

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
№ 3 (75) 2024 ГОД

ВЕСТНИК

Казанского государственного аграрного университета



DOI 10.12737/issn.2073-0462 ISSN 2073-0462

ISSN 2073-0462
DOI 10.12737/2073-0462-2024-19-3

ВЕСТНИК
КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

VESTNIK
OF KAZAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY

QUARTERLY SCIENTIFIC JOURNAL

№ 3 (75)

Казань, 2024

Научный журнал
Вестник Казанского ГАУ, 2024, № 3 (75), ноябрь
Учрежден Казанским государственным аграрным университетом (Казанским институтом сельского хозяйства и лесоводства) в 1925 г.

Адрес издателя и редакции:
420015, г. Казань
ул. К. Маркса, 65
тел. (843) 598 - 40 - 52

www.vestnik-kazgau.ru
e-mail: vestnik@kazgau.com

Подписной индекс в каталоге «Объединенный каталог. Пресса России. Газеты и журналы» на II полугодие 2024 года: **40977**

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Росскомнадзор) - свидетельство о регистрации: ПИ № ФС-77-48189 от 19 января 2012 г.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

По решению ВАК России «Вестник Казанского государственного аграрного университета» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по направлениям:

4.1.2 «Селекция, семеноводство и биотехнология»
4.1.3 «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений»
4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»
5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика»
5.2.6 «Менеджмент»

Журнал «Вестник Казанского государственного аграрного университета» включен в базу Russian Science Citation Index (RSCI)

Публикуется
4 раза в год

За достоверность информации в опубликованных материалах ответственность несут авторы публикаций

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Председатель редакционной коллегии, главный научный редактор
Файзрахманов Д.И. – доктор экономических наук, профессор, академик АН РТ
Заместители главного редактора:
Валиев А.Р. – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. АН РТ
Зиганшин Б.Г. – доктор технических наук, профессор, профессор РАН
Члены редакционной коллегии:
Мазитов Н.К. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. РАН
Сафин Р.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. АН РТ
Кадырова Ф.З. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. АН РТ
Сержанов И.М. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Амиров М.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Сафиоллин Ф.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Низамов Р.М. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Исайчев В.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Васин А.В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Замалиева Ф.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Пономарева М.Л. – доктор биологических наук, профессор
Лобачевский Я. П. – доктор технических наук, академик РАН
Иванов Ю. А. – доктор технических наук, профессор, академик РАН
Цой Ю.А. – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РАН
Хафизов К.А. – доктор технических наук, профессор
Адигамов Н.Р. – доктор технических наук, профессор
Курдюмов В.И. – доктор технических наук, профессор
Калимуллин М.Н. – доктор технических наук, доцент
Клычова Г.С. – доктор экономических наук, профессор
Мухаметгалиев Ф.Н. – доктор экономических наук, профессор
Газетдинов М.Х. – доктор экономических наук, профессор
Закирова А.Р. – доктор экономических наук, доцент
Члены международной редакционной коллегии:
Бухарбаева А.Ж. – доктор, Кызылординский университет имени Коркыт Ата
Панков Д.А. – доктор экономических наук, профессор, Белорусский государственный экономический университет
Сембиева Л. М. – доктор экономических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева
EDITORIAL BORD:
Editor-in-Chief
Fayzrakhmanov D.I. – Doctor of Economics, professor, corresponding member of the Academy of Sciences of Tatarstan
Deputy Editors:
Valiev A.R. – Doctor of Engineering, professor, corresponding member of the Academy of Sciences of Tatarstan
Ziganshin B.G. – Doctor of Engineering, professor, professor of the Russian Academy of Sciences
Members of the Editorial Board:
Mazitov N.K. – Doctor of Agriculture, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences
Safin R.I. – Doctor of Agriculture, professor, corresponding member of the Academy of Sciences of Tatarstan
Kadyrova F.Z. – Doctor of Agriculture, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences
Serzhanov I.M.– Doctor of Agricultural Sciences, associate professor
Amirov M.F. – Doctor of Agriculture, professor
Safiollin F.N. – Doctor of Agriculture, professor
Nizamov R.M. – Doctor of Agriculture, professor
Isaychev V.A. – Doctor of Agriculture, professor
Vasin A.V. – Doctor of Agriculture, professor
Zamalieva F.F. – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor
Ponomareva M.L. –Doctor of Biological Sciences, professor
Lobachevskiy Ya. P. – Doctor of Agriculture, member of the Russian Agricultural Academy of Sciences
Ivanov Yu. A. – Doctor of Agriculture, professor, member of the Russian Agricultural Academy of Sciences
Tsoj Ju.A. – Doctor of Engineering, professor, corresponding member of the Russian Agricultural Academy of Sciences
Khafizov K.A. – Doctor of Engineering, professor
Adigamov N.R. – Doctor of Engineering, professor
Kurdyumov V.I. – Doctor of Engineering, professor
Kalimullin M.N. – Doctor of Technical Sciences, associate professor
Klychova G.S. – Doctor of Economics, professor
Mukhametgaliev F.N. – Doctor of Economics, professor
Gazetdinov M.Kh. – Doctor of Economics, professor
Zakirova A.R.– Doctor of Economics, associate professor
Members of the International Editorial Board:
Bukharbaeva A.Zh.— Doctor, Kyzylorda University named after Korkyt Ata
Pankov D.A.— Doctor of Economics, professor, Belarusian State Economic University
Sembieva L.M.— Doctor of Economics, professor, Eurasian National University. L.N. Gumilyov

©Вестник Казанского ГАУ, 2024
©Научно-издательский центр ИНФРА-М, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ стр.

Барковская Т. А. , Гладышева О. В. Уровень адаптивности исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области…….....5
Дёмин Е. А., Наков Д. Д., Волкова Н. А. Содержание органического углерода в структурных отдельностях чернозема выщелоченного при использовании возрастающих доз минеральных удобрений в условиях лесостепной зоны Зауралья……...…….11
Михайлова М. Ю., Миникаев Р. В., Колесар В. А., Сабирова Р. М., Сочнева С. В. Эндофитные штаммы бактерий в технологии возделывания кукурузы на зерно……...……17
Овсянникова Е. И., Берим М. Н. Оценка видового разнообразия тлей (Hemiptera, Aphididae) в агроценозе опытного поля визр Пушкинского района Санкт-Петербурга в 2021–2023 гг. ……..27
Сафиоллин Ф. Н., Яхин И. Ф., Хисматуллин М. М., Лукманов А. А., Каримов А. З. Эффективность биопрепарата Биостим на посевах орошаемой кукурузы Росс 140 СВ……..……...33
Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. Оптимизация состава питательной среды и условий культивирования для микроразмножения *in vitro Thymus serpyllum* L. и *Thymus caucasicus Willd*…...…40
Тулинов А. Г. Генетический скрининг перспективных гибридов картофеля Республики Коми....48

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белов Е. Л., Долгов Н. Р., Хафизов К. А., Галиев И. Г., Ахметзянов Р. Р. Исследование влияния электрозонирования на срок хранения спелой клубники……...52
Васильев А. О., Егоров К. В., Андреев Р. В., Пушкаренко Н. Н., Калимуллин М. Н. Анализ производительности хмелесушилки с частичной рекуперацией тепловой энергии……...59
Ибятов Р. И., Зиганшин Б. Г., Галеев Д. М. К расчету жидкостных тарельчатых сепараторов с параболическими вставками……..67
Смелик В. А., Валиев А. Р., Добринов А. В., Перекопский А. Н. К методике формирования цифрового двойника технологического процесса сушки органических семян тимофеевки..……75
Старунов А. В., Гриценко А. В., Лукин А. А., Ганенко С. В., Старунова И. Н. Систематизация современного мясорезательного оборудования и оценка неисправностей промышленных волчков……84

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гайнутдинов И. Г., Мухаметгалиев Ф. Н., Хисматуллин М. М., Авхадиев Ф. Н., Александрова Н. Р. Роль и значение сельского хозяйства в обеспечении экономической и социальной стабильности общества (на примере Республики Татарстан)……...93
Захарова Г. П., Сафиуллин И. Н., Рахматуллина Л. И., Огородникова Е. П. Материально-техническое обеспечение сельского хозяйства: состояние, проблемы, направления совершенствования……...……105
Кальченко С. В. Направления обеспечения эффективной деятельности семейных форм аграрного производства……..…….112
Кумратова А. М., Плотников В. А., Смешко О. Г. Подходы к осуществлению риск-менеджмента в условиях неопределенной и турбулентной внешней среды (на примере зернового производства).…120
Лосева А. В., Клычова Г. С., Фахретдинова Э. Н. Ретроспективный анализ производства сахара в постсоветских странах……..……128
Моргачев И. В., Даева Т. В., Мелихов В. А., Лебедь А. В., Гавринева Н. С. Положения использования метода оценки финансового рычага для агрохолдингов Российской Федерации ……..…137
Осадчая С. М. Социально-этический маркетинг в практике управления предприятием агропромышленного комплекса: опыт реализации, эффективность ……..……146
Сафиуллин М. Р., Бурганов Р. Т., Мингулов А. М. Оценка шокоустойчивости сельскохозяйственного сектора экономики региона в условиях локализации импорта……..……..…154

