability and effectiveness of an adaptive torsion spring suspension system capable of dynamically changing stiffness and damping properties depending on the operating conditions of the vehicle. Full-scale tests of prototypes of the upgraded suspension were used in the work. The obtained characteristics are compared with those of standard suspension models. It was found that the maximum bounce amplitude of a serial trailer when moving along a country road is 200 mm, while the maximum amplitude value of an upgraded trailer is more than 2 times lower and is 94 mm. Experimentally confirmed a significant improvement in smooth running performance, a reduction in vibration loads on the body, and an increase in overall stability and maneuverability of vehicles. The proposed design demonstrates high efficiency of adaptation to various road conditions and loads, ensuring optimal suspension operation in a wide range of operating conditions.

Keywords: adaptive suspension, torsion bar, spring suspension, tractor trailer.

For citation: Investigation of adaptive torsion spring suspension of an automotive trailer. S.Yu. Radin, S.Yu. Shubkin, S.A. Dobrin, P.P. Korostelev, S.V. Khnykin. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 185-194. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-185-194>.

Copyright: © S.Yu. Radin, S.Yu. Shubkin, S.A. Dobrin, P.P. Korostelev, S.V. Khnykin (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Современное сельское хозяйство предъявляет повышенные требования к транспортировке сельскохозяйственной продукции и материалов, что обусловлено увеличением объемов перевозок, расширением географии поставок и необходимостью сохранения высокого уровня мобильности и маневренности автотракторной техники [1]. Эффективность и надежность работы прицепных агрегатов напрямую влияют на экономические показатели деятельности сельскохозяйственных предприятий, уровень потерь перевозимых грузов и степень износа самих транспортных средств [3, 6].

Одним из наиболее важных аспектов повышения эксплуатационной эффективности автотракторных прицепов является совершенствование их подвесных систем [11]. Традиционные рессорные подвески, несмотря на широкое распространение, обладают рядом существенных недостатков, среди которых выделяются низкая приспособляемость к различным условиям эксплуатации, высокая чувствительность к изменению нагрузок и невозможность эффективного гашения вибраций и ударов при движении по дорогам с различными характеристиками покрытия [4, 10]. Эти факторы приводят к увеличению износа узлов и механизмов прицепов, ухудшению условий транспортировки грузов и снижению общего ресурса техники.

В последние годы наблюдается тенденция перехода к применению адаптивных подвесок, способных изменять свои рабочие характеристики в зависимости от действующих нагрузок и особенностей дорожной обстановки [7, 9]. Среди различных типов адаптивных подвесок особое внимание заслуживают торсионные системы, характеризующиеся высокой прочностью, надежностью и длительным сроком службы [2, 5]. Однако классические торсионные подвески также требуют дальнейшего усовершенствования для достижения максимальной эффективности и соответствия современным требованиям сельского хозяйства.

Настоящая работа посвящена исследованию адаптивной торсионной рессорной подвески автотракторного прицепа, представляющей собой принципиально новый подход к решению проблем традиционной подвески. Предлагаемая конструкция сочетает в себе преимущества классических торсионных систем с возможностями автоматической регулировки жесткости и демпфирующих характеристик, что позволяет значительно повысить плавность хода, уменьшить динамические нагрузки на узлы прицепа и увеличить срок его службы.

Основной задачей настоящего исследования является всестороннее изучение конструктивно-кинематических параметров адаптивной торсионной рессорной подвески, выявление закономерностей их влияния на эксплуатационные характеристики прицепа и разработка рекомендаций по оптимизации конструкции для максимального удовлетворения требований современного сельскохозяйственного производства.

Проведение данного исследования представляется актуальным и необходимым этапом на пути к созданию эффективных и надежных транспортных средств нового поколения, способных успешно функционировать в условиях российского сельского хозяйства, характеризующегося многообразием климатических зон, рельефов местности и уровней развития дорожной инфраструктуры.

Цель исследования – экспериментальная оценка работоспособности и эффективности адаптивной торсионной рессорной системы подвески, способной динамически изменять жесткость и демпфирующие свойства в зависимости от условий эксплуатации транспортного средства.

Материалы и методы исследований

Объект исследования: адаптивная торсионная рессорная подвеска автотракторного прицепа. Для проведения экспериментальных исследований был выбран макетный образец, имитирующий конструкцию рессорного подвешивания прицепного транспортного средства, включающий адаптивную торсионную рессору. Кинематическая схема и принцип действия предложенного технического решения применительно к автотракторному прицепу подробно изложены в [8].

Предмет исследования: конструктивно-кинематические и эксплуатационные параметры рессорного подвешивания автотракторного прицепа.

Исследования проводились в 2023-2025 гг. на базе кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина.

При проведении экспериментального исследования конструкции рессорного подвешивания адаптивного типа установлено четыре этапа испытаний торсионных рессор имитирующих движение прицепа по различным дорогам (асфальтированная дорога; дорога, покрытая гудроном; гравийная дорога; просёлочная дорога) с проведением пятикратной повторности эксперимента. Планируемые опыты были поставлены на специально разработанном стенде, имитирующем рабочие процессы, характерные для эксплуатационных условий автотракторных прицепов.

Результаты исследований и их обсуждение

Для проведения исследований использовался натурный образец адаптивной торсионной рессоры (см. рис. 1а), изготовленный из стали 45 по ГОСТ 380-88 и стали 62С по ГОСТ 4959-79, составные элементы которого показаны на рис. 1б.



а



б

Рисунок 1. Адаптивная торсионная рессора:
а – натурный образец; б – составные элементы

На рис. 2 показана принципиальная схема станда, предназначенного для проведения экспериментальных исследований колебаний и силового нагружения предложенной конструкции адаптивного торсиона, созданного на базе поперечно-строгального станка модели 7А33.

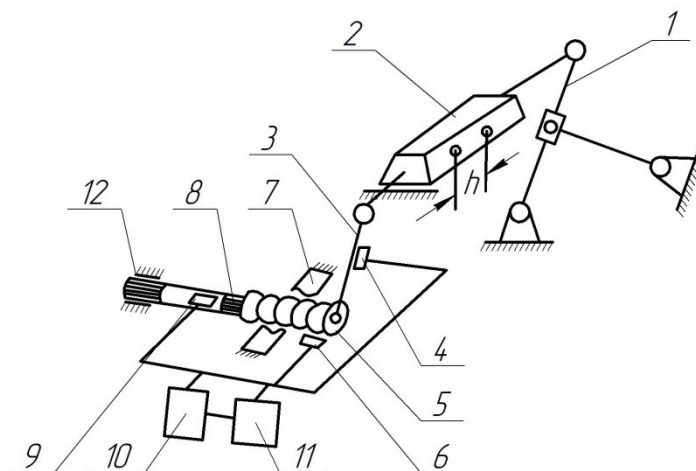


Рисунок 2. Принципиальная схема экспериментального станда

В структуру станда входит кулисный механизм 1 поперечно-строгального станка модели 7А33, связанного с его ползуном 2, который шарнирно соединён с рычагом 3 втулки с длинно-ходовой резьбой 5, расположенной на стержне торсиона 8. На рычаге 3 установлен тензодатчик 4, а на стержне торсиона 8 тензодатчик 9. Для фиксации продольных перемещений втулки 5 использован датчик 6 реостатного типа. Втулка 5 расположена подвижно в опоре 7, а стержень 8 в опоре 12. Тензодатчики 4 и 9, а также датчик 6 соединены электрической цепью с осциллографом-усилителем 10 и компьютером 11. В качестве привода кривошипа использован синхронный электродвигатель переменного тока. Для управления стандом применена известная электромеханическая схема, смонтированная на вышеуказанном поперечно-строгальном станке модели 7А33. На рычаге 3 размещены рабочий и компенсационный тензорезисторы типа 2ПКБ-10-200ГА, соединенные в полумостовую схему, позволяющие фиксировать усилие, приложенное к нему при угловой деформации стержня торсиона 8 с регистрацией последнего осциллографом-усилителем 10 и компьютером 11. На стержне торсиона 8 установлены подобные тензорезисторы типа 2ПКБ-10-200ГА, позволяющие фиксировать крутящий момент на нём, в зависимости от изменения его рабочей длины. Ход ползуна h устанавливается в зависимости от угла поворота рычага 3 торсиона характерного по величине эквивалентной просадке рессорных комплектов при динамическом нагружении серийных двусосных прицепов грузоподъемностью 4,0 т.

В период 2023-2025 г.г. на учебно-лабораторной базе кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина был испытан макетный образец адаптивной торсионной рессоры, и с использованием вышеуказанного станда (см. рис. 2) проведена серия опытов, позволяющих определить возможность использования предложенного технического решения в практике. Так, например, предусматривалось, что макетный образец такой конструкции рессорной подвески может быть использован в конструкциях двухосных автотракторных прицепов грузоподъемностью до 4,0 т, например, таких как 2ПТС-4, 9855-20и т.п. И, в частности, прицепом, на котором может быть использована предложенная конструкция адаптивной торсионной рессоры принят серийный автотракторный прицеп модели 2ПТС-4, имеющий следующие характеристики: грузоподъемность $Q = 4000$ кг; собственный вес прицепа с грузом $G = 5280$ кг; статическая нагрузка на один рессорный комплект $N_{cm} = 5280/4 = 13200$ Н; рабочая нагрузка N_d (динамическая) 3303 Н; суммарная нагрузка $N_{\Sigma} = 16513$ Н, и у которого в рессорном подвешивании использованы листовые рессоры суммарной жесткостью $c_T = 15320$ кгс/м.

Для проведения стендовых испытаний была использована конструкция торсиона (см. рис. 1), у которого диаметр стержня торсиона $d = 40$ мм; длина рычага торсиона $l_1 = 450$ мм; длина стержня торсиона $l = 400$ мм; материал стержня торсиона сталь 65С2ВА по ГОСТ 14959-79; модуль упругости материала $G = 8 \cdot 10^4$ МПа; крутильная жёсткость стержня торсиона $K_\phi = 2427$ кгс/рад.

Стендовые экспериментальные исследования по изучению силового нагружения конструктивных элементов макетного образца адаптивного торсионного подвешивания были проведены в 2024 г. на специальном стенде (см. рис. 3) с использованием поперечно-строгального станка модели 7А33.



Рисунок 3. Общий вид экспериментального стенда

Из рис. 3 видно, что к ползуну поперечно-строгального станка шарнирно присоединён рычаг стержня торсиона с установленным на нём тензодатчиком, фиксирующим усилие создаваемое ползуном станка, и он своим другим концом жёстко закреплён на втулке, снабжённой длинно-ходовой резьбой, которая подвижно с помощью шлицев установлена на стержне торсиона, а последняя также с помощью шлицев связана с опорой рессоры, закреплённой на столе станка. На стержне торсиона размещены тензорезисторы базой 5 мм, расположенные по отношению друг к другу под углом 90° , и позволяющие фиксировать крутящий момент T , возникающий при угловых поворотах стержня торсиона, приводимого в движение ползуном станка. Указанные тензорезисторы, составляющие полумостовую схему с помощью кабелей, были подключены к осциллографу-усилителю и компьютеру. На рис. 3 виден также реостат, фиксирующий линейные перемещения втулки, и регистрирующая аппаратура, установленная на рабочем месте оператора.

Испытания опытного образца производились согласно следующей методике.

Исследуемое адаптивное рессорное подвешивание было установлено на стенд, а его опоры надёжно зафиксированы на столе станка. Далее вручную управляли ползуном таким образом, чтобы рычаг торсиона поворачивался на угол $\alpha = 150^\circ$, соответствующий статическому нагружению подвески. После этого ход ползуна поперечно-строгального станка выставлялся равным 50 мм. Затем тензорезисторы, установленные на стержне торсиона и рычаге, подключались к специальной тензометрической аппаратуре. Аппаратуру настраивали, предварительно установив нулевые показания тензометрических узлов адаптивной торсионной рессорной подвески.

Следующим этапом была настройка всей тензометрической аппаратуры и проведение процедуры тарировки установленных датчиков. Тарировку проводили методом последовательного нагружения и разгружения датчиков статическими силами P с использованием пружинного динамометра. Дополнительно определялся крутящий момент T на стержне торсиона, который создавался посредством присоединения рычага длиной 1 метр.

В ходе процесса тарировки тензометрических конструкций результаты регистрировались на специальных осциллограммах, после чего составлялись тарировочные графики. После того, как подготовительная сборка тензометрической конструкции завершалась, оператор стенда за-

давал ползуну поперечно-строгального станка перемещение на расстояние 50 мм и устанавливал его скорость таким образом, чтобы частота движений составляла 12,56 рад/с (эквивалентно 2 Гц). Одновременно с этим на осциллографе фиксировался характер изменений действующих нагрузок и крутящих моментов. Продолжительность записи каждого сигнала составляла 10 с.

В результате выполненных замеров были получены осциллограммы, отражающие особенности силового нагружения стержня торсиона и соединительного рычага, а также линейные перемещения втулки, изменяющей рабочую длину стержня и его крутильную жесткость. Каждый опыт проводился последовательно 5 раз для повышения точности измерений. Таким образом, были собраны численные данные, зарегистрированные тензорезисторами, что дало возможность рассчитать средние значения указанных параметров и сравнить их с результатами, ранее полученными аналитическим способом [9, 11]. Подробные сведения о характеристиках приведены в табл. 2.

Амплитуды пиков измерялись с использованием высокоточного прибора, обладающего чувствительностью отсчета до 0,3 мм. Полученные значения упорядочивались в ряды распределения согласно количеству повторений. Предварительной визуализацией рядов служили гистограммы, которые впоследствии использовались для выбора подходящего закона распределения. Было выявлено, что эмпирические кривые наилучшим образом аппроксимируются нормальным законом распределения. Проверка соответствия проведена с помощью критерия согласия Пирсона, показавшего хорошие результаты – среднее значение коэффициента составило от 0,241 до 0,543, что подтверждает адекватность выбранного метода анализа. Погрешность обработки осциллограмм находилась в интервале от 1,76 до 7,2%. Среднеарифметическая ошибка обработки всех экспериментальных данных составила 8,85%.