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Pages

Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V. Level of adaptability of starting material for breeding spring soft wheat in Ryazan region……...5
Demin E. A., Nakov D. D., Volkova N. A. Organic carbon content in structural units of leached chernozem with increasing doses of mineral fertilizers in the forest-steppe zone of the Urals…….....11
Mikhaylova M. Yu., Minikaev R. V., Kolesar V. A., Sabirova R. M., Sochneva S. V. Endophytic strains of bacteria in the technology of corn cultivation for grain……..……..……...17
Ovsyannikova E. I., Berim M. N. Evaluation of the species diversity of aphids (Hemiptera, Aphididae) in the agrocenosis of vizr experimental field in Pushkin district of Saint-Petersburg in 2021-2023..……..27
Safiollin F. N., Yakhin I. F., Khismatullin M. M., Lukmanov A. A., Karimov A. Z. Efficiency of Biostim biopreparation on Ross 140 SV corn crops……..……...……...……...33
Tevfik A. Sh., Egorova N. A. Optimization of nutrient medium composition and cultivation conditions for *in vitro* micropropagation of *Thymes serpyllum* L. and *Thymes caucasicus Willd*……...40
Tulinov A. G. Genetic screening of promising potato hybrids of Komi Republic……..……..…48

TECHNICAL SCIENCES

Belov E. L., Dolgov N. R., Khafizov K. A., Galiev I. G., Akhmetzyanov R. R. Investigation of the effect of electrozoning on the shelf life of ripe strawberries……...52
Vasilev A. O., Egorov K. V., Andreev R. V., Pushkarenko N. N., Kalimullin M. N. Analysis of hop dryer performance with partial thermal energy recovery…….……..59
Ibyatov R. I., Ziganshin B. G., Galeev D. M. To the calculation of liquid disc separators with parabolic inserts…….…..67
Smelik V. A., Valiev A. R., Dobrinov A. V., Perekopskiy A. N. To the method of forming a digital twin of the technological process of drying organic timothy seeds……..75
Starunov A. V., Gritsenko A. V., Lukin A. A., Ganenko S. V., Starunova I. N. Systematization of modern meat cutting equipment and assessment of malfunctions of industrial grinders……..…84

ECONOMIC SCIENCES

Gaynutdinov I. G., Mukhametgaliev F. N., Khismatullin M. M., Avkhadiev F. N., Aleksandrova N. R. The role and importance of agriculture in ensuring the economic and social stability of society (on the example of the Republic of Tatarstan)…….……...93
Zakharova G. P., Safiullin I. N., Rakhmatullina L. I., Ogorodnikova E. P. Material and technical support of agriculture: state, problems, improvement directions……...105
Kalchenko S. V. Directions of ensuring efficient activities of family forms of agricultural production……...112
Kumratova A. M., Plotnikov V. A., Smeshko O. G. Approaches to implementing risk management in an uncertain and turbulent environment (on the example of grain production)…...…….……..120
Loseva A. V., Klychova G. S., Fakhretdinova E. N. Retrospective analysis of sugar production in post-soviet countries……...……128
Morhachov I. V., Daeva T. V., Melikhov V. A., Lebed A. V., Gavrineva N. S. Provisions of using the method of assessing financial leverage for agricultural holdings of the Russian Federation……..…...…137
Osadchaya S. M. Social and ethical marketing in the practice of agricultural enterprise management: implementation experience, efficiency……...…146
Safiullin M. R., Burganov R. T., Mingulov A. M. Assessment of shock resistance of the agricultural sector of regional economy in the conditions of import localization…….154

DOI 10.12737/2073-0462-2024-5-10
УДК 633.11:526.32:631.523.85

УРОВЕНЬ АДАПТИВНОСТИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. А. Барковская, О. В. Гладышева

Реферат. Исследования проводили с целью комплексной оценки сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости по уровню раскрытия адаптивного потенциала с выделением ценных для использования в селекции. Работу выполняли в Рязанской области в 2018–2023 годы. Материалом для исследования служили среднеранние и среднеспелые зарубежные сорта Одета, Sable, Канюк, Калисперо, КВС Торридон, КВС Аквилон, Ethos, CH Rubli, Етюд, а также сорта отечественной селекции Злата, Бурлак, Агата, Геракл, Омская 36, Маргарита. Расчет параметров адаптивности, пластичности и стабильности проводили по методикам А. А. Rossielle, J. Hemblin, Л. А. Животкова с соавторами, Э. Д. Неттевича с соавторами, В. А. Зыкина, В. В. Хангильдина. Почва участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, среднего уровня плодородия. Метеоусловия в период проведения были контрастными, характерными для Центрального Нечерноземья. Урожайность сортообразцов среднеранней группы находилась в пределах 3,57…6,73 т/га, среднеспелой – 3,33…7,06 т/га. Высокой адаптивной способностью характеризовались среднеранний сорт Одета, среднеспелые КВС Аквилон, Канюк, Калисперо, КВС Торридон. В среднем за годы исследований их урожайность составляла 5,51…5,95 т/га, превышая в своих группах спелости среднесортовую продуктивность на 6,7…17,5%. Одновременно они обладали высокими показателями компенсаторной способности ($(Y_2+Y_1)/2$) – 5,62…5,95 т/га, селекционной ценности (Sc) – 3,80…4,22 и уровня стабильности сорта (ПУСС) – 103,2…156,2%. По комплексному рейтингу по совокупности всех признаков адаптивности выявил лучшими среднеранними сортами оказались Злата и Одета с суммой рангов 21, среднеспелыми – Канюк, КВС Аквилон, КВС Торридон, Калисперо с суммой рангов 14…40.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), исходный материал, урожайность, адаптивность, стабильность, рейтинг.

Введение. Агроклиматические условия Рязанской области, расположенной в Центральной полосе Европейской части России, характеризуются недостаточной влагообеспеченностью и резкими колебаниями температур в начальных фазах онтогенеза яровой мягкой пшеницы. Так, согласно анализу погодных условий региона за период 1978–2020 год, очень засушливые условия в мае–июне отмечали в течение 14 лет, с недостаточным увлажнением в мае – 9 лет, то есть в 54,8% случаев в критические фазы развития культуры наблюдали дефицит влаги и повышенные среднесуточные температуры на 2,5…10,1^{0}С (по данным метеостанции Института семеноводства и агротехнологий – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)). Ранневесенняя засуха отрицательно влияет на закладку репродуктивных органов культуры, что ведёт к резкому снижению продуктивности [1, 2].

Биоресурсные коллекции считают фундаментом, на котором основаны все производственные цепочки – от фундаментальных исследований к различным технологическим направлениям и отраслям производства [3]. Использование богатого ассортимента генофонда культуры необходимо для создания высокопродуктивных генотипов с высокими адаптивными свойствами, удовлетворяющих требованиям производства конкретного региона [4, 5, 6].

По результатам изучения коллекционного питомника в Институте семеноводства и агротехнологий за 2018–2023 год отобран исходный материал яровой мягкой пшеницы различных групп спелости с комплексом ценных признаков для оценки стабильности и пластичности с использованием интегрированных статистических величин.

Цель исследований – комплексная оценка сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости по уровню раскрытия адаптивного потенциала в Рязанской области с выделением ценных для селекции.

Условия, материалы и методы. Эксперименты выполняли в 2018–2023 году в Рязанской обл. Материалом для исследования служили среднеранние сорта – Злата (стандарт, оригинатор – Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»), Бурлак (Самарский научный центр Российской академии наук), Одета (Чехия), Sable (Канада) и среднеспелые – Агата (стандарт, ФИЦ «Немчиновка»), Канюк, Калисперо (Франция), КВС Торридон (Великобритания), КВС Аквилон, Ethos, CH Rubli (Германия), Етюд (Украина), Геракл, Омская 36 (Омский аграрный научный центр), Маргарита (Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства).

Почвенный покров на опытном участке представлен темно серой лесной тяжелосуглинистой почвой, с содержанием органического вещества 4,95% (ГОСТ 26213-91), общего азота – 0,228% (ГОСТ Р 56596-2019), $pH_{сол.}$ – 4,91 ед. (ГОСТ 26483-85), подвижного фосфора и калия – 213 мг/кг и 155 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011) соответственно.

Предшественник – черный пар. Опыт закладывали на делянках с площадью 3 м^2, с нормой высева 6,0 млн всхожих семян на 1 га.

Оценку адаптивных свойств сортов проводили по следующим методикам:

устойчивость к стрессу (Y_1-Y_2) и генетическую гибкость ((Y_2+Y_1)/2) определяли по А. А. Rossielle, J. Hemblin, в изложении А. А. Гончаренко [7];

коэффициент адаптивности (*Ка*) определяли по методике Л. А. Животкова с соавторами [8];

показатель уровня стабильности урожайности сорта (*ПУСС*) – по Э. Д. Неттевичу, с соавторами [9];

размах урожайности (*d*) – по В. А. Зыкину [10];

гомеостатичность (*Hom*), селекционную ценность (*Sc*) – по методике В. В. Хангильдина [11];

коэффициент вариации урожайности (C_V), ранжирование сортов по параметрам экологической адаптивности – по Б. А. Доспехову [12], при этом наилучшему значению соответствовала единица. Данные в таблицах представлены в виде среднего и стандартной ошибке средней:

$$(\bar{x} \pm S\bar{x})$$

Агроклиматические условия значительно отличались по характеру среднесуточных температур и количеству атмосферных осадков, как по годам исследований, так и межфазным периодам развития яровой пшеницы.

В 2018 году на ранних этапах развития культуры (от фазы кущения до начала колошения) отмечали значительный дефицит влаги (ГТК – 0,17), длительная засуха вызвала уменьшение продолжительности межфазного периода колошение–созревание, что привело к снижению урожая (табл. 1). В 2019 году в экстремальных условиях проходил период развития растений от момента выхода в трубку до начала колошения, ГТК составлял 0,00…0,14, а среднемесячная температура воздуха в это время была на 5,5…8,5 ^{0}С выше среднемноголетних значений. В дальнейшем растения развивались в условиях достаточной влагообеспеченности. Из анализируемых лет, 2020 год был самый благоприятный д ля развития культуры, отличался самой высокой влагообеспеченностью – в мае и июне выпало 57,1 мм и 112,9 мм осадков соответственно, что больше многолетнего количества в 1,7 раз.

Таблица 1 – Агроклиматические условия за период вегетации яровой мягкой пшеницы в годы исследований

Год	Апрель		Май		Июнь		Июль		Август	
	t^0*	$\sum_{oc}$	t^0	$\sum_{oc}$	t^0	$\sum_{oc}$	t^0	$\sum_{oc}$	t^0	$\sum_{oc}$
2018	9,6	40,3	19,2	27,8	20,3	10,6	23,1	76,6	23,6	19,4
2019	10,4	28,7	19,1	48,0	22,7	38,2	19,5	38,2	19,1	36,4
2020	6,9	24,2	14,0	57,1	20,9	112,9	22,5	55,5	19,9	66,0
2021	8,8	62,0	17,1	42,5	23,2	72,3	25,9	41,1	23,7	24,8
2022	7,8	58,0	13,4	49,6	21,5	40,7	24,0	16,0	25,5	12,8
2023	12,4	35,8	15,9	8,9	19,8	35,5	21,2	82,4	22,8	22,6
Среднее	9,3	41,5	16,5	39,0	21,4	51,7	22,7	51,6	22,4	30,3
Среднемноголетнее (1978–2020 годы)	7,3	29,2	15,1	33,0	18,9	64,5	21,2	71,5	19,3	50,2

** – t^0 – среднемесячная температура воздуха, ^{0}С, $\sum_{oc}$ – сумма осадков, мм.*

Условия 2021 года характеризовались резкими колебаниями температурного режима и неравномерным выпадением осадков по фазам вегетации. Перед посевом осадков выпало больше среднемноголетней нормы в 2,1 раза. В период от всходов до начала кущения была аномально жаркая погода (среднесуточная температура в эти дни составляла более 27^{0}С). В достаточно комфортных условиях проходил период от фазы выхода в трубку до начала колошения, а в последующем отмечали экстремально жаркие условия, которые способствовали быстрому созреванию зерна.

Умеренно прохладную погоду в 2022 году отмечали в период май–июнь, что благоприятно повлияло на закладку репродуктивных органов и развитие растений. Среднесуточная температура воздуха в это время составляла 13,4…21,5^{0}С, однако налив зерна проходил в более жестких условиях, с максимальной температурой до 34,0^{0}С.

В 2023 году в критические фазы онтогенеза культуры наблюдали очень засушливые условия – ГТК – 0,4, выпавшие в конце июня дожди (31,5 мм) благоприятно повлияли на формирование зерновки, в дальнейшем условия были оптимальны с ГТК – 0,8…2,0.

Результаты и обсуждение. Урожайность в группе среднеранних сортов, вегетационный период которых составлял от 64 до 76 дней, по годам варьировала в пределах 3,57…6,73 т/га, в группе среднеспелых с вегетационным периодом от 71 до 95 дней–3,33 …7,06 т/га (табл. 2). Согласно величине индекса условий среды наиболее неблагоприятные условия для развития среднеранних сортов складывались в 2019 году (I_j= -0,70), для среднеспелых – в 2018 году (I_j=-0,78), благоприятные – в 2020 году (I_j=0,87 и I_j =0,63) для обеих групп сортов.

Складывающиеся средовые ситуации как дифференцировали сортовые различия

в урожайности по группам спелости, так и нивелировали их. Так, только в 2018 году среднесортовая урожайность в группе раннеспелых сортов была выше, чем у среднеспелых сортов, на 0,24 т/га. В остальные годы сорта из среднеспелой группы спелости формировали более высокую урожайность, по сравнению с раннеспелой группой на 0,11…0,81 т/га, а наибольшие различия отмечали в 2022 и 2023 году – 0,68 и 0,81 т/га соответственно. В благоприятном 2020 году отличия между группами спелости были наименьшими и достигали 0,11 т/га.

Таблица 2 – Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы, т/га

Сорт (фактор В)	Год (фактор А)						Среднее
	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	
Среднеранние							
Злата, ст.	4,53	3,57	4,50	4,00	4,26	4,19	4,18±0,15
Бурлак	5,00	4,13	5,93	4,67	4,47	4,79	4,80±0,25
Одета	5,00	4,50	6,73	5,33	6,17	6,35	5,68±0,35
Sable	3,96	4,23	5,57	4,26	5,33	4,19	4,59±0,28
Среднее	4,62±0,24	4,11±0,19	5,68±0,46	4,57±0,29	5,06±0,43	4,88±0,51	4,81±0,22
Индекс условий среды (I_j)	-0,19	-0,70	0,87	-0,25	0,25	0,07	
$НСР_{05}$	фактор А (среда)						0,11
	фактор В (генотип)						0,09
	взаимодействие А×В						0,22
Среднеспелые							
Агата, ст.	4,33	4,00	5,20	5,40	6,00	5,44	5,06±0,31
Канюк	5,66	6,67	6,76	5,33	6,46	4,79	5,95±0,33
Калиспе-ро	5,50	4,63	6,36	5,33	7,00	6,05	5,81±0,34
КВС Торридон	4,83	5,30	6,90	4,80	6,10	5,12	5,51±0,34
КВС Аквилон	4,83	5,33	7,06	5,67	6,43	6,05	5,90±0,33
Ethos	4,50	4,43	6,66	3,70	6,50	6,19	5,33±0,32
СН Rubli	3,80	4,75	5,66	4,50	4,67	5,89	4,88±0,52
Етюд	3,20	4,17	5,26	4,52	5,11	5,12	4,56±0,32
Геракл	3,63	4,11	4,56	5,17	4,78	6,20	4,74±0,36
Маргари-та	3,56	3,33	5,23	4,22	5,83	6,05	4,54±0,48
Омская 36	4,33	3,73	4,06	4,67	4,25	5,74	4,46±0,28
Средняя	4,38±0,24	4,59±0,29	5,79±0,31	4,85±0,19	5,74±0,27	5,69±0,15	5,16±0,26
Индекс условий среды (I_j)	-0,78	-0,57	0,63	0,31	0,58	0,54	
$НСР_{05}$	фактор А (среда)						0,07
	фактор В (генотип)						0,10
	взаимодействие А×В						0,07

В группе среднеранних сортов все исследуемые сорта имели преимущество перед стандартным сортом, однако наибольшую урожайность за годы исследований формировал сорт Одета, с превышением над стандартным сортом в среднем на 1,5 т/га, в неблагоприятный год для развития растений этой группы спелости (2018 год) превышение составляло 0,93 т/га, в благоприятный (2020 год) – 2,23 т/га.

В среднем за годы исследований в группе среднеспелых сортов по урожайности выделились сорта Канюк, КВС Аквилон, Калисперо, превысившие стандарт Агата на 0,89, 0,84, 0,75 т/га соответственно. Указанные сорта превышали стандарт в неблагоприятный 2018 год на 1,33, 0,5, 1,17 т/га, в благоприятный 2020 году – на 1,56, 1,86, 1,16 т/га соответственно.

Наибольшая величина компенсаторной способности $(Y_{max}+Y_{min})/2$ отмечено в группе среднеспелых у сортов Канюк, Калисперо, КВС Торридон, КВС Аквилон – 5,78…5,95 т/га (табл. 3). Сорт Одета, в группе среднеранних, формировал наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях 5,62 т/га.

Лучшими по уровню стрессоустойчивости $(Y_{min}-Y_{max})$ были сорта Злата (раннеспелый, -0,93) и Геракл (среднеспелый, -1,54). Слабую стрессоустойчивость проявили среднеспелые сорта Ethos (-2,96) и Маргарита (-2,49).