На рис. 4-7 приведены амплитудно-частотные графики, характеризующие движение прицепа, снабженного как серийной, так и модернизированной рессорной подвеской, перемещающегося по четырём типам дорог, указанных в табл. 1 и 2. Эксплуатационные показатели для серийной конструкции прицепа 2ПТС4 представлены в табл. 1, а для модернизированного прицепа, снабженного адаптивным рессорным подвешиванием, получены с использованием экспериментального стенда в лабораторных условиях и представлены в табл. 2.

Таблица 1. Эксплуатационные показатели для серийной конструкции прицепа 2ПТС-4

Параметры	Серийная рессорная подвеска прицепа			
	Асфальтированная дорога	Дорога, покрытая гудроном	Гравийная дорога	Просёлочная дорога
Нагрузка, приложенная к одному рессорному комплекту, H с учётом коэффициента динамики	14120	14475	15844	16513
Жёсткость одного рессорного комплекта $кгс/м$ и $кгс/рад$	15320	15320	15320	15320
Угловая частота колебаний прицепа, $рад/с$	16	18	26	36
Угловая амплитуда при боковой качке прицепа, $град.$	$2^{\circ}48'$	$3^{\circ}20'$	$4^{\circ}10'$	$6^{\circ}43'$
Амплитуда подпрыгивания прицепа, $мм$	12	32	78	200

Ранее в работах [9, 11] были проведены расчеты, которые показали, что при использовании серийного рессорного подвешивания вертикальные перемещения при движении прицепа в течение 30 с лежат в пределах от 0,08 до 0,2 м, и в дальнейшем остаются постоянными, причём рессорные комплекты ходовой части прицепа не имеют возможности производить гашение таких колебаний ввиду того, что установка демпферов в конструкции прицепа 2ПТС-4 не предусмот-

рена. В случае же установки адаптивной торсионной рессоры такие колебания снижаются и не превышают значений 94 мм (см. табл. 2).

Таблица 2. Эксплуатационные показатели для модернизированного прицепа, снабженного адаптивным рессорным подвешиванием

Параметры	Модернизированная рессорная подвеска прицепа			
	Асфальтированная дорога	Дорога, покрытая гудроном	Гравийная дорога	Просёлочная дорога
Нагрузка, приложенная к одному рессорному комплекту, H с учётом коэффициента динамики	14120	14475	15844	16513
Жёсткость одного рессорного комплекта $кгс/м$ и $кгс/рад$	2427	2427	2427	2427
Угловая частота колебаний прицепа, $рад/с$	9	12	16	22
Угловая амплитуда при боковой качке прицепа, $град.$	$2^{\circ}6'$	$2^{\circ}45'$	$3^{\circ}25'$	$4^{\circ}22'$
Амплитуда подпрыгивания прицепа, $мм$	8	24	42	94

Проведём сравнительный анализ полученных результатов экспериментальных исследований, используя данные, представленные на рис. 4-7.

Если угловые амплитуды при боковой качке серийного прицепа своего максимального значения достигают $6^{\circ}43'$ то у модернизированного прицепа они ниже примерно в 1,3 раза и не превышают значения $4^{\circ}22'$. Такая эффективность подтверждается тем, что максимальное значение амплитуды подпрыгивания у серийного прицепа при движении его по просёлочной дороге составляет 200 мм, в то время как у модернизированного прицепа максимальное значение амплитуды ниже более чем в 2 раза и составляет 94 мм (см. табл. 1 и 2).

Графики, построенные по результатам испытаний, показывают снижение амплитуды колебаний от увеличения качества дорожного полотна. Особенно заметна разница на участках с плохим покрытием (см. рис. 6 и 7), где серийные подвески испытывают значительные перегрузки, тогда как адаптивная система эффективно компенсирует негативные факторы.

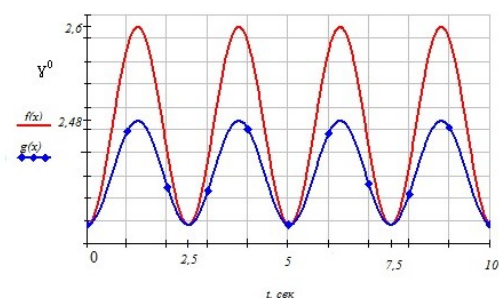


Рисунок 4. График для асфальтированной дороги:
 $f(x)$ – график серийной рессорной подвески прицепа;
 $g(x)$ – график модернизированной рессорной подвески прицепа

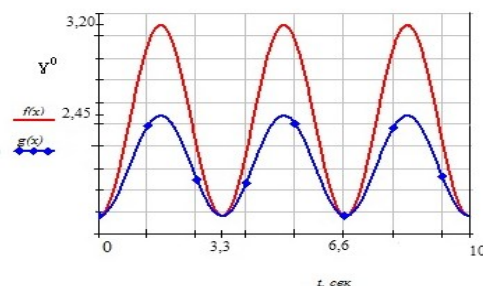


Рис. 5. График для дороги, покрытой грунтом:
 $f(x)$ – график серийной рессорной подвески прицепа;
 $g(x)$ – график модернизированной рессорной подвески прицепа

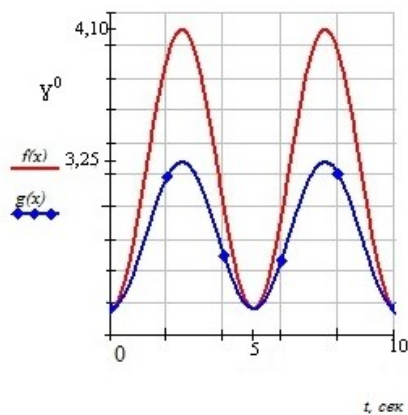


Рис. 6. График для гравийной дороги:
 $f(x)$ – график серийной рессорной подвески прицепа;
 $g(x)$ – график модернизированной рессорной подвески прицепа

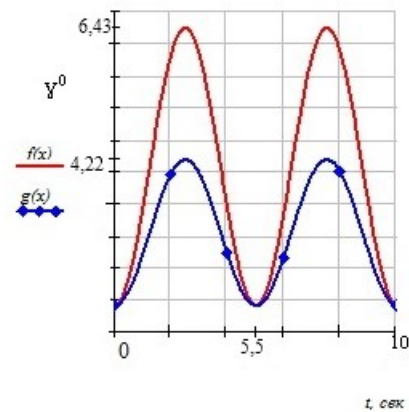


Рис. 7. График для проселочной дороги:
 $f(x)$ – график серийной рессорной подвески прицепа
 $g(x)$ – график модернизированной рессорной подвески прицепа

Анализируя зависимости, представленные на рис. 4-7, приходим к выводу, что на всех четырех типах дорог адаптивная торсионная рессорная подвеска демонстрирует заметно меньшие значения амплитуды колебаний. Данное преимущество связано с автоматическим регулированием жесткости и демпфирующих свойств подвески, что позволяет эффективнее компенсировать небольшие дефекты дорожного покрытия и обеспечивать повышенный комфорт передвижения.

Выводы

1. Сравнивая конструкционные и эксплуатационные показатели серийного рессорного подвешивания серийного прицепа и модернизированного (снабжённого перспективным образцом адаптивного торсионного подвешивания), отмечаем, что последний технически более прост, менее металлоёмок, более надежен в эксплуатации, имеет приемлемую ремонтпригодность и технологичность, как в изготовлении, так и содержании. Экспериментально подтверждено значительное улучшение показателей плавности хода, снижение уровня вибрационных нагрузок на кузова, повышение общей устойчивости и маневренности автотранспортного состава.

2. Установлено, что угловые амплитуды при боковой качке серийного прицепа достигают максимального значения равного $6^{\circ}43'$, в то время как у модернизированного прицепа они ниже примерно в 1,3 раза, и не превышают значения $4^{\circ}22'$. Подобная эффективность подтверждается тем, что максимальное значение амплитуды подпрыгивания у серийного прицепа при движении его по просёлочной дороге составляет 200 мм, в то время как у модернизированного прицепа максимальное значение амплитуды ниже более чем в 2 раза и составляет 94 мм.

3. Разработанная методика стендовых испытаний предложенной конструкции адаптивного торсионного рессорного подвешивания, созданная на основе экспериментального стенда, использующего серийный поперечно-строгальный станок, позволяющий в широком диапазоне изменять имитационный спектр эксплуатационных нагрузок по изучению силового нагружения и колебаний элементной базы предложенного технического решения, рекомендуется к использованию при проектировании, конструировании и доработке подобных устройств.

Список источников

1. Алексеева С. С., Журавлева Е. А. Влияние транспортной логистики на конкурентоспособность продукции агропромышленного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 4(32). С. 101-103.
2. Анализ конструктивных особенностей торсионных подвесок транспортных средств / В. О. Никонов, В. И. Посметьев, И. В. Сизьмин, В. О. Бородин // Воронежский научно-технический Вестник. 2019. Т. 2. № 2(28). С. 4-18.
3. Анализ проблем транспортировки сельскохозяйственной продукции / И. А. Успенский, Л. П. Белью, И. А. Юхин, О. В. Фильюшин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2024. Т. 16. № 1. С. 147-154.
4. Данилов И. А., Иванов А. А., Войнаш С. А. Анализ конструкций модульных подвесок в современном машиностроении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 2. С. 477-484.
5. Дьяков И. Ф. Выбор критерия оптимальности торсионной подвески транспортных средств // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2015. № 1(33). С. 142-150.
6. Некоторые технологические и энергетические аспекты транспортировки сельскохозяйственной продукции в таре / В. Н. Мальчиков, К. А. Тишкин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15. № 1. С. 144-152.
7. Об эффективности использования адаптивных амортизаторов в подвесках транспортных средств / А. Ф. Дубровский, С. А. Дубровский, С. В. Алюков [и др.] // Транспорт Урала. 2018. № 4(59). С. 68-73.
8. Патент № 2499684 С1 Российская Федерация, МПК В60G 11/23, F16F 1/14. Торсионная рессора экипажа: № 2012114166/11 : заявл. 10.04.2012 : опубл. 27.11.2013 / Е. В. Сливинский, Л. А. Савин, Д. В. Гридчин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».
9. Сливинский Е. В. Перспективная рессорная подвеска адаптивного типа для самосвалов автотракторных прицепов // Строительные и дорожные машины. 2017. № 1. С. 30-35.
10. Сливинский, Е. В. Улучшение эксплуатационных характеристик прицепных автотранспортных средств на основе эффективных научно-технических решений: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Сливинский Евгений Васильевич. Орел, 2010. 336 с.
11. Совершенствование конструкции рессорной подвески прицепных автотранспортных средств / С. Ю. Радин, С. Ю. Шубкин, С. С. Бунеев, С. В. Елецких // Агропромышленные технологии Центральной России. 2021. № 3(21). С. 97-105.

References

1. Alekseeva S. S., Zhuravleva E. A. The impact of transport logistics on the competitiveness of agricultural products. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2016, no. 4(32), pp. 101-103.
2. Analysis of the design features of torsion suspensions of vehicles. V. O. Nikonov, V. I. Posmetyev, I. V. Sizmin, V. O. Borodkin. Voronezh Scientific and Technical Bulletin, 2019, vol. 2, no. 2(28), pp. 4-18.
3. Analysis of the problems of transportation of agricultural products. I. A. Uspensky, L. P. Belyu, I. A. Yukhin, O. V. Filyushin. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 147-154.
4. Danilov I. A., Ivanov A. A., Voynash S. A. Analysis of modular substructures in modern mechanical engineering. News Tula State University. Technical Sciences, 2025, no. 2, pp. 477-484.

5. Dyakov I. F. The choice of the criterion of optimality of torsion suspension of vehicles. News of Higher Educational Institutions. The Volga region. Technical sciences, 2015, no. 1(33), pp. 142-150.
6. Some technological and energy aspects of transportation of agricultural products in containers. V. N. Boys, K. A. Tishkin, D. S. Ryabchikov [et al.]. Bulletin of the Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, 2023, vol. 15, no. 1, pp. 144-152.
7. On the effectiveness of the use of adaptive shock absorbers in the suspensions of vehicles. A. F. Dubrovsky, S. A. Dubrovsky, S. V. Alyukov [et al.]. Transport of the Urals, 2018, no. 4(59), pp. 68-73.
8. Patent No. 2499684 C1 Russian Federation, IPC B60G 11/23, F16F 1/14. Torsion spring of the crew. No. 2012114166/11. Application 10.04.2012. Published 27.11.2013. E. V. Slivinsky, L. A. Savin, D. V. Gridchin [et al.]. Applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Bunin Yelets State University».
9. Slivinsky E. V. A promising adaptive-type spring suspension for dump tractor trailers. Construction and road vehicles, 2017, no. 1, pp. 30-35.
10. Slivinsky E. V. Improving the operational characteristics of trailed motor vehicles based on effective scientific and technical solutions: specialty 05.22.10 «Operation of motor transport»: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Slivinsky Evgeny Vasilyevich. Orel, 2010. 336 p.
11. Improving the design of the spring suspension of trailed vehicles. S. Yu. Radin, S. Yu. Shubkin, S. S. Buneev, S. V. Yeletsikh. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2021, no. 3(21), pp. 97-105.

Информация об авторах

С.Ю. Радин – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;

С.А. Добрин – аспирант;

П.П. Коростелев – аспирант;

С.В. Хныкин – аспирант.

Information about the authors

S.Yu. Radin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agroengineering, Mechatronic and Radioelectronic Systems;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;

S.A. Dobrin – Postgraduate Student;

P.P. Korostelev – Postgraduate Student;

S.V. Khnykin – Postgraduate Student.

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Научная статья

УДК 631.43+631.582

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-195-205

ДИНАМИКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТАХ КОРОТКОЙ РОТАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Акимов Алексей Алексеевич¹, Беленков Алексей Иванович²✉

¹Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 170904, Россия,
Тверская область, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), д. 7

²Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса,
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, Научный городок, корпус 1

¹akimov-agro@yandex.ru

²belenokaleksis@mail.ru✉

Аннотация. В представленной статье приводятся экспериментальные данные по оптимизации агрофизических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в 4-х севооборотах с короткой ротацией, полученные на опытном поле ФГБОУ ВО Тверская ГСХА в 2011-2015 гг. Цель исследования – изучить динамику и выявить оптимальные свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в севооборотах короткой ротации в условиях Центрального Нечерноземья. Все исследования и наблюдения проводились по общепринятым методикам. Изучение действия и последствий применяемых минеральных и органических (сидеральных) удобрений в изучаемых севооборотах выявило положительную динамику в изменении основных агрофизических свойств почвы. Так, в севооборотах с чистым и химическим паром плотность сложения пахотного (0-20 см) слоя почвы практически равноценна – 1,41 и 1,40 г/см³, а в севооборотах с парозанимаемыми культурами несколько повышалась, особенно с сидеральным паром – 1,46 г/см³. Оценивая запас влаги в почве почвы, в среднем за ротацию, можно отметить, что разница между изучаемыми севооборотами весьма незначительна – 33,84-34,88-31,20-34,66 мм. Начиная с севооборота 1 до севооборота 4, постепенно идет снижение капиллярной и некапиллярной пористости, в среднем за ротацию, с 27,22 до 25,44% и с 19,96 до 19,62% соответственно. Возделывание в занятом пару викоовсяной смеси приводит к получению дополнительной продукции и обеспечивает большую продуктивность, в среднем за ротацию, на уровне 4,26 т к.ед./га при большей величине уровня рентабельности 126,9% и меньшей себестоимости 30,9 руб. т к.ед.

Ключевые слова: севооборот, удобрения, агрофизические свойства, продуктивность, экономическая оценка.

Для цитирования: Акимов А.А., Беленков А.И. Динамика агрофизических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в севооборотах короткой ротации Центрального Нечерноземья // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 195-205. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-195-205>.

Права: © А.А. Акимов, А.И. Беленков (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

DYNAMICS OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOIL IN SHORT-ROTATION CROP ROTATIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

Alexey A. Akimov¹, Alexey I. Belenkov²✉

¹Tver State Agricultural Academy, 7, Marshal Vasilevsky St. (Sakharovo), Tver region, Tver, 170904, Russia

²V.R. Williams Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology, Building 1, Scientific Town, Lobnya, Moscow region, 141055, Russia

¹akimov-agro@yandex.ru

²belenokaleksis@mail.ru✉

Abstract. The article presents experimental data on the optimization of the agro-physical properties of sod-podzolic light loamy soil in four short-rotation crop rotations obtained at the experimental field of the Tver State Agricultural Academy in 2011-2015. The purpose of the study is to investigate the dynamics and identify the optimal properties of sod-podzolic light loamy soil in short-rotation crop rotations in the Central Non-Black Earth region. All research and observations were conducted using standard methods. The study of the effect and aftereffect of mineral and organic (green manure) fertilizers in the studied crop rotations revealed a positive trend in the change of the main agro-physical properties of the soil. In crop rotations with pure and chemical fallow, the density of the arable (0-20 cm) layer of soil is almost equal – 1.41 and 1.40 g/cm³, respectively. In crop rotations with fallow crops, the density increased slightly, especially in cases with green manure fallow – 1.46 g/cm³. When assessing the moisture content in the soil, on average for a rotation, it can be noted that the difference between the studied crop rotations is very small – 33.84-34.88-31.20-34.66 mm. From crop rotation 1 to crop rotation 4, the average capillary and non-capillary porosity gradually decreased from 27.22% to 25.44% and from 19.96% to 19.62%, respectively. Cultivation of a vetch-oat mixture in a fallow field leads to additional production and provides greater productivity, on average per rotation, at the level of 4.26 t of feed per hectare, with a higher profitability level of 126.9% and a lower cost of 30.9 rubles per ton of feed.

Keywords: grain seeder, seeding unit, seed box, coil, groove, soil, seed, sowing, speed, resistance, force.

For citation: Akimov A.A., Belenkov A.I. Dynamics of agrophysical properties of sod-podzolic light loam soil in short-rotation crop rotations of the Central Non-Black Earth region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 195-205. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-195-205>.

Copyright: © A.A. Akimov, A.I. Belenkov (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Введение

Главной задачей сельского хозяйства России является устойчивое увеличение объемов производства продукции растениеводства для обеспечения потребности страны, создания государственных фондов, ресурсов для ее экспорта [15]. За счет выбора правильного предшественника, типов и видов севооборотов в производственных условиях можно увеличить эффективность агротехнологий. Вследствие этого можно получать больший объем продукции при наименьших затратах ресурсов [9]. К настоящему времени в системе земледелия на ограниченной земельной площади назрела необходимость введения научно обоснованных севооборотов с короткой ротацией [2, 8].

В целях повышения продуктивности севооборотов и воспроизводства плодородия пахотных угодий большое значение приобретает травосеяние, а именно возделывание многолетних трав, как в чистом виде, так и в смешанных бобово-злаковых посевах. Одним из важных компонентов таких смесей является клевер луговой, возделывание которого позволяет не только обеспечить животноводство питательным кормом, повысить эффективное плодородие дерново-подзолистых почв за счет растительных остатков и накопленного биологического азота за счет симбиоза с азотфиксирующими микроорганизмами.

Введение в схему севооборотов многолетних бобовых трав позволяет повысить плодородие почв и оказать дальнейшее пролонгированное влияние на урожайность и качество продукции последующих культуры севооборота [12, 11]. Особое значение приобретает выращивание сидеральных культур, которые позволяют повысить потенциальное плодородие бедных элементами минерального питания дерново-подзолистых почв [4, 6]. В связи с этим конструирование оптимальной схемы чередования культур в короткоротационных севооборотах с набором сидеральных, зерновых, чистых паров, однолетних и многолетних трав имеет определенный интерес [5, 3].

Грамотное размещение сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах позволяет за меньший период ротации привести к повышению продуктивности и качества урожая, чем в севооборотах с большим количеством полей (6-8-9 полей), принятыми в Нечерноземной зоне (НЧЗ), а также оптимизировать агрофизические свойства почвы [14, 7, 2].

Цель исследования – изучить динамику и выявить оптимальные свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в севооборотах короткой ротации в условиях Центрального Нечерноземья.

Материалы и методы исследований

Объект исследования: четыре севооборота с короткой ротацией со следующим чередованием сельскохозяйственных культур.

1-й севооборот	2-й севооборот	3-й севооборот	4-й севооборот
1. Чистый пар	1. Химический пар	1. Занятый пар	1. Сидеральный пар
2. Озимая рожь+тр.	2. Озимая рожь+тр.	2. Озимая рожь+тр.	2. Озимая рожь+тр.
3. Мн. травы 1 г.п.	3. Мн. травы 1 г.п.	3. Мн. травы 1 г.п.	3. Мн. травы 1 г.п.
4. Мн. травы 2 г.п.	4. Мн. травы 2 г.п.	4. Мн. травы 2 г.п.	4. Мн. травы 2 г.п.
5. Ячмень	5. Ячмень	5. Ячмень	5. Ячмень

Предмет исследования – изучение агрофизических свойств почвы: плотности, пористости, запаса влаги, влагоемкости, структуры, а также продуктивности севооборотов.

Для изучения продуктивности представленных короткоротационных севооборотов на опытном поле в Тверской ГСХА в 2011 году был заложен 3-х факторный стационарный полевой опыт. В нем изучались различные виды паров (Фактор А), расчетные нормы минеральных удобрений на урожайность озимой ржи разных уровней (Фактор В), гербициды нового поколения в посевах озимой ржи и ячменя (Фактор С).

Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая остаточной карбонатной глееватая на морене, легкосуглинистая по гранулометрическому составу. До закладки опыта был проведен агрохимический анализ почвы, данные которого следующие: подвижный фосфор (P_2O_5) – 230 и обменный калий (K_2O) – 76 мг/кг почвы (по Кирсанову); гумус по Тюрину 1,82%; легкогидролизуемый азот – 70,0 мг/кг (по Корнфилду); pH_{KCl} 6,04, мощность пахотного слоя 20-22 см.

Повторность в опыте четырехкратная, опыт заложен методом расщепленных делянок. Делянки I порядка имели площадь 432 м², II порядка – 216, III порядка – 108 м². Варианты размещались рендомизированно.

Схема трехфакторного полевого опыта включала 16 вариантов:

Фактор А – виды пара: 1 – чистый; 2 – химический; 3 – занятый (викоовсяной); 4 – сидеральный.

Фактор В – удобрение: 1 – без удобрений; 2 – расчетные нормы NPK на планируемую урожайность озимой ржи 4,0 т/га.

Фактор С – применение гербицидов в посевах озимой ржи и ячменя: 1 – без гербицида; 2 – гранстар 10 г/га + эстет 400 мл/га.

Для борьбы с сорняками в химическом пару применялся гербицид сплошного действия. В сидеральном пару возделывался люпин узколистный. Инокуляция семян люпина была

проведена в день посева препаратом ризоторфин в дозе 400 г на гектарную норму (167 кг/га) люпина.

Нормы минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом на планируемую урожайность озимой ржи, равную 4 т/га для каждого севооборота. Они составили при размещении ее по чистому пару $N_{110}P_0K_{110}$, по химическому пару $N_{120}P_0K_{108}$, по занятому пару $N_{96}P_0K_{109}$, по сидеральному пару $N_{34}P_0K_{14}$. Расчетные нормы минеральных удобрений разбивались на дозы и вносились следующим образом: калийные удобрения (хлористый калий) – под предпосевную обработку в полной норме по всем вариантам паров, азотные удобрения (аммиачная селитра) вносились в подкормку озимой ржи весной в два срока при размещении ее по чистому пару по N_{60} и N_{50} , по химическому пару по N_{60} и N_{60} , по занятому пару N_{60} и N_{36} , а по сидеральному пару один раз N_{34} .

Применяемые гербициды гранстар 10 г/га и эстет 400 мл/га вносились в смеси в осенний период (29 сентября 2011 г.) в фазу полного кущения озимой ржи и в фазу кущения ячменя 15 июня 2015 г. с помощью ранцевого опрыскивателя «Жук» с расходом рабочей жидкости 400 л/га. В 2011 г. возделывались следующие сорта сельскохозяйственных культур: вика посевная сорта Людмила, овес посевной сорта Буг, люпин узколистный сорта Сидерат 38; в 2011/2012 гг. – озимая рожь сорта Татьяна; в 2013-2014 гг. – клевер красный сорта ВИК-7 и тимopheевка луговая – Ленинградская 204, в 2015 г. – ячмень посевной сорта Суздалец.

Обработка почвы в чистом пару общепринятая для Тверской области. В химическом пару взамен 2-х культиваций, выполняемых при паровании поля, применялся гербицид ураган форте, 3 л/га. Посев люпина в сидеральном пару производили семенами категории ОС (ПР-3), с нормой высева 1,2 млн. шт. всхожих семян/га, посев викоовсяной смеси семенами категории РС_т (1 репродукция) с нормой высева овса 3,5 млн. шт. всхожих семян/га, а вики 2,5 млн. шт./га. Уборка урожая проводилась сплошным способом комбайном КИР-1,5. В сидеральном пару измельченную зеленую массу люпина заделывали дисковой бороной БДТ-3, затем проводили вспашку вико-овсяного и сидерального паров. Посев озимой ржи производили семенами категории РС_т (1 репродукция), с нормой высева 6 млн. шт. всхожих семян/га. Уборка урожая проводилась сплошным способом комбайном «Сампо» 7 августа. Весной 2012 года при физической спелости почвы под покров озимой ржи была подсеяна смесь клевера красного с тимopheевкой луговой семенами категории РС (1 репродукция) с нормой высева 12+8 кг/га соответственно. Уборка урожая многолетних трав 1 и 2 г.п. на сено проводилась в 2013 и 2014 году сплошным способом с помощью КРН-2,1 за два укоса. Посев ячменя производили семенами категории РС_т (1 репродукция), с нормой высева 5 млн. шт. всхожих семян/га. Опрыскивание посевов баковой смесью гербицидов проводилось ранцевым опрыскивателем «Жук» 1, уборка урожая – сплошным способом комбайном «Samro Terrion 2010».

Все исследования и наблюдения проводились по общепринятым методикам [10, 13].

Результаты исследований и их обсуждение

При сравнении условий вегетационных периодов в годы проведения полевого опыта можно выявить достаточно неблагоприятные – 2013 и 2014 гг. и благоприятные – 2011, 2012, 2015 гг. Среди неблагоприятных условий можно отметить недостаточную влагообеспеченность вегетационного периода и в отдельные периоды жаркую погоду.

В табл. 1 приводятся результаты исследований продуктивности изучаемых севооборотов, в среднем по удобрению и применяемым гербицидам.

Таблица 1. Продуктивность севооборотов короткой ротации, в среднем за 2011-2015 гг.

Варианты севооборотов	Урожайность, т/га					Продуктивность, корм. ед.	
	Пары	Озимая рожь	Мн. травы 1 г.п.	Мн. травы 2 г.п.	Ячмень	т/га	%
Севооборот №1	-	32,0	108,3	68,1	26,0	34,0	100,0
Севооборот №2	-	30,9	96,6	62,1	26,6	32,2	94,7

Севооборот №3	352,5	29,8	94,9	47,5	25,1	42,6	125,3
Севооборот №4	435,0	41,1	114,7	63,2	29,1	37,8	111,2
НСР ₀₅ частных различий	-	1,3	3,6	3,0	1,0	-	-

Данные, представленные в табл. 1, указывают, что урожайность парозанимаемых культур составила 35,3-43,5 т/га зеленой массы. Поскольку в севообороте 3 парозанимаемой культурой была викоовсяная смесь, которая убиралась на зеленый корм, то она повлияла на общую продуктивность напрямую. В севообороте 4 зеленая масса узколистного люпина заделывалась в качестве сидерального удобрения и повлияла на продуктивность косвенно, через мобилизацию почвенного плодородия. Данное влияние хорошо прослеживается на урожайности озимой ржи, которая на варианте с применением сидерата была самая высокая и составила 4,1 т/га, что было выше варианта севооборота 1 с чистым паром на 0,9 т/га при величине НСР₀₅=0,1 т/га. Изучение влияния чистого и химического пара на урожайность озимой ржи не выявило существенных различий (3,2 и 3,1 т/га). В севообороте 3 урожайность озимой ржи достоверно снижалась на 0,2 т/га в связи с влиянием парозанимаемой культуры (викоовсяной смеси).