Таблица 3 – Компенсаторная способность, стрессоустойчивость, вариабельность урожайности и ее размах у сортов яровой мягкой пшеницы

Сорт	$У_{min}$*	$У_{max}$, т/га	$(Y_{max}+Y_{min})/2$	$(Y_{min}-Y_{max})$	Cv	d
Среднеранние						
Злата, ст.	3,57	4,50	4,04	-0,93	8,5	20,7
Бурлак	4,13	5,93	5,03	-1,80	12,7	30,4
Одета	4,50	6,73	5,62	-2,23	15,3	33,1
Sable	3,96	5,57	4,77	-1,61	14,8	28,9
Среднее $\bar{x}$	4,04	5,68	4,86	-1,64	12,8	28,3
Среднеспелые						
Агата, ст.	4,00	6,00	5,00	-2,00	14,8	33,3
Канюк	4,79	6,76	5,78	-1,97	13,6	29,1
Калисперо	4,63	7,00	5,82	-2,37	14,4	33,9
КВС Торридон	4,80	6,90	5,85	-2,10	15,1	30,4
КВС Аквилон	4,83	7,06	5,95	-2,23	13,5	31,6
Ethos	3,70	6,66	5,18	-2,96	23,8	44,4
CH Rubli	3,80	5,89	4,85	-2,09	15,9	35,5
Етюд	3,20	5,26	4,23	-2,06	17,3	39,2
Геракл	3,63	5,17	4,40	-1,54	18,8	29,8
Маргарита	3,56	6,05	4,81	-2,49	25,1	41,2
Омская 36	3,73	5,74	4,74	-2,01	15,6	35,0
Среднее $\bar{x}$	4,06	6,23	5,14	-2,17	17,1	34,9

* – Y_{min} – урожайность минимальная, Y_{max} – урожайность максимальная, $(Y_{min}-Y_{max})$ – стрессоустойчивость, $(Y_{max}+Y_{min})/2$ – компенсаторная способность, Cv – коэффициент вариабельности, d – размах урожайности

О потенциале онтогенетической адаптации позволяет судить коэффициент варьирования признака «урожайность» [13], который в группе среднеранних находился в пределах 8,5…15,3%, среднеспелых – 13,5…25,1%. При этом у сорта Злата отмечена слабая вариация по годам – 8,5%, у среднеспелых сортов Ethos и Маргарита значительная – 23,8 и 25,1%.

Наименьший размах урожайности (d) характеризует стабильность признака в различных климатических условиях. Минимальный показатель отмечен из группы раннеспелых у сорта Злата 20,7, из группы среднеспелых у сортов Канюк и Геракл – 29,1 и 29,8%, соответственно.

По результатам расчетов с использованием метода Л. А. Животкова повышенным показателем адаптивности обладали 2 сорта из группы среднеранних и 5 сортов из группы среднеспелых, со среднем коэффициентом адаптивности более 100%. Самый высокий показатель в группе среднеранних у сорта Одета – 117,5%, в группе среднеспелых у сортов Калисперо, КВС Аквилон, Канюк – 112,4…116,3% (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели адаптивности и селекционной ценности сортов яровой мягкой пшеницы

Сорт	Происхождение	Ка, %	Sc	ПУСС	Hom
Среднеранние					
Злата, ст.	Россия	87,0	3,32	100	12,60
Бурлак	Россия	100,3	3,34	88,5	4,34
Одета	Чехия	117,5	3,80	103,2	2,93
Sable	Канада	95,2	3,26	69,7	4,20
Среднеспелые					
Агата, ст.	Россия	97,9	3,32	100	3,32
Канюк	Франция	116,3	4,22	156,2	3,75
Калисперо	Франция	112,4	3,84	140,4	2,93
КВС Торридон	Великобритания	106,7	3,83	120,1	3,16
КВС Аквилон	Германия	113,9	4,04	154,1	3,32
Ethos	Германия	102,2	2,96	71,5	1,42
CH Rubli	Германия	94,3	3,15	89,7	3,01
Етюд	Украина	87,8	2,77	72,0	2,81
Геракл	Россия	91,7	3,33	71,4	3,45
Маргарита	Россия	89,8	2,77	52,7	1,60
Омская 36	Россия	83,5	2,90	76,1	3,18

* Sc – селекционная ценность, Ка – коэффициент адаптивности, ПУСС – показатель уровня стабильности сорта, Hom – гомеостатичность

Показатель селекционная ценность (Sc) у сортов в группе среднеспелых варьировал от 2,77 до 4,22, при этом максимальными значениями обладали и были наиболее ценными сорта КВС Торридон, Калисперо, КВС Аквилон, Канюк. По этому параметру в группе среднеранних выделен сорт Одета – 3,80.

На основании показателей селекционной ценности (*Sc*), уровня стабильности сорта (*ПУСС*) и гомеост ат ичност и (*Нот*) установили, что наибольшей способностью к реализации продуктивности в совокупности всех сред обладают сорта из группы среднеспелых Канюк, Калисперо, КВС Торридон, КВС Аквилон (*Sc* – 3,83…4,22;*ПУСС* – 120,1…156,2%; *Нот* – 2,93…3,75).

Комплексный рейтинг адаптивности позволил выделить следующие сорта, превысившие стандарты в своей группе спелости по сумме рангов, рассчитанных по показателям экологической адаптивности: в группе среднеранних – Злата, Одета, у которых сумма рангов составляла 21, среднеспелых – КВС Аквилон, Канюк, Калисперо, КВС Торридон, Агата с суммой рангов от 14 до 40 (табл. 5).

Таблица 5 – Ранжирование сортов яровой мягкой пшеницы по адаптивным свойствам

Сорт	Ранг									Рейтинг / сумма рангов
	x	*Cv, %*	Y_1-Y_2	(Y_2+Y_1) /2	*Ка*	*d*	*Sc*	*ПУСС, %*	*Нот*	
Среднеранние										
Злата, ст.	4	1	1	4	4	1	3	2	1	1/21
Бурлак	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2/23
Одета	1	4	4	1	1	4	1	1	4	1/21
Sable	3	3	2	3	3	2	4	4	3	3/27
Среднеспелые										
Агата, ст.	6	4	3	6	6	5	6	5	3	5/44
Канюк	1	2	2	4	1	1	1	1	1	1/14
Calispero	3	3	9	3	3	6	3	3	7	4/40
КВС Торридон	4	5	7	2	4	3	4	4	5	3/38
КВС Аквилон	2	1	8	1	2	4	2	2	3	2/29
Ethos	5	10	11	5	5	11	8	9	10	9/74
CH Rubli	7	7	6	7	7	8	7	6	6	7/61
Етюд	9	8	5	11	10	9	10	8	8	10/78
Геракл	8	9	1	10	8	2	5	10	2	6/55
Маргарита	10	11	10	8	9	10	10	11	9	11/88
Омская 36	11	6	4	9	11	7	9	7	4	8/68

Выводы. В условиях Рязанской области высокой адаптивной способностью характеризовались среднеранние сорта яровой мягкой пшеницы Злата, Одета, среднеспелые – Канюк, КВС Аквилон, КВС Торридон, Калисперо, средняя урожайность которых составляет 5,51…5,95 т/га, что выше среднесортовой на 6,7…17,5%.

Кроме того, они обладают высокими показателями компенсаторной способности ($(Y_2+Y_1)/2$, 5,62…5,95 т/га), селекционной ценности (*Sc*, 3,80…4,22) и уровня стабильности сорта (*ПУСС*, 103,2…156,2%).

Выделившиеся коллекционные сортообразцы представляют интерес для практической селекции.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию № FGUN-2022-0013 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

1. Дёмина И. Ф. Влияние погодных условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 4. С. 433–440. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440.

2. Акумова О. С., Тиунова Л. Н. Генетическое разнообразие мягкой яровой пшеницы по устойчивости к ранней засухе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 62. № 1. С. 32–37. doi: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.32-37.

3. Хлесткина Е. К. Генетические ресурсы России: от коллекций к биоресурсным центрам // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 1. С. 9–30. doi: 10.30901/2227-8834-2022-1-9-30.

4. Friedrich C., Longin H., Reif J. C. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources // Trends Plant Sci. 2014. No. 19 (10). P. 631–636. doi: 10.1016/j.tplants.2014.06.012.

5. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской / О. С. Амунова, Л. В. Волкова, Е. В. Зуев и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (5). С. 661–675. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675.

6. Косых Л. А. Исходный материал для создания сортов ярового ячменя в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. №3. С. 14–18. doi: 10.31857/S2500262723030031.

7. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 31–37.

8. 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. 3–5.

9. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качества // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.

10. Селекция яровой пшеницы на адаптивность: результаты и перспективы / В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. М. Россеев и др. // Доклады РАСХН. 2000. С. 5–7.

11. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытании колосковых культур // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2(60). С. 36–41.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2012. 352 с.

13. Волкова Л. В., Щенникова И. Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 140–146. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146.