Изучение влияния покровной культуры на урожайность многолетних трав 1 года пользования показало, что большая продуктивность, равная 10,8 т/га сена, была получена в севообороте 1, в севооборотах 2 и 3 она достоверно снижалась на 1,2 и 1,3 т/га (НСР₀₅ = 0,4 т/га). В севообороте 4 отмечена наибольшая урожайность сена многолетних трав – 11,5 т/га, что связано с последствием сидерации. Урожайность многолетних трав 2 года пользования по сравнению с предыдущей (многолетние травы 1 г. п.) сократилась в связи с тем, что клевер красный выпадал из травостоя. Можно отметить ее относительно небольшие различия по севообороту 1, 2 и 4 – 6,8, 6,2, 6,3 т/га. В севообороте 3 она значительно снизилась до 4,8 т/га из-за сильного изреживания бобового компонента.

Определенный интерес вызывает последствие применяемых минеральных удобрений, а также сидерации на заключительную культуру в севообороте – ячмень. Урожайность его варьировала от 2,5 до 2,9 т/га. В севооборотах 1, 2 и 3 урожайность различалась недостоверно, при величине НСР₀₅= 0,1 т/га она составила 2,6-2,7-2,5 т/га. Достоверное увеличение урожайности отмечалось в севообороте 4 по сравнению с севооборотом №1. Оценка продуктивности изучаемых севооборотов показала, что севооборот №3 с парозанимаемой культурой (викоовсяной смесью) обладал большей ее величиной, в среднем за 5 лет, 4,3 т корм.ед., что было выше, чем в севообороте 1 на 25,3% и чем в севообороте 4 на 14,1%. Данное повышение в Нечерноземной зоне вполне оправдано для севооборотов с парозанимаемыми культурами, продукция которых идет на корм.

Изменение продуктивности изучаемых севооборотов связано с различиями в агрофизических свойствах почвы. Данные по динамике плотности сложения пахотного 0-20 см слоя почвы представлены в табл. 2. Плотность сложения 0-20 см слоя почвы изменялась под культурами изучаемых севооборотов исходя из технологии их возделывания и биологических особенностей. Так, в чистом и химическом пару она была наименьшая и составила 1,37 г/см³, под занятым и сидеральным паром – 1,41 и 1,46 г/см³. В посевах озимой ржи плотность была мало различимой – 1,51-1,46-1,52-1,52 г/см³.

Таблица 2. Плотность сложения пахотного 0-20 см слоя почвы (г/см³), в среднем за вегетацию 2011-2015 гг.

Варианты севооборотов	Слой почвы, см	Пары	Озимая рожь	Мн. травы 1 г.п.	Мн. травы 2 г.п.	Ячмень	В среднем за ротацию
Севооборот №1	0-10	1,32	1,47	1,44	1,48	1,18	1,38
	10-20	1,41	1,54	1,44	1,51	1,24	1,43
	0-20	1,37	1,51	1,44	1,50	1,21	1,41
Севооборот №2	0-10	1,34	1,44	1,45	1,47	1,18	1,38
	10-20	1,40	1,47	1,45	1,54	1,21	1,41
	0-20	1,37	1,46	1,45	1,51	1,20	1,40

Севооборот №3	0-10	1,33	1,50	1,50	1,49	1,27	1,42
	10-20	1,48	1,54	1,49	1,51	1,25	1,45
	0-20	1,41	1,52	1,50	1,50	1,26	1,44
Севооборот №4	0-10	1,43	1,47	1,52	1,50	1,28	1,44
	10-20	1,49	1,57	1,54	1,51	1,25	1,47
	0-20	1,46	1,52	1,53	1,51	1,27	1,46

Увеличение плотности явилось следствием выпадения осадков в осенний период вегетации культуры, что привело к уплотнению почвы. Под посевами многолетних трав плотность почвы различалась в зависимости от роста и развития корневой системы этих культур, ко второму году пользования она возрастала, в среднем по севооборотам она составила $1,51 \text{ г/см}^3$, что приближало ее значение к равновесной для наших дерново-подзолистых легкосуглинистых почв.

Распашка многолетних трав 2 года пользования и посев ячменя привели к снижению плотности почвы и достижению ее оптимального значения для возделываемой культуры – $1,20\text{-}1,27 \text{ г/см}^3$. Оценивая динамику плотности между севооборотами, в среднем за ротацию, можно отметить, что в севооборотах с чистым паром и химическим паром она была равновеликой – $1,41$ и $1,40 \text{ г/см}^3$, а в севооборотах с занятыми парами она возрастала, особенно с сидеральным паром – $1,46 \text{ г/см}^3$. Изменение плотности пахотного слоя почвы приводит к изменениям пористости почвы и накоплению влаги.

Данные по запасу влаги пахотного 0-20 см слоя почвы, в среднем за вегетацию, представлены в табл. 3.

Таблица 3. Запас влаги пахотного 0-20 см слоя почвы (мм),
в среднем за вегетацию 2011-2015 гг.

Варианты севооборотов	Слой почвы, см	Запас влаги в почве, мм					В среднем за ротацию
		Пары	Озимая рожь	Мн. травы 1 г.п.	Мн. травы 2 г.п.	Ячмень	
Севооборот №1	0-10	17,22	18,45	12,36	10,14	21,20	15,87
	10-20	21,46	22,03	12,54	12,10	21,71	17,97
	0-20	38,68	40,48	24,90	22,24	42,91	33,84
Севооборот №2	0-10	18,16	19,35	12,56	10,97	20,24	16,26
	10-20	24,51	22,12	13,32	12,80	20,35	18,62
	0-20	42,67	41,47	25,88	23,77	40,59	34,88
Севооборот №3	0-10	16,81	19,52	13,51	10,28	17,39	15,50
	10-20	16,37	20,60	13,12	11,00	17,40	15,70
	0-20	33,18	40,12	26,63	21,28	34,79	31,20
Севооборот №4	0-10	18,80	21,92	13,64	10,61	18,54	16,70
	10-20	21,90	23,65	14,28	11,73	18,26	17,96
	0-20	40,70	45,57	27,92	22,34	36,80	34,66

Запас влаги в пахотном (0-20 см) слое почвы был большим (40 мм) под парами, озимой рожью и ячменем, а меньший (25 мм) под многолетними травами. По нашему мнению, это связано с влагообеспеченностью вегетационных периодов. Следует отметить, что больший запас влаги был отмечен в севообороте 2 под химическим паром – 42,67 мм, в посевах озимой ржи – в севообороте 4 – 45,57 мм, в связи с заделкой большой массы сидерата и повышению влагоемкости почвы. Это последствие проявилось и на многолетних травах 2 года пользования – 27,92 мм. В посевах многолетних трав 2 года пользования запас влаги в почве практически был неизменным по всем севооборотам – 22,24-23,77-21,28-22,34 мм. В посевах ячменя в связи с меньшей плотностью почвы больший запас влаги отмечался в севооборотах 1 и 2 – 42,91 и 40,59 мм. Оценивая запас влаги в почве, в среднем за ротацию, можно отметить, что разница между изучаемыми севооборотами весьма незначительна.

Запас влаги в почве зависит от поступления воды с осадками, содержания органического вещества, гранулометрического состава почвы. Нами определена капиллярная влагоемкость почвы в севооборотах. Данные по этому показателю представлены на рис. 1.

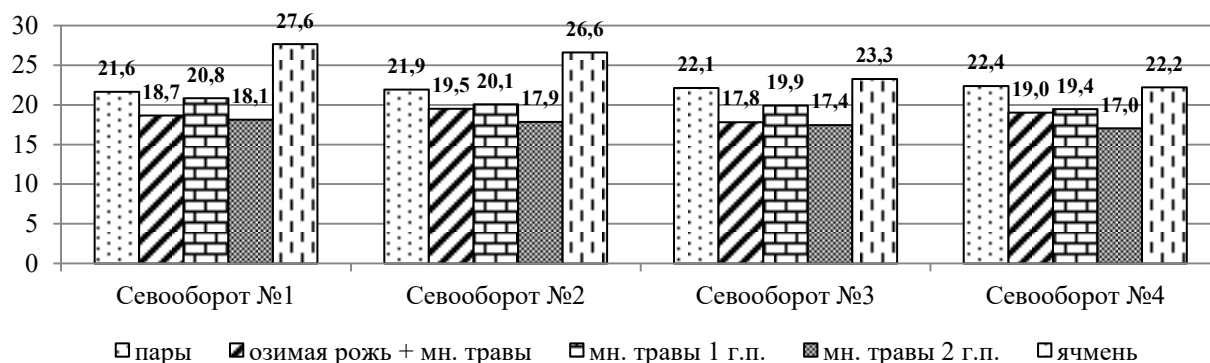


Рисунок 1. Капиллярная влагоемкость почвы (%), в среднем за вегетацию 2011-2015 гг.

Данные убедительно свидетельствуют о том, что в парах капиллярная влагоемкость почвы была на одинаковом уровне – 21,6-21,9-22,1-22,4%, в посевах озимой ржи снижалась до 18,7-19,5-17,8-19,0%, в посевах многолетних трав 1 года пользования возрастала до 20,8-20,1-19,9-19,4%, в посевах многолетних трав 2 года пользования снижалась – до 18,1-17,9-17,4-17,0%. То есть можно отметить ее незначительную динамику по годам в зависимости от культуры. Примечательно, что после распашки многолетних трав, то есть с поступлением большого количества растительных остатков в почву по всем вариантам опыта капиллярная влагоемкость резко возрастала. Так, в первом севообороте она возросла до 27,6, во втором – до 26,6, в третьем – до 23,3, в четвертом – до 22,2% соответственно. В среднем за ротацию, капиллярная влагоемкость составила 21,36-21,20-20,10-20,00%.

Капиллярная влагоемкость почвы зависит от капиллярной пористости, результаты определения которой представлены на рис. 2.

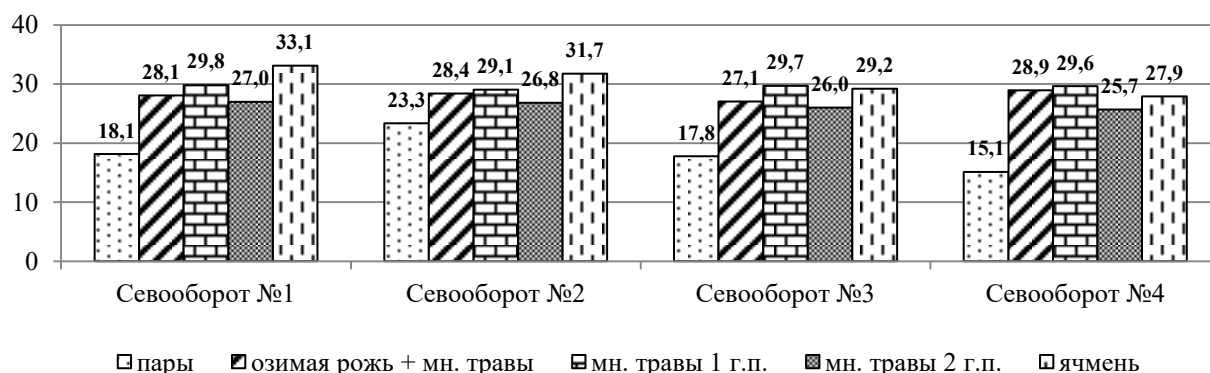


Рисунок 2. Капиллярная пористость почвы (%), в среднем за вегетацию 2011-2015 гг.

Из рис. 2 видно, что капиллярная пористость зависела от агротехники культуры. Так, под парами капиллярная пористость была минимальной. При возделывании озимой ржи она была практически неизменной по всем четырем севооборотам – 28,1-28,4-27,1-28,9%, аналогично и по многолетним травам 1 и 2 г.п. – 29,8-29,1-29,7-29,6 и 27,0-26,8-26,0-25,7%. В посевах ячменя, как и капиллярная влагоемкость, большая величина капиллярной пористости отмечалась в первом и втором севооборотах – 33,1 и 31,7%, далее в третьем и четвертом севооборотах она снижалась до 29,2 и 27,9%. Следовательно, начиная с севооборота 1 до севооборота 4, постепенно идет снижение капиллярной пористости, в среднем за ротацию, с 27,22 до 25,44%, что пропорционально изменению капиллярной пористости.

Определение некапиллярной пористости позволяет выявить долю некапиллярных пор, которая зависит в большей степени от агротехники культур (см. рис. 3).

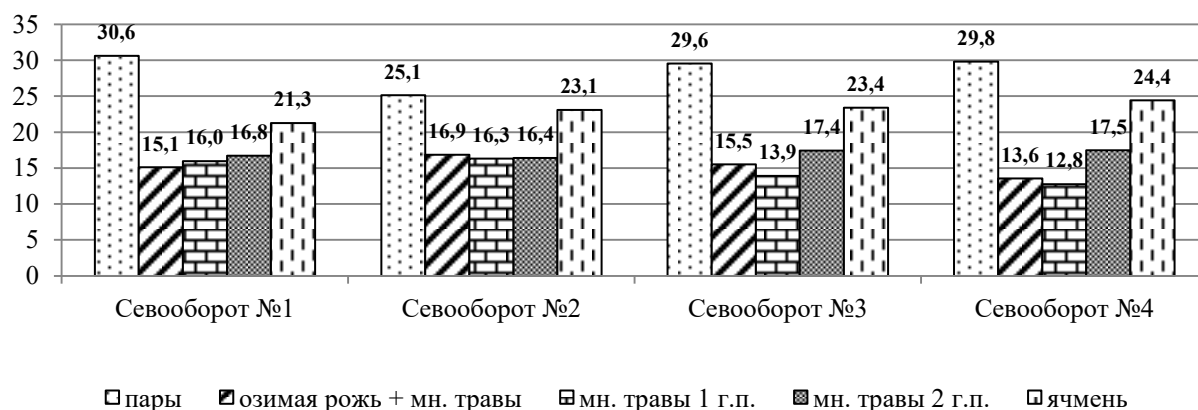


Рисунок 3. Некапиллярная пористость почвы (%), в среднем за 2011-2015 гг.

Так, в чистом пару за счет большего количества обработок почвы доля некапиллярных пор намного выше и, в среднем за вегетацию, составила 30,6%, что на 5,5% ниже, чем в химическом пару. Подготовка почвы в занятом и сидеральном пару и возделывание культур в них обеспечивала некапиллярную пористость, равную 29,6 и 29,8%.

Возделывание культур, в которых не производится обработка почвы, приводит к резкому сокращению некапиллярной пористости по всем севооборотам и она находится на уровне 12,8-17,5%. Распашка многолетних трав 2 года пользования приводит к возрастанию некапиллярной пористости до 24,4%. При этом большая величина ее приходится на севооборот 4 – 24,4%. Таким образом, в среднем за ротацию, с первого по четвертый также идет снижение некапиллярных пор с 19,96 до 19,62%.

Изменение агрофизических свойств почвы, поступление пожнивно-корневых остатков приводило и к изменению структурного состояния почвы в опытных посевах. Данные по коэффициенту структурности почвы представлены на рис. 4.

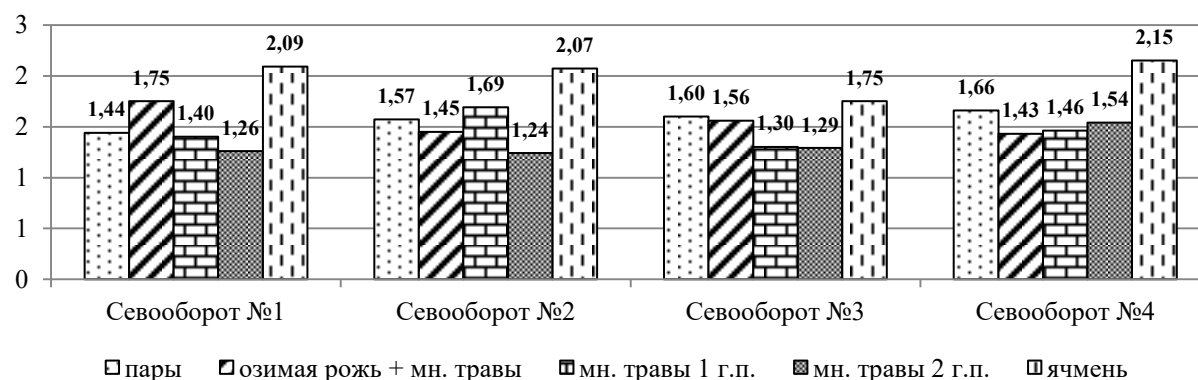


Рисунок 4. Коэффициент структурности почвы, в среднем за вегетацию 2011-2015 гг.

Наибольший коэффициент структурности почвы был получен в занятом и сидеральном пару (1,60 и 1,66), поскольку здесь выращивались сельскохозяйственные культуры – викоовсяная смесь и люпин узколистный. Трансформация поступающего органического вещества, процессы гумификации и минерализации за годы ротации севооборотов привели к изменению коэффициента структурности почвы под последней культурой севооборота. Так, наибольший коэффициент структурности был отмечен в сидеральном севообороте 4 и равнялся 2,15, что было выше, чем в севообороте 2 на 0,06 ед., чем в севообороте 3 на 0,08 ед., и чем в севообороте 4 на 0,40 ед. Среди изучаемых вариантов севооборотов, в среднем за ротацию, больший коэффициент структурности почвы выявлен в севообороте 4, равный 1,65, что было выше, чем в севообороте 1 на 0,06, в севообороте 2 – на 0,05, и в севообороте 3 – на 0,15 ед.

Выводы

1. Изучение севооборотов с короткой ротацией в условиях Нечерноземной зоны РФ показало, что возделывание в занятом пару викоовсяной смеси приводит к получению дополнительной продукции и обеспечивает большую продуктивность по сравнению с другими севооборотами, в среднем, на уровне 4,3 т корм.ед./га при большем уровне рентабельности 126,9% и меньшей себестоимости 30,9 руб. т корм.ед.

2. В севооборотах с чистым и химическим паром плотность сложения пахотного (0-20 см) слоя почвы практически равноценна – 1,41 и 1,40 г/см³, а в севооборотах с парозанимаемыми культурами несколько повышалась, особенно с сидеральным паром – 1,46 г/см³. Оценивая запас влаги в почве почвы, в среднем за ротацию, можно отметить, что разница между изучаемыми севооборотами весьма незначительна – 33,84-34,88-31,20-34,66 мм. Начиная с севооборота 1 до севооборота 4, постепенно идет снижение капиллярной и некапиллярной пористости, в среднем за ротацию, с 27,22 до 25,44% и с 19,96 до 19,62% соответственно.

3. Среди изучаемых вариантов севооборотов, в среднем за ротацию, больший коэффициент структурности почвы выявлен в севообороте 4, равный 1,65, что было выше, чем в севообороте 1 на 0,06, в севообороте 2 – на 0,05, в севообороте 3 – на 0,15 ед. Данная закономерность оправдывает сидерацию в севооборотах с короткой ротацией.

Список источников

1. Беленков А.И., Полин В.Д., Николаев В.А. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта // Научно-агрономического журнала. 2024. №1 (124). С. 48-55.

2. Беленков А.И., Мазиров М.А., Зеленев А.В. Взаимосвязь урожайности и слагаемых элементов, влияющих на ее величину // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. Вып. 2 (№32). С. 76-83.

3. Гаевая Э.А., Безуглова О.С., Нежинская Е.Н. Агрофизические свойства чернозема обыкновенного слабоэродированного в длительном опыте в Федеральном Ростовском аграрном научном центре // Почвоведение. 2022. № 11. С. 1399-1414

4. Герасименко М.Е., Кондратенко Л.Н. Сидеральные культуры как зеленое удобрение и последующая урожайность // Сб. научн. статей по матер. 76-й науч.-практ. конф. по итогам НИР за 2020 год: «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». В 3-х частях. Краснодар, 2021. С. 406-408.

5. Гулаев В. М., Зудилин С. Н., Гулаева Н. В. Влияние основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия почвы на посевах сои // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. № 5(3). С. 1090–1092.

6. Дудкин И.В. Сидеральные культуры и плодородие почвы // Сб. научн. тр. по матер. Всеросс. науч.-практич конференции с международным участием и Всерос. Школы молодых учёных: «Актуальные проблемы развития научных исследований и инноваций в сельскохозяйственном производстве». Белгород, 2023. С.157-161.

7. Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 27-30.

8. Кафтан Ю.В., Ткачева Т.А. Выход зерновой и кормовой продукции четырёхпольных севооборотов в зависимости от погодных факторов, продуктивной влаги, нитратов и фона минерального питания на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2(82). С. 28-33.

9. Кохан А.В., Гангур В.В., Лень А.Н. Экологическая эффективность короткоротационных севооборотов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 55-59.

10. Методика выполнения научных исследований и курсовой работы по растениеводству: учебное пособие. Издание 2-е перераб. и доп. / З.И. Усанова. – Тверь: Тверская ГСХА, 2013. 112 с.
11. Найденов А. С. и др. Динамика агрофизических свойств чернозёмных почв при длительном сельскохозяйственном использовании и пути их оптимизации в условиях Краснодарского края / А. С. Найденов, В. П. Василько, Н. И. Бардак, В. Н. Гладков // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2018. № 142(08). С. 41-56.
12. Постников П.А., Попова В.В. Продуктивность клевера в полевых севооборотах // Пермский аграрный вестник. 2014. №2 (6). С. 29-34.
13. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, А.В. Захаренко, А.Ф. Сафонов. Москва: КолосС, 2004. 424 с.
14. Рахимова Ю. М. и др. Влияние различных приёмов основной обработки и применения гербицидов в посевах сои на агрофизические показатели плодородия почвы / Ю. М. Рахимова, А. В. Дозоров, М. И. Подсевалов, А. Ю. Наумов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (24). С. 6-13.
15. Солошенко, В.М., Векленко В.И., Пигорев И.Я. Оценка устойчивости производства продукции в севооборотах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 5. С.47-52.

References

1. Belenkov A.I., Polin V.D., Nikolaev V.A. Interrelation of agrometeorological conditions, fertility of sod-podzolic soil and productivity of crops of field experience. Scientific and agronomic journal, 2024, no. 1 (124), pp. 48-55.
2. Belenkov A.I., Mazirov M.A., Zelenev A.V. The relationship between productivity and the components of the elements affecting its value. Agroindustrial technologies of Central Russia, 2024, issue 2 (no. 32), pp. 76-83.
3. Gayeva E.A., Bezuglova O.S., Nezhinskaya E.N. Agrophysical properties of slightly eroded ordinary chernozem in a long-term experiment at the Federal Rostov Agrarian Scientific Center. Soil Science, 2022, no. 11, pp. 1399-1414.
4. Gerasimenko M.E., Kondratenko L.N. Sideral crops as a green fertilizer and subsequent yield. articles on mater. 76th scientific and practical conference on the results of research for 2020: «Scientific support of the agro-industrial complex». In 3 parts. Krasnodar, 2021, pp. 406-408.
5. Gulaev V. M., Zudilin S. N., Gulaeva N. V. The influence of basic tillage on agrophysical indicators of soil fertility in soybean crops. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2014, no. 5(3), pp. 1090-1092.
6. Dudkin I.V. Sideral crops and soil fertility. Collection of scientific papers on materials. All-Russian scientific and practical conferences with international participation and All-Russian Schools of young scientists: «Actual problems of scientific research and innovation development in agricultural production». Belgorod, 2023, pp.157-161.
7. Kaftan Yu.V., Zenkova N.A. Agrophysical properties of soil and yield of agricultural crops in crop rotations. News Orenburg State Agrarian University, 2019, no. 3 (77), pp. 27-30.
8. Kaftan Yu.V., Tkacheva T.A. The yield of grain and feed products of four-field crop rotations depending on weather factors, productive moisture, nitrates and the background of mineral nutrition in the chernozems of the southern Orenburg region. News of the Orenburg State Agrarian University, 2020, no. 2(82), pp.28-33.
9. Kohan A.V., Gangur V.V., Lenn A.N. Ecological efficiency of short-term crop rotations. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy, 2018, no. 4, pp.55-59.
10. Methods of scientific research and coursework on crop production: the training manual. 2nd edition, revised. and an addendum. Z.I. Usanova. Tver: Tver State Agricultural Academy, 2013, 112 p.
11. Naydenov A. S. et al. Dynamics of agrophysical properties of chernozem soils under long-term agricultural use and ways to optimize them in the Krasnodar Krai. A. S. Naydenov, V. P. Va-

silko, N. I. Bardak, V. N. Gladkov. Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University, 2018, no. 142(08), pp. 41-56.

12. Postnikov P.A. Popova V.V. Productivity of clover in field crop rotations. Perm Agrarian Bulletin, 2014, no. 2 (6), pp. 29-34.

13. Practicum on agriculture. I.P. Vasiliev, A.M. Tulikov, G.I. Bazdyrev, A.V. Zakharenko, A.F. Safonov. Moscow: KolosS Publ., 2004. 424 p.

14. Rakhimova Yu. M. et al. The influence of various methods of basic processing and application of herbicides in soybean crops on agrophysical indicators of soil fertility. Yu. M. Rakhimova, A.V. Dozorov, M. I. Podsevalov, A. Yu. Naumov. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2013, no. 4 (24), pp. 6-13.

15. Soloshenko, V.M., Veklenko V.I., Pigorev I.Ya. Assessment of the sustainability of production in crop rotations. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2016, no. 5, pp.47-52.

Информация об авторах

А.А. Акимов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии, земледелия и лесопользования;

А.И. Беленков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, консультант селекционного центра по кормовым культурам.

Information about the authors

A.A. Akimov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry, Agriculture, and Forestry;

A.I. Belenkov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Consultant at the Forage Crops Breeding Center.

Научная статья

УДК 631.412

DOI 10.24888/2541-7835-2025-38-4-206-214

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И ПОДТИПОВ ПОЧВЫ В САДООБОРОТЕ СПССПК «ТИМИРЯЗЕВСКИЙ»

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Моргачева Наталья Викторовна²

^{1,2}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,

Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²biokafe@yandex.ru

Аннотация. На момент проведения наших исследований возраст садов составлял 43-48 лет. Изучали почвы в садовом обороте яблони, сопоставляя их химические свойства с залежным аналогом чернозёма. Также мы выясняли как меняется с глубиной содержание подвижного фосфора, кислотность почвы и сумма обменных оснований. Провели корреляционный анализ зависимости указанных химических показателей друг от друга. Залежный чернозём выщелоченный в 2,0-2,8 раза больше обеспечен подвижными фосфатами, чем почвы в саду яблони. Чернозёмные почвы из сада яблони по сравнению с залежным аналогом более кислые и менее насыщены основаниями до самой почвообразующей породы. С увеличением глубины почвы содержание подвижного фосфора уменьшается ($r=-0,91...-0,99$), гидролитическая кислотность и обменная кислотность ведут себя противоречиво, сумма обменных оснований увеличивается ($r=0,71...0,96$). Сильнее всего с глубиной меняются химические свойства чернозёма выщелоченного. С увеличением кислотности почвы (обменная и гидролитическая) под садом содержание подвижного фосфора уменьшается ($r=-0,69-0,93$). С увеличением гидролитической кислотности сумма обменных оснований в чернозёмных почвах возрастает ($r=0,68-0,99$). На всех изученных чернозёмных почвах с увеличением суммы обменных оснований содержание подвижного фосфора либо остаётся на прежнем уровне, либо снижается ($r=-0,99$).

Ключевые слова: яблоня, фосфаты, кислотность, сад, залежь, тип почвы.

Для цитирования: Захаров В.Л., Моргачева Н.В. Химические свойства различных типов и подтипов почвы в садовом обороте СПССПК «Тимирязевский» // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 4(38). С. 206-214. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-206-214>.

Право: © В.Л. Захаров, Н.В. Моргачева (2025). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

CHEMICAL PROPERTIES OF VARIOUS TYPES AND SUBTYPES OF SOIL IN THE HORTICULTURAL ROTATION OF THE TIMIRYAZEVSKY AGRICULTURAL PRODUCTION SUPPLY AND MARKETING COOPERATIVE

Vyacheslav L. Zakharov^{1✉}, Natalia V. Morgacheva²

^{1,2}Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²biokafe@yandex.ru

Abstract. At the time of our research, the age of the gardens was 43-48 years old. The soils in the apple orchard rotation were studied, comparing their chemical properties with the fallow analogue of black soil. We also found out how the content of mobile phosphorus, the acidity of the soil and the amount of exchange bases change with depth. A correlation analysis of the dependence of these chemical parameters on each other was performed. Leached fallow black soil is 2.0-2.8 times more provided with mobile phosphates than the soils in the apple orchard. Black soil soils from an apple orchard are more acidic and less saturated with bases up to the soil-forming rock, compared with their fallow counterpart. With increasing soil depth, the content of mobile phosphorus decreases ($r=-0.91...-0.99$), hydrolytic acidity and exchange acidity behave

inconsistently, the sum of exchange bases increases ($r=0.71\ldots 0.96$). The chemical properties of leached black soil change the most with depth. With increasing soil acidity (metabolic and hydrolytic), the content of mobile phosphorus under the garden decreases ($r=-0.69-0.93$). With increasing hydrolytic acidity, the amount of exchangeable bases in black soil increases ($r=0.68-0.99$). In all the studied black soils, with an increase in the amount of exchangeable bases, the content of mobile phosphorus either remains at the same level or decreases ($r=-0.99$).