Сведения об авторах:

Барковская Татьяна Анатольевна — старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, email: barkovskaya-1960@mail.ru

Гладышева Ольга Викторовна — кандидат сельскохозяйственных наук, директор, email: gladyshevaov@yandex.ru

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», с. Подвязье, Рязанская обл., Россия

LEVEL OF ADAPTABILITY OF STARTING MATERIAL FOR BREEDING SPRING SOFT WHEAT IN RYAZAN REGION

T. A. Barkovskaya, O. V. Gladysheva

Abstract. The studies were conducted with the aim of a comprehensive assessment of spring soft wheat varieties of various maturity groups in terms of the level of disclosure of adaptive potential with the identification of valuable ones for use in breeding. The work was carried out in Ryazan region in 2018-2023. The material for the study was mid-early and mid-season foreign varieties Odeta, Sable, Kanyuk, Kalispero, KVS Torridon, KVS Aquilon, Ethos, CH Rubli, Etyud, as well as domestic varieties Zlata, Burlak, Agata, Gerakl, Omskaya 36, Margarita. Calculation of the parameters of adaptability, plasticity and stability was carried out according to the methods of A.A. Rossielle, J. Hemblin, L.A. Zhivotkov et al., E.D. Nettevich et al., V.A. Zykin, V.V. Khangildin. The soil of the plot is dark gray forest heavy loamy, of medium fertility. The weather conditions during the period were contrasting, typical of the Central Non-Black Earth Region. The yield of the mid-early group of varieties was within 3.57 ... 6.73 t/ha, mid-season - 3.33 ... 7.06 t/ha. High adaptive capacity was characterized by the mid-early variety Odeta, mid-season KVS Akvilon, Kanyuk, Kalispero, KVS Torridon. On average, over the years of research, their productivity was 5.51...5.95 t/ha, exceeding the average variety productivity in their maturity groups by 6.7...17.5%. At the same time, they had high indicators of compensatory capacity $((Y_2+Y_1)/2)$ - 5.62...5.95 t/ha, selection value (Sc) - 3.80...4.22 and variety stability level (VSL) - 103.2...156.2%. According to the comprehensive rating for the totality of all adaptability features, the best mid-early varieties were Zlata and Odeta with a rank sum of 21, mid-season varieties - Kanyuk, KVS Akvilon, KVS Torridon, Kalispero with a rank sum of 14...40.

Key words: spring soft wheat (*Triticum aestivum L.*), source material, yield, adaptability, stability, rating.

References

1. Demina IF. [Influence of weather conditions on productivity and grain quality of spring wheat in the forest-steppe of Middle Volga region]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022; Vol.23. 4. 433-440 p. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440.

2. Akumova OS, Tiunova LN. [Genetic diversity of soft spring wheat for resistance to early drought]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018; Vol.62. 1. 32-37 p. doi: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.32-37.

3. Khlestkina EK. [Genetic resources of Russia: from collections to bioresource centers]. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2022; Vol.183. 1. 9-30 p. doi: 10.30901/2227-8834-2022-1-9-30.

4. Friedrich C, Longin H, Reif JC. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources. Trends Plant Sci. 2014; 19 (10). 631-636 p. doi: 10.1016/j.tplants.2014.06.012.

5. Amunova OS, Volkova LV, Zuev EV. [Initial material for breeding soft spring wheat in the conditions of Kirov region]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021; 22 (5). 661-675 p. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675.

6. Kosykh LA. [Initial material for creating spring barley varieties in the forest-steppe zone of Middle Volga region]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2023; 3. 14-18 p. doi: 10.31857/S2500262723030031.

7. Goncharenko AA. [Environmental sustainability of grain crop varieties and breeding tasks]. Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2016; 3. 31-37 p.

8. Zhivotkov LA, Morozova ZA, Sekatueva LI. [Methodology for identifying potential productivity and adaptability of winter wheat varieties and breeding forms based on the “yield” indicator]. Selektsiya i semenovodstvo.1994; 2. 3-5 p.

9. Nettevich ED, Morgunov AI, Maksimenko MI. [Improving the efficiency of spring wheat selection for stability of yield and quality]. Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. 1985; 1. 66-73 p.

10. Zykin VA, Belan IA, Rosseev VM. [Spring wheat breeding for adaptability: results and prospects]. Doklady RASKhN. 2000; 5-7 p.

11. Khangildin VV. [Parameters for assessing the homeostatic properties of varieties and breeding lines in testing spikelet crops]. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten VSGI. 1986; 2(60). 36-41 p.

12. Dospekhov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Alyans. 2012; 352 p.

13. Volkova LV, Shchennikova IN. [Comparative assessment of methods for calculating adaptive responses of grain crops]. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2020; 3. 140-146 p. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146.

Authors:

Barkovskaya Tatyana Anatolyevna - senior researcher, Department of Selection and Primary Seed Production, email: barkovskaya-1960@mail.ru

Gladysheva Olga Viktorovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Director, email: gladyshevaov@yandex.ru

Institute of Seed Production and Agrotechnology – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Podvyazye village, Ryazan region, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-11-16
УДК 631.417.1

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СТРУКТУРНЫХ ОТДЕЛЬНОСТЯХ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

Е. А. Дёмин, Д. Д. Наков, Н. А. Волкова

Реферат. Запасы углерода, сосредоточенные в почве, определяют ее плодородие и буферность. Структурные агрегаты формируются благодаря органическому веществу, которое служит связующим материалом при формировании и стабилизации структурных отдельностей почвы. Интенсивное использование почвы при возделывании сельскохозяйственных культур оказывает значительное влияние на ее биологическую активность. Это приводит к существенным изменениям естественного процесса эволюции почв и ее деградации. Цель исследования – установить влияние минеральных удобрений на содержание и запасы органического углерода в различных структурных отдельностях чернозема выщелоченного в условиях лесостепной зоны Зауралья. Длительное использование почвы под пашню без внесения минеральных удобрений ухудшает структуру почвы $К_{стр}$=1,6 ед. Удобрения, внесенные в расчете на получение 3,0 и 4,0 т/га зерна способствуют улучшению структуры почвы ($К_{стр}$=2,0…2,1 ед.). Максимальное количество органического углерода ($С_{орг}$) в контрольном варианте отмечено в агрегатах размером >10 и <0,25 мм – 4,77 и 4,61%. Систематическое применение удобрений в расчете на формирование 3,0 и 4,0 т/га зерна обеспечивает увеличение содержания $С_{орг}$ в почвенных агрегатах размером от 1,0 до 0,25 мм на 0,70…0,72%. При внесении удобрений под плановую урожайность 5,0 т/га наблюдается потеря углерода из агрегатов размером 10…3 мм на 0,45%. На максимальном агрофоне содержание Сорг в агрегатах >10 и <0,25 мм снижается до 3,70 и 4,11%. В контроле запасы Сорг в агрономически ценных агрегатах достигают 59,3% от общих запасов. Систематическое внесение удобрений в расчете на урожай 3,0…4,0 т/га зерна повышает запасы углерода в ценных почвенных агрегатах до 66,2…68,0% от общих запасов. Планирование более высоких урожаев приводит к снижению запасов углерода в агрономически ценных агрегатах.

Ключевые слова: органический углерод, структурные отдельности, коэффициент структурности, агрономически ценные агрегаты, содержание углерода, запасы органического углерода.

Введение. Органическое вещество выступает неотъемлемой частью почвы, которая определяет основные показатели потенциального плодородия пахотных земель. Его высокое содержание увеличивает способность почвы противостоять неблагоприятным климатическим условиям, увеличивает эрозионную стойкость и др. [1].

Почвенные структурные отдельности накапливают в своем составе углерод в органической форме, который обеспечивает их стойкость и размер фракции [2].

Ученые неоднократно отмечали высокую зависимость структуры почвы, количества агрономически ценных агрегатов от содержания в них органического углерода [3, 4, 5]. В зависимости от размера почвенных фракции в них с разной интенсивностью протекают биохимические процессы, в частности минерализация и гумификация органического вещества [2, 5, 6]. В результате глобального круговорота углерода его содержание в почве может существенно изменяться из-за деградации структуры гумусовых горизонтов и разрушения макроагрегатов. Снижение запасов органического углерода в почве приводит к ухудшению структуры почвы. Увеличивается доля глыбистой фракции и снижается количество агрономически ценных агрегатов, уменьшается их водопрочность и пористость [7].

В последние годы для повышения продуктивности пашни товаропроизводители увеличивают объемы применения минеральных удобрений, которые не всегда научно обоснованы, и отказываются от использования органических [8, 9]. Это приводит к усилению биологической активности почвенной микрофлоры, активизации процесса минерализации и снижению содержания органического вещества в пахотных почвах региона [10, 11].

Цель исследования – установить влияние использования минеральных удобрений на содержание и запасы органического углерода в различных структурных отдельностях чернозема выщелоченного.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли на опытном поле ГАУ Северного Зауралья, расположенном в условиях лесостепной зоны Зауралья, в севообороте со следующим чередованием культур однолетние травы – яровая пшеница – овес. Схема стационарного полевого опыта, продолжающегося с 1995 г., предусматривала изучение следующих вариантов: без удобрений (контроль); систематическое применение NPK в расчете на получение урожая зерна пшеницы и овса 3,0, 4,0, 5,0 и 6,0 т/га. Агротехнические мероприятия использовали рекомендованные для лесостепной почвенно-климатической зоны и проводили в установленные нормами сроки. Осенью после уборки предшественника проводили основную отвальную обработку почвы на глубину 20…22 см, весной – боронование в два следа БЗСС-1,0. Перед посевом врезали расчетные дозы удобрений сеялкой СЗ-3,6 и культивировали КПС-4 на глубину 6…8 см, затем высевали сеялкой СЗМ-5,4 и прикатывали кольчато-шпоровыми катками. Уборку проводили комбайном Terrion. Более подробно агротехнические мероприятия описаны в

ранее опубликованной работе [12].