Keywords: *apple tree, phosphates, acidity, orchard, deposit, soil type.*

Для цитирования: *Zakharov V.L., Morgacheva N.V. Chemical properties of various types and subtypes of soil in the horticultural rotation of the Timiryazevsky agricultural production supply and marketing cooperative // Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 4(38), pp. 206-214. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-206-214>.*

Copyright: © V.L. Zakharov, N.V. Morgacheva (2025). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

Введение

Химические свойства почвы значительно определяют рост яблони. Например, Повышение содержания цинка, марганца и бора в яблоках и листьях прямо пропорционально концентрации этих элементов в питательном растворе [17]. В научной литературе оценено состояние почвенного плодородия яблоневого сада первого отделения учхоза «Кубань» города Краснодара, который заложен на чернозёме выщелоченном. Представлена характеристика агрофизических свойств и агрохимических показателей почвы [5]. В условиях Краснодара на аллювиально-луговых почвах при фертигации в местах локального внесения удобрений содержание подвижного фосфора в слое почвы яблоневого сада 0-30 см увеличилось на 98,3-251,1 мг/кг почвы; обменного калия на 66-421 мг/кг почвы, по сравнению с участками, находящимися за пределами зоны локализации минеральных удобрений [12]. В Северном Казахстане более половины площади составляют сероземные почвы и являются малопродуктивными из-за низкого содержания гумуса, что не позволяет получать высокие урожаи плодовых культур. Поэтому там исследования направлены на улучшение агрохимических свойств серозема под яблоневым садом на карликовом подвое при капельном орошении с внесением биомелиорантов [4]. Сделан анализ по влиянию капельного полива яблоневых садов на агрохимические и агрофизические свойства тёмно-серых лесных почвах Курской. Показана эффективность применения капельного полива интенсивных яблоневых садов. Проведены производственные опыты по оптимизации водно-воздушного режима почвы. Применении капельного полива в сочетании с фертигацией повышает урожайность и качество получаемой продукции, усиливает ростовые процессы молодых яблоневых садов [8]. Определено значение многолетних злаковых трав в садовом ценозе в улучшении агрофизических и агрохимических свойств почвы, сохранении и воспроизводстве гумуса. Изучены особенности влияния полного минерального удобрения и подкормок азотными удобрениями на ростовые процессы деревьев яблони и формирование их продуктивности и качество урожая, а также накопление сухого вещества травянистых растений и вынос ими элементов питания [9]. В орловской области чернозёмы под молодыми яблоневыми садами в гумусовом горизонте содержали от 6,1 до 11,8 мг/100г подвижного фосфора, имели гидролитическую кислотность от 4,5 до 5,0 мг-экв/100 г и сумму обменных оснований от 20 до 29 мг-экв/100 г [10]. В условиях Тамбовской области чернозём типичный подвергается переувлажнению в результате длительного капельного орошения. При этом наблюдается снижение содержания подвижного фосфора и увеличение кислотности почвы. Градация pH солевой вытяжки за период орошения перешла из категории «слабокислая» в категорию «среднекислая». В садах традиционного типа наблюдается более значительное изменение содержания обменного кальция и органического вещества почвы. К тому же, почвоутомление в садах традиционного типа распространяется на больший объём почвы, чем в интенсивных садах где корневая система занимает зону контура увлажнения капельной трубки, то есть порядка 60×60 см [7]. В Ростовской области на чернозёмах значимого влияния длительного капельного орошения на степень засоления, pH водной вытяжки, содержание токсичной щелочности в зоне капельного увлаж-

нения почвы не выявлено [11]. Поскольку опад листьев яблони – это ценный источник минеральных элементов [14] и фитостимуляторов [18], то почвы некоторых садов по сравнению с лесными почвами более благоприятны по содержанию обменного кальция, подвижного минерального фосфора, обменного магния, поглощённого калия, нитратов [16], органического фосфора [19]. Междурядья большинства садов содержат под многолетним чёрным паром, что приводит к смыву почвы в междурядьях [15]. Наиболее интенсивное потребление корневой системой яблони в слое 40-60 см таких элементов как N, P, K, Ca, Mg, Na, Al, Si, Fe, Ti [13]. 70 % корней яблони содержится в слое 0-100 см [20]. Всё это обусловило и сделало актуальным нашу цель.

Цель исследований – сопоставить некоторые химические свойства разных типов и подтипов почвы, находящихся в садообороте садоводческого хозяйства Липецкой области с показателями залежной почвы.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – залежная почва (10 лет в состоянии залежи) и почвы в садах сельскохозяйственного производственного снабженческо-сбытового кооператива (СПССПК) «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области. Предмет исследования – зависимость химических свойств почвы от глубины и от подтипа чернозёма. Исследования были проведены в период с 2014 по 2024 гг. на базе научно-исследовательской агрохимической лаборатории Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина.

Исследования проводили в 2014-2024 гг. Объектами исследований являлись Кварталы заложены в 1976 г. по схеме 8×6 м на семечковых подвоях. В приствольных полосах садов были заложены опорные профили почв. С целью сопоставления химических свойств почв садов яблони с залежью мы изучали чернозём выщелоченный в залежном виде, который пребывал в нетронутым виде 10 лет. Чернозём выщелоченный в залежном виде был сформирован на покровном карбонатном суглинке, который подстилается флювиогляциальными отложениями. Химические анализы почвы выполнены по инструкции ЦИНАО [3]: содержание подвижного фосфора – по методу Ф.В. Чирикова [6] на фотоэлектроколориметре КФК-2; гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований – титриметрическим методом по Каппэну; рН солевой вытяжки – ионометрическим методом на иономере ЭВ-74 [1]. Корреляционный анализ данных проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Оценку почв проводили по В.Д. Иванову и Е.В. Кузнецовой [2].

Результаты исследований и их обсуждение

На момент проведения наших исследований возраст яблоневых садов составлял 43-48 лет. Гидролитическая кислотность чернозёма выщелоченного в залежном виде в слое 0-30 см была низкой, а pH_{KCl} показывала нейтральную реакцию среды. С глубиной гидролитическая кислотность почвы уменьшалась в карбонатных горизонтах, а рН в этих слоях показывала нейтральную или даже слабощелочную реакцию среды. На чернозёмно-луговой почве установлена тесная обратная зависимость между глубиной и гидролитической кислотностью ($r=-0,86$), то есть с увеличением глубины гидролитическая кислотность чернозёмно-луговой почвы уменьшалась (см. рис. 1).

Такая же, но менее сильная зависимость установлена и на чернозёме выщелоченном: с увеличением глубина гидролитическая кислотность уменьшалась ($r=-0,62$). Не установлено зависимости между глубиной и гидролитической кислотностью на чернозёме оподзоленном. На чернозёме выщелоченном, который пребывал 10 лет под залежью с увеличением глубины гидролитическая кислотность увеличивалась ($r=0,92$), однако сам уровень кислотности в 2 раза ниже, чем на садовом аналоге этой почвы и в 3-4 раза ниже, чем на остальных почвах.

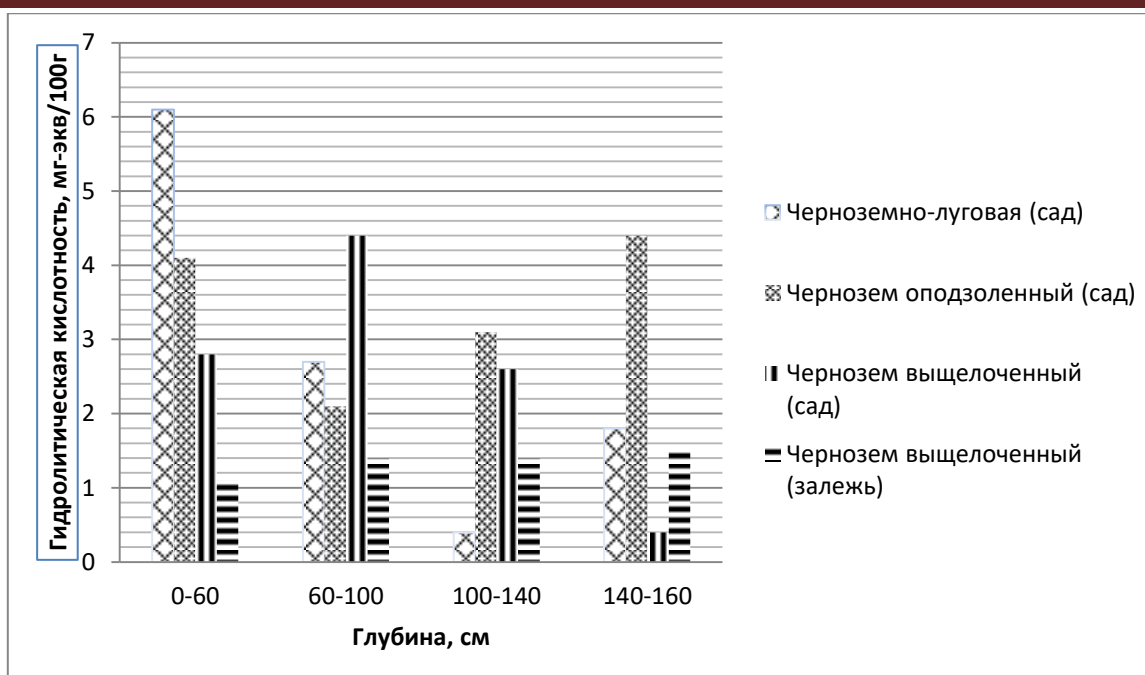


Рисунок 1. Гидролитическая кислотность в зависимости от типа и подтипа почвы под 43-48-летними садами яблони в СПССПК «Тимирязевский»

С увеличением глубины почвы обменная кислотность солевой вытяжки на чернозёмно-луговой почве не меняется, на чернозёме оподзоленном – увеличивается ($r=-0,89$), на чернозёме выщелоченном садовом снижается ($r=0,9$), а на залежном аналоге – возрастает ($r=-0,99$) (см. рис. 2).

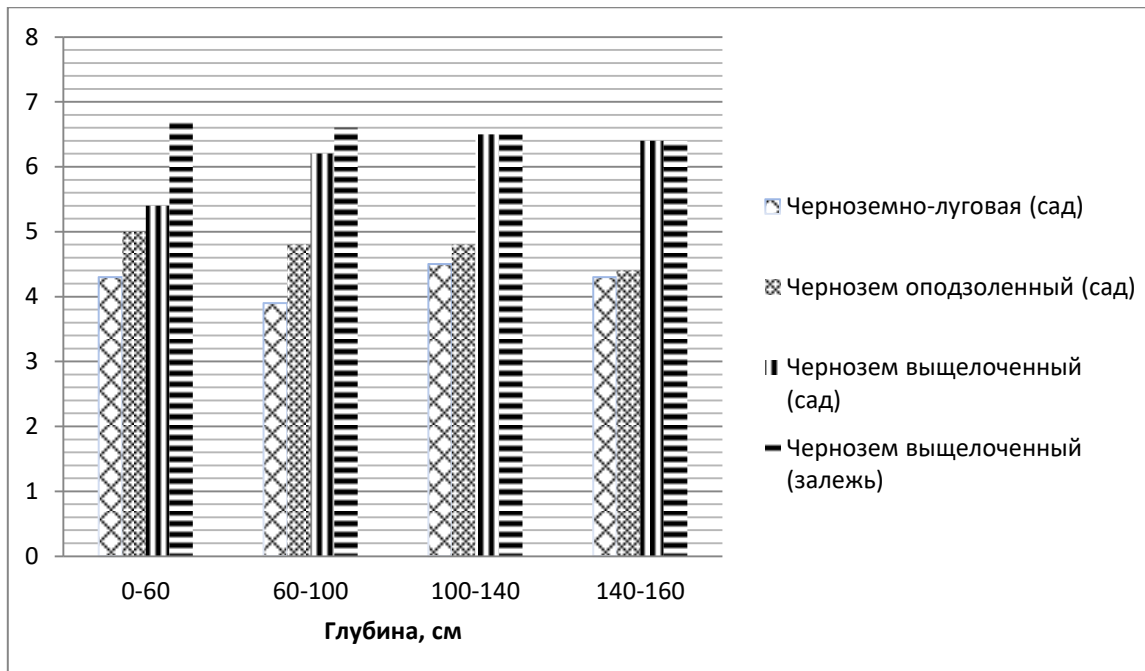


Рисунок 2. Обменная кислотность (pH_{KCl}) в зависимости от типа и подтипа почвы под 43-48-летними садами яблони в СПССПК «Тимирязевский»

Содержание подвижного фосфора очень высокое, но оно резкое снижается, начиная с иллювиального горизонта. На всех почвах с увеличением глубины содержание подвижного фосфора уменьшается: чернозёмно-луговая, сад ($r=-0,91$), чернозём оподзоленный, сад

(-0,94), чернозём выщелоченный, сад ($r=-0,99$), чернозём выщелоченный, залежь ($r=-0,96$) (см. рис. 3).

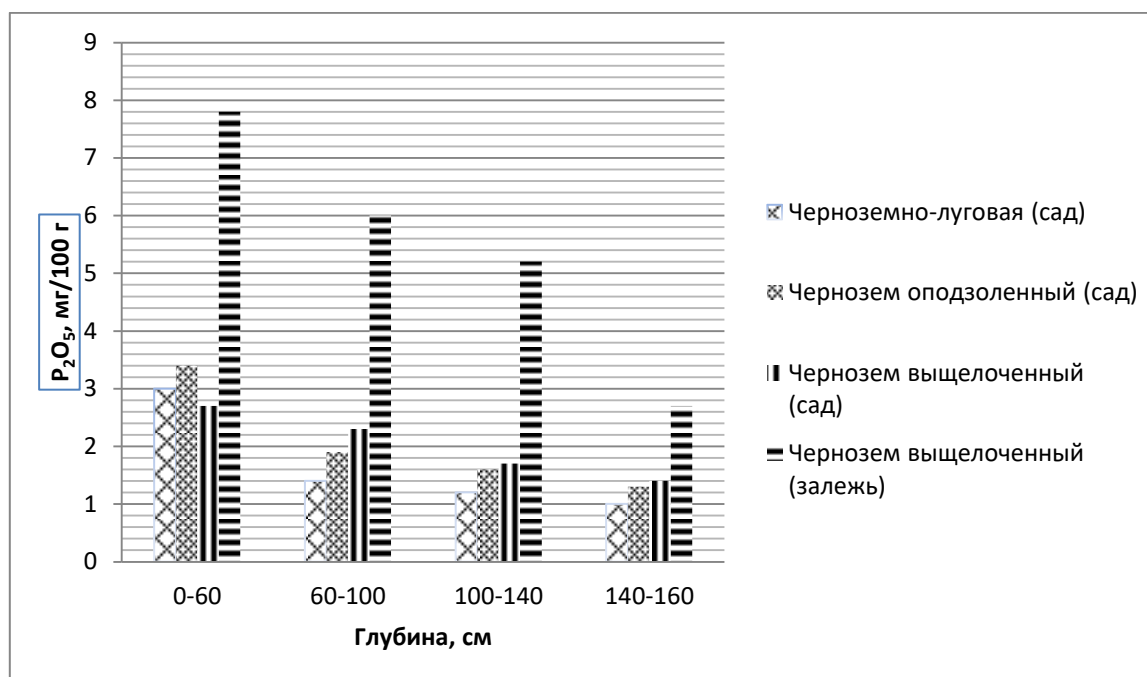


Рисунок 3. Содержание подвижного фосфора (P₂O₅) в зависимости от типа и подтипа почвы под 43-48-летними садами яблони в СПССПК «Тимирязевский»

Сумма обменных оснований почвы высокая во всех горизонтах, кроме глубокой песчаной части горизонта С, где этот показатель на среднем уровне. В карбонатном иллювиальном горизонте сумма поглощённых оснований самая высокая.

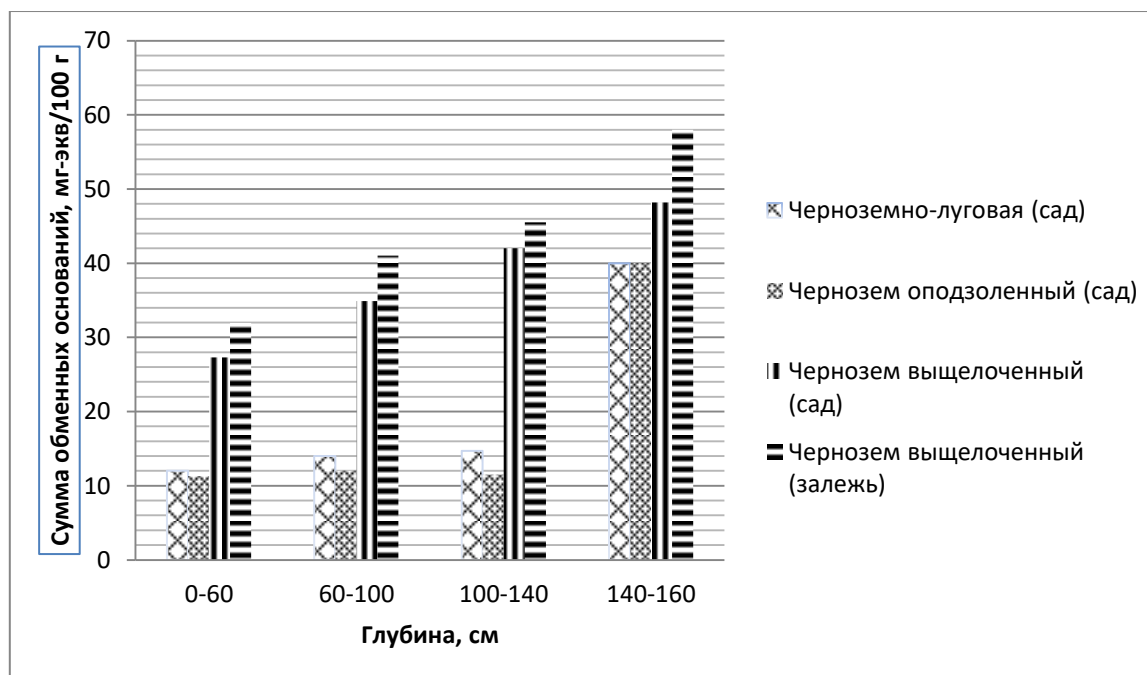


Рисунок 4. Сумма обменных оснований в зависимости от типа и подтипа почвы под 43-48-летними садами яблони в СПССПК «Тимирязевский»

На всех почвах под яблоневыми садами с увеличением глубины сумма обменных оснований увеличивается: чернозёмно-луговая в саду ($r=0,76$), чернозём оподзоленный в саду

($r=0,71$), чернозём выщелоченный в саду ($r=0,99$), чернозём выщелоченный под залежью ($r=0,96$). Это связано с приближением к карбонатному горизонту, богатому поглощёнными основаниями.

По нашим данным содержание подвижного фосфора в чернозёме выщелоченном в саду яблони в 2,8 раз меньше, чем в залежном виде. При сопоставлении содержания фосфора в садовых почвах с залежной почвой становится ясно, что залежный аналог более обеспечен подвижными фосфатами.

Все генетические горизонты чернозёма выщелоченного в саду до глубины карбонатов имеют более высокую гидролитическую кислотность, чем в залежном виде. Аналогичная тенденция наблюдается у чернозёмов оподзоленных по горизонтам А, АВ, С и у чернозёмно-луговой почвы по горизонтам А и АВ. Обменная кислотность у садовых почв также показывает более кислую реакцию, чем в залежном виде: у чернозёма выщелоченного в горизонте А, а у чернозёмно-луговой почвы и чернозёма оподзоленного – по всему профилю. Сумма обменных оснований садовых почв ниже, чем у залежной: у чернозёма выщелоченного в горизонте А, а у чернозёмно-луговой и чернозёмов оподзоленных – до горизонта С.

На чернозёмно-луговой почве в саду установлена обратная тесная зависимость между содержанием фосфора и гидролитической кислотностью ($r=-0,93$). С увеличением обменной кислотности уменьшалось содержание фосфора: на чернозёме оподзоленном в саду ($r=-0,8$), на чернозёме выщелоченном в саду ($r=-0,69$). На чернозёме выщелоченном в саду с увеличением суммы обменных оснований уменьшалось содержание подвижного фосфора ($r=-0,99$), но увеличивалась гидролитическая кислотность ($r=-0,68$). На залежном аналоге чернозёма выщелоченного при увеличении гидролитической кислотности уменьшалось содержание подвижного фосфора ($r=-0,89$), но увеличивалась сумма обменных оснований ($r=-0,99$).

Выводы

1. Залежный чернозём выщелоченный в 2,0-2,8 раза больше обеспечен подвижными фосфатами, чем почвы в 43-48 летнем саду яблони.
2. Чернозёмные почвы из сада яблони по сравнению с залежным аналогом более кислые и менее насыщены основаниями до самой почвообразующей породы.
3. С увеличением глубины почвы содержание подвижного фосфора уменьшается ($r=-0,91...-0,99$), гидролитическая кислотность и обменная кислотность ведут себя противоречиво, сумма обменных оснований увеличивается ($r=0,71...0,96$). Сильнее всего с глубиной меняются химические свойства чернозёма выщелоченного.
4. С увеличением кислотности почвы (обменная и гидролитическая) под садом содержание подвижного фосфора уменьшается ($r=-0,69-0,93$).
5. С увеличением гидролитической кислотности сумма обменных оснований в чернозёмных почвах возрастает ($r=0,68-0,99$).
6. На всех изученных чернозёмных почвах с увеличением суммы обменных оснований содержание подвижного фосфора либо остаётся на прежнем уровне, либо снижается ($r=-0,99$).

Список источников

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1976. 280 с.
2. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учеб. пособ. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.
3. Инструкция ЦИНАО по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. – Москва: Колос, 1973. 55 с.
4. Карпенко Н.П., Егембердиев К.Д. Улучшение агрохимических свойств серозема под яблоневым садом на карликовом подвое при капельном орошении с внесением биомелиоранта // Сетевой научный журнал РГАТУ. 2025. № 1(7). С. 32-41.
5. Осипов А.В., Гриценко А.А. Состояние почвенного плодородия черноземов выщелоченных яблоневого сада учхоза «Кубань» города Краснодара // Сборник статей по материа-

лам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2024 год: Сборник трудов конференции, Краснодар, 05 февраля 2025 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2025. С. 123-125.

6. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. 6-е изд. Москва: Колос, 1968. 496 с.

7. Пугачев Г.Н., Кузин А.И. Некоторые аспекты изменения почвенного плодородия в садах интенсивного и традиционного типа // Агропромышленные технологии Центральной России. 2019. № 2(12). С. 85-101.

8. Пятаков М.А., Левшаков Л.В. Влияние капельного полива на агрохимические показатели плодородия тёмно-серых лесных почв в интенсивных яблоневых садах Курской области // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 03–04 декабря 2020 года. Том Ч. 1. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 102-107.

9. Ревин Н.Ю. Приемы сохранения и воспроизводства плодородия почв в садовых ценозах Орловской области: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Орёл: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2016. 178 с.

10. Резвякова С.В., Митина Е.В., Евдакова М.В. Характеристика почвы в молодом яблоневом саду // Вестник аграрной науки. 2025. № 3(114). С. 65-74.

11. Селицкий С.А., Штанько А.С. Влияние капельного орошения плодовых садов на изменение свойств почвы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 3(91). С. 218-227.

12. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Трансформация агрохимических свойств почв плодовых насаждений, возделываемых по интенсивным технологиям // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 54(6). С. 59-71.

13. Altynbekova M.O., Toleshova Z.U. Influence of the soil chemical elements on productivity of apple tree fruiting // Bulletin of the university of Karaganda-chemistry. 2016. Issue: 81. Pp. 54-59.

14. Chen M.L. et al. Impact of different nitrogen source on the compost quality and greenhouse gas emissions during composting of garden waste / M.L. Chen, Y.M. Huang, H.J. Liu, S.W. Xie, F. Abbas // Process safety and environmental protection. 2019. Vol. 124. Pp. 326-335.

15. Kabelka D. et al. Reduction in soil organic matter loss caused by water erosion in interrows of hop gardens / D. Kabelka, D. Kincl, M. Janecek, J. Vopravil, P. Vrablik // Soil and water research. 2019. Vol. 14. Issue 3. Pp. 172-182.

16. Kukla J. et al. The effect of traditional slash-and-burn agriculture on soil organic matter, nutrient content, and microbiota in tropical ecosystems of Papua New Guinea / J. Kukla, T. Cajthaml, H. Vesela-Simackova, Frouz J. Whitfield T., P. Baldrian, V. Novotny // Land degradation & development. 2019. Vol. 30. Issue: 2. Pp. 166-177.

17. Kurešová G. et al. Influence of foliar micronutrients fertilization on nutritional status of apple trees / G. Kurešová, L. Menšík, J. Haberle, S. Svoboda, I. Raimanová // Plant Soil Environ. 2019. Vol. 65(6). Pp. 320-327.

18. Mertoglu K., Ileri., O., Altay Y. Aqueous leaf extracts effect of some apple cultivars on growth characteristics of the green manure legumes via allelopathy // Fresenius environmental bulletin. 2018. Vol. 27. Issue 6. P. 4052-4060.

19. Paul R. et al. Phosphorus dynamics and solubilizing microorganisms in acid soils under different land uses of Lesser Himalayas of India / R. Paul, R.D. Singh, A.K. Patra, D.R. Biswas, R. Bhattacharyya, K. Arunkumar // Agroforestry systems. 2018. Vol. 92. Issue 2. Pp. 449-461.

20. Song X.L. et al. Spatial distribution of soil moisture and fine roots in rain-fed apple orchards employing a rainwater collection and infiltration (RWCI) system on the loess plateau of China / X.L. Song, X.D. Gao, X.N. Zhao, P.T. Wu, M. Dyck // Agricultural water management. 2017. Vol. 184. Pp. 170-177.