Опыт заложен в четырехкратной повторности. Летом (первая декада августа) 2022 года проводили отбор проб почвы (по 3 кг) из пахотного слоя (0…30 см) в трехкратной повторности. В дальнейшем образцы подвергали сухому просеиванию для определения структурно-агрегатного состава и из каждого образца отдельно отбирали для анализа агрегаты размером > 10; 10…3; 3…1; 1…0,25; < 0,25 мм. Сформированные образцы размерных фракции подвергали пробоподготовке и определяли содержание общего углерода на приборе VarioMacro CN в Центре коллективного пользования «Рациональное природопользование и физико-химические исследования» и Лаборатории экологических исследований ТюмГУ. В связи с тем, что реакция на вскипание карбонатов от применения HCl была отрицательной, весь находимый в образцах углерод относили к органическому.

Результаты и обсуждения. Количество фракции размером > 10 мм, не представляющей агрономической ценности, в варианте без применения минеральных удобрений достигало 21,0% (табл.1). Систематическое использование удобрений в дозах, рассчитанных на получения 3,0 и 4,0 т/га зерна, благоприятно сказывалось на структуре почвы – количество глыбистой фракции уменьшалось на 3,6…3,8%, относительно контроля, что выше диапазона неопределенности ($НСР_{05}$=1,2%). Более высокий уровень питания (NPK в расчете на урожайность 5,0 и 6,0 т/га) не сказывался на количестве структурных отдельностей размером более 10мм – их содержание было на уровне контрольного варианта.

Содержание агрегатов размером 10…3 мм в контроле составляло 30,1%, а в вариантах со средним уровнем питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га) повышалось на 2,3 и 3,8% , относительно контроля. Достоверных различий в количестве почвенных агрегатов этого размера при использовании повышенных доз минеральных удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га), в сравнении с контролем, не отмечено ($НСР_{05}$=1,7%).

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на распределение почвенных агрегатов в пахотном слое (0…30 см), %

Вариант	Агрегаты, мм				
	> 10	10…3	3…1	1…0,25	< 0,25
Контроль	21,0	30,1	20,5	10,5	17,9
NPK на 3,0 т/га	17,4	32,4	25,2	10,4	14,5
NPK на 4,0 т/га	17,2	33,9	22,5	10,8	15,7
NPK на 5,0 т/га	21,6	30,9	21,2	10,1	16,1
NPK на 6,0 т/га	20,7	28,5	20,0	11,5	19,2
$НСР_{05}$	1,2	1,7	2,1	1,6	1,7

Количество агрегатов размером 3…1 мм в варианте с естественным плодородием почвы составляло 20,5%. Систематическое применение удобрений в расчете на получение урожая 3,0 т/га способствовало повышению доли агрегатов этой размерности на 4,7% относительно контроля. На повышенном минеральном фоне изменений в содержании этой фракции в почве в сравнении с вариантом без применения удобрений не выявлено ($НСР_{05}$=2,1 %). Не отмечено существенного влияния длительного использования минеральных удобрений и на содержание в пахотном слое почвы фракции 1…0,25 мм, которое варьировало по вариантам от 10,4 до 11,5% при $НСР_{05}$=1,6%.

Доля пылеватой фракции (< 0,25 мм) в варианте без применения удобрений составляла 17,9%, при среднем уровне питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га) содержание этой фракции было на 3,4 и 2,2 % ниже, а в вариантах с NPK на 5,0 и 6,0 т/га – на уровне контроля ($НСР_{05}$=1,7%).

Коэффициент структурности при возделывании зерновых культур в варианте без использования минеральных удобрений составлял 1,6 ед., при этом отмечена высокая доля глыбистой и пылеватой фракций по отношению к вариантам с использованием минеральных удобрений, что связано с явной нехваткой поступающих растительных остатков [13].

На фоне удобрений коэффициент структурности почвы варьировал в широком диапазоне. При средних уровнях доз минерального питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га зерна) отмечен рост величины этого показателя до 2,0…2,1 ед. Доля глыбистой фракции и пыли при этом пропорционально уменьшалась. Вследствие того, что в этих вариантах в почву поступает намного больше, чем в контроле, растительных остатков с соломой и корнями, это обеспечивает равновесный баланс поступления растительных остатков и их минерализации [14].

Внесение повышенных доз удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) не повлияло на структуру почвы в отличие от средних доз. Происходит это из-за того, что получение высокой урожайности в северной лесостепи определяется множеством факторов и

планируемую урожайность выше 4,0 т/га не всегда удается получить. В результате этого количество растительных остатков, поступивших в почву, не может стабилизировать процесс минерализации из-за того, что неизрасходованный азот удобрений усиливает активность микрофлоры почвы [14].

Содержание органического углерода в различных структурных отдельностях, по мнению многих авторов, зависит от типа используемых угодий, агротехнической нагрузки и возделываемых видов сельскохозяйственных культур [15, 16].

В контроле содержание органического углерода ($C_{орг}$) в глыбистой фракции составляло 4,77%, в пылеватой – 4,61%. В агрономически ценных агрегатах на естественном питательном фоне концентрация углерода изменялась от 4,06 (фракция 1…0,25 мм) до 4,46 % (фракция 10…3 мм) (табл..2).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на содержание органического углерода в различных фракция почвенных агрегатов, %

Вариант	Агрегаты, мм				
	>10	10…3	3…1	1…0,25	<0,25
Контроль	4,77	4,46	4,35	4,06	4,61
NPK на 3,0 т/га	4,44	4,48	4,59	4,76	4,70
NPK на 4,0 т/га	4,21	4,33	4,10	4,78	4,80
NPK на 5,0 т/га	4,62	4,01	4,59	4,25	4,57
NPK на 6,0 т/га	3,70	4,79	4,25	4,44	4,11
$НСР_{05}$	0,44	0,35	0,42	0,37	0,40

В варианте NPK на 3,0 т/га зерна в глыбистой и пылеватой фракциях количество углерода в органической форме существенно не отличалось от неудобренного варианта. Достоверных различий в содержании углерода относительно контроля также не выявлено в частицах размером 10…3 и 3…1 мм. Значительное увеличение содержания углерода отмечено в частицах размером 1…0,25 мм, в которых оно возрастало на 0,70% относительно неудобренного фона. Увеличение концентрации углерода в этой фракции связано с тем, что процессы разложения растительных остатков и накопление углерода происходят преимущественно в маленьких по размеру структурных отдельностях. В контроле без минеральных удобрений уменьшается поступление растительных остатков, в результате чего потери углерода вследствие минерализации органического вещества происходят преимущественно в малых размерных фракциях [17, 18, 19].

В варианте с внесением NPK на 4,0 т/га зерна отмечено снижение содержание $C_{орг}$ во фракции размером >10 мм на 0,56%, при $НСР_{05}$=0,44%. Во фракции 1…0,25 мм количество углерода составляло 4,78%, что выше контроля на 0,72%, тогда как в других размерных фракциях почвы отличия от контроля не выявлены. Значительное поступление растительных остатков в варианте внесением NPK на 4,0 т/га зерна способствовало улучшению структуры почвы и разрушению глыбистой фракции, а также увеличению количества агрономически ценных агрегатов. Преимущественно накопление углерода в этом варианте происходит в малоразмерной фракции 1…0,25 мм.

В варианте с NPK на 5,0 т/га зерна внесение удобрений, приводило к снижению содержания $C_{орг}$ во фракции 10…3 мм до 4,01%, что происходит из-за нестабильного получения планируемой урожайности, это приводит к увеличению содержания азота, усилению микробиологической активности почвы и активизации процесса минерализации преимущественно во фракции от 10 до 3 мм.

Высокий уровень питания (NPK на 6,0 т/га) приводил к уменьшению доли углерода в глыбистой фракции почвы до 3,70% и в пылевидной фракции (менее 0,25 мм) до 4,11%, тогда как во фракции 1…0,25 мм содержание углерода повышалось на 0,38% относительно контроля. Это связано с тем, что вероятность получения планируемой урожайности в этом варианте низкая и содержание неиспользуемого растениями азота выше, чем в других вариантах. Однако, одновременно с этим увеличивается и поступление растительных остатков. В совокупности эти два фактора оказывают влияние на усиление процесса минерализации органического вещества в глыбистой и пылеватой фракциях и накопление углерода в агрегатах размером 1…0,25 мм.

Исходя из массы фракций с единицы площади и содержания в них органического углерода, были рассчитаны общие запасы $C_{орг}$ в различных структурных отдельностях почвы. Так, в варианте без удобрений в глыбистой фракции (> 10 мм) запасы $C_{орг}$ в пахотном слое почвы составляли 3000 кг/га (табл. 2). Наибольшие его запасы отмечены во фракции 10…3 мм (4022 кг/га), а наименьшие – во фракции 1…0,25 мм (1277 кг/га). Запасы углерода, сосредоточенные в агрегатах размером 3…1 и < 0,25 мм, составляли 2677 и 2479 кг/га соответственно (табл. 3). При внесении средней дозы удобрений (NPK на 3,0 т/га зерна)

запасы углерода в глыбистой и пылеватой фракции были ниже, чем на неудобренном фоне на 22,6 и 17,3% соответственно. В агрегатах размером от 10 до 3 мм концентрация углерода превышала контроль на 8,3%. На 29,5% больше органического углерода было сосредоточено в агрегатах размером от 3 до 1 мм и на 16,5% – во фракции от 1,0 до 0,25 мм.

Таблица 3 – Распределение запасов органического углерода в различных структурах почвенных агрегатов, кг/га

Вариант	Агрегаты, мм				
	> 10	10…3	3…1	1…0,25	< 0,25
Контроль	3000	4022	2677	1277	2479
NPK на 3,0 т/га	2322	4354	3468	1488	2050
NPK на 4,0 т/га	2173	4397	2764	1543	2263
NPK на 5,0 т/га	2996	3723	2913	1293	2215
NPK на 6,0 т/га	2303	4097	2549	1528	2370
$НСР_{05}$	129	211	148	91	119

В варианте NPK на 4,0 т/га в глыбистой фракции запасы углерода были на 827 кг/га ниже контроля. Во фракции размером 10…3 мм они составляли 4397 кг/га. Запасы $С_{орг}$ в агрегатах размером 3…1 мм были на уровне контроля, во фракции почвы размером 1…0,25 мм запасы $С_{орг}$ превышали контроль на 20,8% и достигали 1543 кг/га, тогда как в пылевидной фракции размером <0,25 мм запасы были ниже на 8,7%.

В варианте с внесением удобрений в расчете на получение 5,0 т/га зерна существенных различий в запасах $С_{орг}$ во фракции > 10 мм относительно контроля не отмечено. Во фракции 10…3 мм сосредоточено на 7,4% меньше углерода, чем в контроле. Во фракции 3…1 мм запасы $С_{орг}$ были выше контроля на 236 кг/га, а в агрегатах < 0,25 мм – ниже на 264 кг/га. На максимальном агрофоне запасы $С_{орг}$ во фракции >10 мм были ниже контроля на 23,2% и составляли 2303 кг/га. Во фракции размером 1…0,25 мм запасы $С_{орг}$ были выше естественного агрофона на 19,7%. В остальных структурных отдельностях существенных отличий в запасах углерода по отношению к контролю не выявлено.

Исходя из расчетов на естественном агрофоне в глыбистой фракции (> 10 мм) сосредоточено до 22,3% общих запасов органического углерода (рис.).

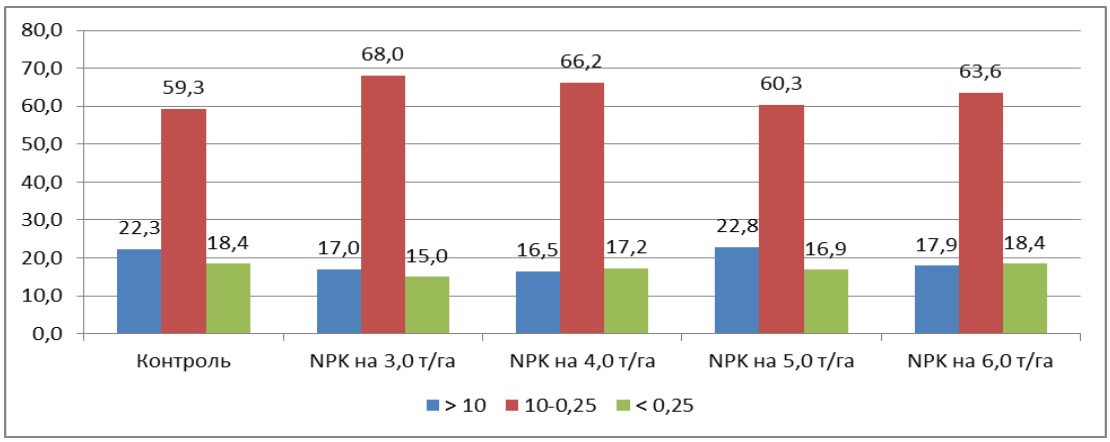


Рис. – Влияние минеральных удобрений на долю запасов органического углерода в структурных отдельностях почвы, %

В пылеватой фракции сосредоточено углерода около 18,4% от общего количества. При внесении минеральных удобрений в дозах на получение 3,0 и 4,0 т/га зерна запасы $С_{орг}$ в глыбистой и пылеватой фракциях снижались до 16,5…17,0 и 15,0…17,2%, соответственно, а в агрегатах размером от 10 до 0,25 мм – возрастали до 66,2…68,0%. Внесение повышенных доз удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) снижает долю углерода, сосредоточенного в агрономически ценных агрегатах до 60,3 и 63,6% соответственно.

Выводы. Длительное сельскохозяйственное использование чернозема выщелоченного без использования минеральных удобрений приводит к ухудшению структуры почвы ($К_{стр}$=1,6 ед.). При средних уровнях минерального питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га зерна) отмечен рост величины этого показателя до 2,0…2,1 ед.

Максимальное в опыте содержание органического углерода в контроле без удобрений отмечено во фракциях размером > 10 и < 0,25 мм – соответственно 4,77 и

4,61%. Наименьшее количество $C_{орг}$ выявлено в агрегатах размером 1…0,25 мм – 4,06%. При внесении NPK на 3,0 и 4,0 т/га содержание $C_{орг}$ в агрономически ценной размерной фракции 1…0,25 мм увеличивается до 4,76…4,78%, что на 0,70…0,72% выше контроля. Внесение удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна приводит к потере углерода из агрегатов размером 10…3 мм, где его снижение относительно контроля составляет 0,45%. На максимальном питательном фоне из-за нестабильного урожая и высоких доз азотных удобрений содержание $C_{орг}$ в агрегатах >10 и <0,25 мм уменьшается соответственно до 3,70 и 4,11%.

Запасы $C_{орг}$ в контроле в агрономически ценных структурных отдельностях составляют 59,3% от его общего содержания, при этом наибольшее количество углерода сосредоточено в агрегатах 10…3 мм – 4022 кг/га. В глыбистой фракции сосредоточено до 3000 кг/га $C_{орг}$, в пылеватой – 2479 кг/га. Средние дозы удобрений способствует увеличению запасов углерода в агрономически ценных агрегатах до 66,2…68,0%.

Литература

1. Содержание органического углерода и азота в размерных фракциях агрегатов типичных черноземов / В. А. Холодов, Н. В. Ярославцева, М. А. Яшин и др. // Почвоведение. 2021. № 3. С. 320–326. doi: 10.31857/S0032180X21030072.
2. Распределение трансформированного органического вещества в структурных отдельностях дерново-подзолистой супесчаной почвы / Б. М. Когут, М. А. Яшин, В. М. Семенов и др. // Почвоведение. 2016. № 1. С. 52. doi: 10.7868/S0032180X1601007X.
3. Шеин Е. В., Милановский Е. Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение.2003. № 1. С. 53-61.
4. Холодов В. А. Способность почвенных частиц самопроизвольно образовывать макроагрегаты после цикла увлажнения и высушивания // Почвоведение. 2013. № 6. С. 698. doi: 10.7868/S0032180X13040072.
5. Милановский Е. Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Факультет почвоведения, Российский фонд фундаментальных исследований. М.: Издательство ГЕОС, 2009. 185 с.
6. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы / В. М. Семенов, Л. А. Иванникова, Н. А. Семенова и др. // Почвоведение. 2010. № 2. С. 157–165.
7. Bailey V. L., Pries C. H., Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? // Environmental Research Letters. 2019. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2c11 (дата обращения 01.08.2024). doi: 10.1088/1748-9326/ab2c11.
8. Ахтямова А. А. Изменение химического состава запаханной соломы под действием агрохимикатов // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 4 (24). С. 17–20.
9. Еремин Д. И., Ахтямова А. А. Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании минеральных удобрений // Земледелие. 2018. № 7. С. 16–18. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10704.
10. Котченко С. Г., Абрамов, Н. В. Мониторинг состояния плодородия почв Тюменской области // Мир Инноваций. 2015. № 1-4. С. 100–106.
11. Маслов М. Н., Поздняков Л. А. Влияние внесения пожнивных остатков и минерального азотного удобрения на продуцирование закиси азота агродерново-подзолистой почвой // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2022. № 1. С. 52-58.
12. Демин, Е. А., Миллер С. С., Ахтямова А. А. Влияние минеральных удобрений и температуры почвы на эмиссию углекислого газа в посевах яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья // Земледелие. 2024. № 1. С. 17–22. doi: 10.24412/0044-3913-2024-1-17-22.
13. Анисимов Ю. Б., Агеев А. А. Оценка плодородия чернозема выщелоченного на фоне прямого посева зерновых культур в Южном Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 68–73. doi: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.
14. Рзаева В. В., Еремин Д. И. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при длительном использовании различных систем основной обработки и минеральных удобрений в Северном Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2010. № 6 (45). С. 36–42.
15. Содержание органического углерода структурных отдельностей дерново-подзолистой почвы при различных системах земледелия / Т. Н. Авдеева, М. А. Яшин, Б. М. Когут и др.//Плодородие.2014.№ 2(77).С.32–36.
16. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В. Взаимосвязь содержания углерода органических соединений и структурного состояния чернозема типичного // Почвоведение. 2019. № 2. С. 171–183. doi: 10.1134/S0032180X19020047.
17. Demin E. A., Eremina D. V. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia // IOP Conference Series. 2022. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012084 (дата обращения 01.08.2024). doi: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
18. Eremin D. I., Demin E. A. The nature of organic carbon and total nitrogen distribution in the fractions of leached chernozem aggregates and gray soil in Western Siberia // IOP Conference Series. 2022. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1043/1/012016 (дата обращения 01.08.2024). doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012016.
19. Еремин Д. И., Демин Е. А. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на запасы органического углерода в черноземе выщелоченном // Земледелие. 2023. № 4. С. 35–39. doi: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39.