References

1. Alexandrova L.N., Naidenova O.A. Laboratory and practical exercises in soil science. 3rd ed., revised and add. Leningrad: Kolos Publ., 1976. 280 p.
2. Ivanov V.D., Kuznetsova E.V. Soil assessment: textbook. the manual. Voronezh: Federal Educational Institution of Higher Professional Education Voronezh State Agrarian University, 2004. 287 p.
3. Instructions of the Central Administrative District on conducting mass soil analyses in zonal agrochemical laboratories. Moscow: Kolos Publ., 1973. 55 p.
4. Karpenko N.P., Egemberdiev K.D. Improvement of agrochemical properties of gray soil under an apple orchard on a dwarf rootstock during drip irrigation with the introduction of a biome-liorant. Online Scientific Journal of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2025, no. 1(7), pp. 32-41.
5. Osipov A.V., Gritsenko A.A. The state of soil fertility of leached black earth of the apple orchard of the Kuban educational facilities in Krasnodar. Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research in 2024: Proceedings of the conference, Krasnodar, February 05, 2025. Krasnodar: Trubilin Kuban State Agrarian University, 2025, pp. 123-125.
6. Petersburgsky A.V. Workshop on agronomic chemistry. 6th ed. Moscow: Kolos Publ., 1968. 496 p.
7. Pugachev G.N., Kuzin A.I. Some aspects of soil fertility changes in intensive and traditional type gardens. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2019, no. 2(12), pp. 85-101.
8. Pyatakov M.A., Levshakov L.V. The effect of drip irrigation on agrochemical fertility indicators of dark gray forest soils in intensive apple orchards of the Kursk region. Youth Science for the development of the agro-industrial complex: proceedings of the All-Russian (national) Scientific and Practical Conference of Students, postgraduates and young scientists, Kursk, December 03-04, 2020. Vol. 1. Kursk: Kursk State Agricultural Academy, 2020, pp. 102-107.
9. Revin N.Yu. Methods of soil fertility preservation and reproduction in horticultural cenoses of the Oryol region: dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences, Oryol: Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, 2016. 178 p.
10. Rezvyakova S.V., Mitina E.V., Evdakova M.V. Soil characteristics in a young apple orchard. Bulletin of Agrarian Science, 2025, no. 3(114), pp. 65-74.
11. Selitsky S.A., Shtanko A.S. The influence of drip irrigation of fruit orchards on changes in soil properties. Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture, 2023, no. 3(91), pp. 218-227.
12. Fomenko T.G., Popova V.P., Pestova N.G. Transformation of agrochemical properties of soils of fruit plantations cultivated using intensive technologies. Fruit growing and viticulture of the South of Russia, 2018, no. 54(6), pp. 59-71.
13. Altynbekova M.O., Toleshova Z.U. Influence of the soil chemical elements on productivity of apple tree fruiting. Bulletin of the university of Karaganda-chemistry, 2016, issue: 81, pp. 54-59.
14. Chen M.L. et al. Impact of different nitrogen source on the compost quality and greenhouse gas emissions during composting of garden waste. M.L. Chen, Y.M. Huang, H.J. Liu, S.W. Xie, F. Abbas. Process safety and environmental protection, 2019, vol. 124, pp. 326-335.
15. Kabelka D. et al. Reduction in soil organic matter loss caused by water erosion in interrows of hop gardens. D. Kabelka, D. Kincl, M. Janecek, J. Vopravil, P. Vrablik. Soil and water research, 2019, vol. 14, issue 3, pp. 172-182.
16. Kukla J. et al. The effect of traditional slash-and-burn agriculture on soil organic matter, nutrient content, and microbiota in tropical ecosystems of Papua New Guinea. J. Kukla, T. Cajthaml, H. Vesela-Simackova, Frouz J. Whitfield T., P. Baldrian, V. Novotny. Land degradation & development, 2019, vol. 30, issue: 2, pp. 166-177.
17. Kurešová G. et al. Influence of foliar micronutrients fertilization on nutritional status of apple trees. G. Kurešová, L. Menšík, J. Haberle, S. Svoboda, I. Raimanová. Plant Soil Environ,

2019, vol. 65(6), pp. 320-327.

18. Mertoglu K., Ileri, O., Altay Y. Aqueous leaf extracts effect of some apple cultivars on growth characteristics of the green manure legumes via allelopathy. *Fresenius environmental bulletin*, 2018, vol. 27, issue 6, pp. 4052-4060.

19. Paul R. et al. Phosphorus dynamics and solubilizing microorganisms in acid soils under different land uses of Lesser Himalayas of India. R. Paul, R.D. Singh, A.K. Patra, D.R. Biswas, R. Bhattacharyya, K. Arunkumar. *Agroforestry systems*, 2018, vol. 92, issue 2, pp. 449-461.

20. Song X.L. et al. Spatial distribution of soil moisture and fine roots in rain-fed apple orchards employing a rainwater collection and infiltration (RWCI) system on the loess plateau of China. X.L. Song, X.D. Gao, X.N. Zhao, P.T. Wu, M. Dyck. *Agricultural water management*, 2017, vol. 184, pp. 170-177.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Н.В. Моргачева – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой химико-биологических дисциплин и фармакологии.

Information about the authors

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of agricultural Products;

N.V. Morgacheva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemical and Biological Disciplines and Pharmacology.

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ в научно-практическом журнале «Агропромышленные технологии Центральной России»

Требования к направленным на публикацию рукописям

Представленные для публикации материалы должны соответствовать научному направлению журнала, быть актуальными, содержать новизну, научную и практическую значимость.

В статье обязательно должна быть представлена следующая информация (на русском и английском языках): тип статьи; индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); заглавие статьи; сведения об авторе (авторах); аннотация; ключевые слова; список источников.

Дополнительно могут быть приведены: благодарности; сведения о вкладе каждого автора.

При оформлении статьи следует придерживаться следующей структуры: **введение, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, выводы.**

Тип статьи – научная. Указывают отдельной строкой слева.

Индекс УДК помещают на отдельной строке слева.

Заглавие статьи приводят перед статьей, по центру, **прописными** буквами.

Сведения об авторе (авторах) содержат: имя, отчество, фамилию автора (полностью); наименование организации (учреждения), где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, АО и т.п.); адрес организации (учреждения), где работает или учится автор (город и страна); электронный адрес автора приводят без слова «e-mail», после электронного адреса точку не ставят.

Сведения о месте работы (учебы), электронные адреса, авторов указывают после имен авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений.

Автор, ответственный за переписку, и его электронный адрес обозначается условным изображением конверта.

Аннотация: рекомендуемый объем – 150-200 слов. Аннотацию не следует начинать с повторения названия статьи. Аннотация должна содержать следующую информацию: цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

Ключевые слова должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную область. Количество ключевых слов **не должно быть меньше 3 и более 7**.

После ключевых слов по желанию приводят слова **благодарности** организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведениях о грантах и т.п. Эти сведения приводят с предшествующим словом «**Благодарности**».

Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «**Список источников**», который оформляют по ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок нумеруют и располагают в **алфавитном** порядке. Отсылку на источник в тексте статьи приводят в **квадратных скобках** после цитаты.

Количество публикаций одного автора в одном выпуске не более 2 статей, выполненных индивидуально, или не более 3-х статей, выполненных в соавторстве.

Особое внимание авторов обращаем на качество перевода заглавия, ключевых слов, аннотации, списка источников и сведений об авторах. Перевод должен быть обязательно сделан профессиональным переводчиком или носителем языка, имеющим необходимую компетенцию. Перевод с помощью автоматизированного переводчика не допускается. При низком качестве перевода статья может быть отклонена от печати.

ВНИМАНИЕ: Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 70 %, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

Технические требования к оформлению рукописи

Файл в формате *.doc и *.pdf. Формат листа – А4 (210 x 297 мм), все поля по 20 мм. Шрифт: размер (кегель) – 12, тип – Times New Roman. Межстрочный интервал – одинарный. Абзацный отступ – 1,0 мм.

Редактор формул – MathTypeEquation (версии 5-7). Шрифт в стиле основного текста – Times New Roman; переменные – курсив, греческие – прямо, матрица-вектор – полужирный; русские – прямо. Размеры в математическом редакторе (в порядке очередности): обычный – 12 pt, крупный – индекс – 8 pt, мелкий индекс – 7 pt, крупный символ – 14 pt, мелкий символ – 10 pt.

Рисунки, выполненные в графическом редакторе, подавать исключительно в форматах *.jpeg, *.doc (сгруппированные, толщина линии не менее 0,75 pt). Ширина рисунка – не более 11,5 см. Они размещаются в рамках рабочего поля. Рисунки должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Используемое в тексте сканированное изображение должно иметь разрешение не менее 300 точек на дюйм. Сканированные формулы, графики и таблицы не допускаются. Форматирование номера рисунка и его названия:

шрифт – обычный, размер – 12 пт, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия рисунка точка не ставится.

Таблицы в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word (не отсканированные и не в виде рисунка). Таблицы должны располагаться в пределах рабочего поля. Форматирование номера таблицы и ее названия: шрифт – обычный, размер – 12 пт, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия таблицы точка не ставится. Содержимое таблицы – шрифт обычный, размер – 11 пт, интервал – одинарный.

Все страницы рукописи с вложенными таблицами и рисунками должны быть пронумерованы (в счет страниц рукописи входят таблицы, рисунки, подписи к рисункам, список источников, сведения об авторах).

Минимальное количество страниц в статье – 6.

Максимальное количество страниц – 20.

Редакция оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие требованиям (в том числе к объему текста, оформлению таблиц и иллюстраций).

Авторские права

Авторы имеют возможность лично просмотреть электронный макет статьи перед выпуском журнала и внести последние правки. Отсутствие ответа со стороны авторов снимает ответственность редакции за недочеты в статье. Редакция оставляет за собой право производить необходимую правку и сокращения по согласованию с автором. Рукописи не возвращаются. Авторы не могут претендовать на выплату гонорара. Авторы имеют право использовать материалы журнала в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Агропромышленные технологии Центральной России».

Рубрики

Объем и рубрики каждого номера журнала «Агропромышленные технологии Центральной России» варьируются в зависимости от содержания поступившего материала, тематики, задач. Основные рубрики журнала и соответствие их номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

- Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов (4.3.3. Пищевые системы (технические науки))
- Общее земледелие и растениеводство (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))
- Агроинженерные системы и технологии (4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки))
- Агроэкология и рациональное природопользование (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))

Комплектность материалов, направленных для публикации в журнал

- рукопись статьи (*.doc и *.pdf);
- рецензия доктора наук по научному направлению статьи, подписанная и обязательно заверенная печатью организации;
- справка из отдела аспирантуры для подтверждения статуса аспиранта (для бесплатной публикации);
- копия договора подготовки в докторантуре ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» для подтверждения статуса докторанта (для бесплатной публикации).

Оплата редакционно-издательских услуг

Реквизиты для оплаты

ИНН: 4821004595

КПП: 482101001

БИК: 014206212

БАНК ПОЛУЧАТЕЛЯ ПЛАТЕЖА: Отделение Липецк/УФК по Липецкой области, г. Липецк

ПОЛУЧАТЕЛЬ ПЛАТЕЖА: УФК по Липецкой области (ЕГУ им. И.А. Бунина, л/с 20466X13800)

ЕДИНЫЙ КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 40102810945370000039

КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 03214643000000014600

ОКОНХ 92110

ОКПО 02079537

ОКТМО 42715000

КБК 000000000000000000130 (доходы от оказания платных услуг (работ))

Оплата редакционно-издательских услуг **500 руб. за 1 стр.**

Назначение платежа: за выполнение редакционно-издательских услуг, «Агропромышленные технологии Центральной России, ФИО плательщика».

После оплаты Заказчику необходимо направить на электронный адрес agropromelets@mail.ru сканированную квитанцию об оплате, а также почтовый адрес для отправки журнала.

Автор статьи имеет право на получение одного журнала бесплатно вне зависимости от количества соавторов. Информация о приобретении дополнительного экземпляра сообщается заранее, экземпляр оплачивается по каталожной цене журнала.

Право на бесплатную публикацию в журнале имеют:

все аспиранты, докторанты ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», **члены редакционной коллегии журнала** «Агропромышленные технологии Центральной России», **ведущие ученые**, статьи которых имеют высокую научно-практическую значимость (по согласованию с заместителями главного редактора и после утверждения главным редактором).

Ведущими учеными признаются лица, имеющие следующие документально подтвержденные результаты научной деятельности за 5 лет, предшествующие публикации: 1) количество статей в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus – не менее 5; 2) количество статей в Перечне рецензируемых научных изданий РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук на основании данных РИНЦ («Перечень ВАК») – не менее 8; 3) количество рецензируемых монографий в области знаний, соответствующих научной специальности ученого, – не менее 1; 4) индекс Хирша – не менее 10.

В одном номере журнала принято ограничение на количество бесплатных публикаций:

- количество публикаций аспирантов и докторантов не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций членов редакционной коллегии не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций ведущих ученых не должно превышать 3 статей.

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Порядок рецензирования рукописей научных статей, поступивших в редакцию журнала «Агропромышленные технологии Центральной России».

1. Рукописи научных статей, поступившие в редакцию, проходят обязательное рецензирование с целью их экспертной оценки.

2. Председатель редакционного совета определяет соответствие рукописи статьи профилю журнала и требованиям к оформлению.

3. После рассмотрения рукописи статьи на заседании редакционной коллегии рукопись направляется на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемых статей. Если статья не соответствует профилю журнала, то автору сообщается о невозможности ее публикации.

4. Тип рецензирования — двустороннее слепое (анонимное). Присланные рецензентам рукописи являются частной собственностью авторов и содержат сведения, не подлежащие разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей, а также передавать статьи на рецензирование другому лицу.

5. Срок рецензирования составляет не более четырех недель.

6. Рецензент оценивает:

соответствие содержания статьи ее названию; структуру статьи (предмет исследования, постановка задачи, ход проведения исследований, результаты и выводы); наличие в статье научной или технической новизны; достоинства и недостатки статьи.

7. Рецензент дает заключение о целесообразности публикации статьи:

принять статью; принять статью с незначительной доработкой – автору направляется текст рецензии с предложением внести необходимые изменения и дополнения в статью или аргументировано опровергнуть замечания рецензента, затем рукопись статьи рассматривается на заседании редакционной коллегии на предмет выполнения требований рецензента; рассмотреть статью повторно после серьезной переработки – автору направляется текст рецензии с предложением переработки статьи, затем переработанная автором статья направляется на повторное рецензирование; отклонить статью – мотивированный отказ направляется автору, к повторному рассмотрению статья не принимается.

8. Текст рецензии предоставляется автору по его запросу, а также в Высшую аттестационную комиссию РФ по соответствующему запросу без подписи и указания фамилии, должности и места работы рецензента.

9. Рукописи статей, принятых к публикации, автору не возвращаются.

10. Рукописи статей, не принятых к публикации, вместе с текстом мотивированного отказа, возвращаются автору.

11. Рецензии, а также все сопроводительные документы (авторское заявление, экспертное заключение) хранятся в Издательстве и в редакции журнала в течение 5 лет.

Процедура рецензирования и утверждения статей занимает от одного до двух месяцев, далее статьи публикуются в порядке очередности. Редакция может принимать решение о внеочередной публикации статьи.

Подготовка статьи к публикации, проводимая редакцией журнала, состоит в литературном и техническом редактировании. Редакторские правки согласуются с авторами.

Научное издание

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 4 (№ 38)

*Корректор – С.Е. Гридчина
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

Знак информационной продукции 12+

Подписано в печать: 22.12.2025
Дата выхода в свет: 23.12.2025
Бумага формат А-4 (109 п.л.)
Гарнитура Times
Печать трафаретная
Тираж 1000 экз. Заказ № 124
Свободная цена

Адрес редакции:
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Допризывников, 1

Адрес издателя:
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1
E-mail: agropromelets@mail.ru
Сайт журнала: [www. http://elsu.ru/agrotech](http://elsu.ru/agrotech)
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Регистрационный номер средства массовой информации
ПИ № ФС77-67628 от 10 ноября 2016 г.

Подписной индекс журнала **№ 64988** в объединенном каталоге
«Пресса России»

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1