Сведения об авторах:

Дёмин Евгений Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Агробиотехнологического центра, e-mail: gambitn2013@yandex.ru

Волкова Наталья Алексеевна—кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей химии им. И. Д. Комиссарова, e-mail: volkovana@gausz.ru

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Наков Даниил Дмитриевич – ведущий инженер Лаборатории экологических исследований, e-mail: d.d.nakov@utmn.ru

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

ORGANIC CARBON CONTENT IN STRUCTURAL UNITS OF LEACHED CHERNOZEM WITH INCREASING DOSES OF MINERAL FERTILIZERS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE URALS

E. A. Demin, D. D. Nakov, N. A. Volkova

Abstract. Carbon reserves concentrated in the soil determine its fertility and buffering capacity. Structural aggregates are formed due to organic matter, which serves as a binding material in the formation and stabilization of soil structural units. Intensive use of soil during cultivation of agricultural crops has a significant impact on its biological activity. This leads to significant changes in the natural process of soil evolution and its degradation. The objective of the study was to determine the effect of mineral fertilizers on the content and reserves of organic carbon in various structural units of leached chernozem in the forest-steppe zone of the Urals. Long-term use of soil for arable land without the application of mineral fertilizers worsens the soil structure Kstr=1.6 units. Fertilizers applied in the calculation of obtaining 3.0 and 4.0 t/ha of grain contribute to the improvement of the soil structure (Kstr=2.0 ... 2.1 units). The maximum amount of organic carbon (Corg) in the control variant was noted in aggregates > 10 and < 0.25 mm in size - 4.77 and 4.61%. Systematic application of fertilizers in the calculation of the formation of 3.0 and 4.0 t/ha of grain provides an increase in Corg content in soil aggregates from 1.0 to 0.25 mm in size by 0.70 ... 0.72%. When applying fertilizers for the planned yield of 5.0 t/ha, a loss of carbon from aggregates of 10 ... 3 mm in size is observed by 0.45%. At the maximum agricultural background, Corg content in aggregates > 10 and < 0.25 mm decreases to 3.70 and 4.11%. In the control Corg reserves in agronomically valuable aggregates reach 59.3% of the total reserves. Systematic application of fertilizers based on a yield of 3.0 ... 4.0 t/ha of grain increases the carbon reserves in valuable soil aggregates to 66.2 ... 68.0% of the total reserves. Planning higher yields leads to a decrease in carbon reserves in agronomically valuable aggregates.

Key words: organic carbon, structural units, structural coefficient, agronomically valuable aggregates, carbon content, organic carbon reserves.

References

1. Kholodov VA, Yaroslavtseva NV, Yashin MA. [Content of organic carbon and nitrogen in size fractions of aggregates of typical chernozems]. Pochvovedenie. 2021; 3. 320-326 p. doi: 10.31857/S0032180X21030072.

2. Kogut BM, Yashin MA, Semenov VM. [Distribution of transformed organic matter in structural units of sod-podzolic sandy loam soil]. Pochvovedenie. 2016; 1. 52 p. doi: 10.7868/S0032180X1601007X.

3. Shein EV, Milanovskiy EYu. [The role and significance of organic matter in the formation and stability of soil aggregates]. Pochvovedenie. 2003; 1. 53-61 p.

4. Kholodov VA. [The ability of soil particles to spontaneously form macroaggregates after a cycle of moistening and drying]. Pochvovedenie. 2013; 6. 698 p. doi: 10.7868/S0032180X13040072.

5. Milanovskiy EYu. Gumusovye veshchestva pochv kak prirodnye gidrofobno-gidrofilnye soedineniya. Moskovskiy gosudarstvennuy universitet im.M.V.Lomonosova, Fakultet pochvovedeniya, Rossiiskiy fond fundamentalnykh issledovaniy. [Humic substances of soils as natural hydrophobic-hydrophilic compounds. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Russian Foundation for Basic Research]. Moscow: Izdatelstvo GEOS. 2009; 185 p.

6. Semenov VM, Ivannikova LA, Semenova NA. [Mineralization of organic matter in different-sized aggregate fractions of soil]. Pochvovedenie. 2010; 2. 157-165 p.

7. Bailey VL, Pries CH, Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? [Internet]. Environmental Research Letters. 2019; [cited 2024, August 01]. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2c11. doi: 10.1088/1748-9326/ab2c11.

8. Akhtyamova AA. [Changes in the chemical composition of plowed straw under the influence of agrochemicals]. Vestnik Kurganskoi GSKhA. 2017; 4 (24). 17-20 p.

9. Eremin DI, Akhtyamova AA. [Humus mineralization in arable chernozem using mineral fertilizers]. Zemledelie. 2018; 7. 16-18 p. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10704.

10. Kotchenko SG, Abramov NV. [Monitoring the state of soil fertility in Tyumen region]. Mir Innovatsiy. 2015; 1-4. 100-106 p.

11. Maslov MN, Pozdnyakov LA. [Effect of application of crop residues and mineral nitrogen fertilizer on nitrous oxide production by agrosod-podzolic soil].Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17:Pochvovedenie. 2022; 1.52-58 p.

12. Demin EA, Miller SS, Akhtyamova AA. [Effect of mineral fertilizers and soil temperature on carbon dioxide emission in spring wheat crops in the forest-steppe zone of the Urals]. Zemledelie. 2024; 1. 17-22 p. doi: 10.24412/0044-3913-2024-1-17-22.

13. Anisimov YuB, Ageev AA. [Assessment of the fertility of leached chernozem against the background of direct sowing of grain crops in the Southern Urals]. Vestnik KrasGAU. 2021; 10 (175). 68-73 p. doi: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.

14. Rzaeva VV, Eremin DI. [Changes in the agrophysical properties of leached chernozem with long-term use of various primary cultivation systems and mineral fertilizers in the Northern Urals]. Vestnik KrasGAU. 2010; 6 (45). 36-42 p.

15. Avdeeva TN, Yashin MA, Kogut BM. [The organic carbon content of structural units of sod-podzolic soil under different farming systems]. Plodorodie. 2014; 2 (77). 32-36 p.

16. Dubovik EV, Dubovik DV. [Relationship between the carbon content of organic compounds and the structural state of typical chernozem]. Pochvovedenie. 2019; 2. 171-183 p. doi: 10.1134/S0032180X19020047.

17. Demin EA, Eremina DV. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia. [Internet]. IOP Conference Series. 2022; [cited 2024, August 01]. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012084. doi: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.

18. Eremin DI, Demin EA. The nature of organic carbon and total nitrogen distribution in the fractions of leached chernozem aggregates and gray soil in Western Siberia. [Internet]. IOP Conference Series. 2022; [cited 2024, August 01]. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1043/1/012016. doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012016.

19. Eremin DI, Demin EA. [The influence of long-term agricultural use on organic carbon reserves in leached chernozem]. Zemledelie. 2023; 4. 35-39 p. doi: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39.

Authors:

Demin Evgeniy Aleksandrovich – Ph.D. in Agricultural Sciences, senior researcher at Agrobiotechnological Center, e-mail: gambitn2013@yandex.ru

Volkova Natalya Alekseevna – Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor of General Chemistry Department named after I.D. Komissarov, e-mail: volkovana@gausz.ru

Northern Trans-Urals State Agrarian University, Tyumen, Russia

Nakov Daniil Dmitrievich – leading engineer at the Laboratory of Environmental Research, e-mail: d.d.nakov@utmn.ru

Tyumen State University, Tyumen, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-17-26
УДК 631.526.325.633.15:579.64

ЭНДОФИТНЫЕ ШТАММЫ БАКТЕРИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, В. А. Колесар, Р. М. Сабирова, С. В. Сочнева

Реферат. Исследования с целью изучения влияния эндофитных штаммов бактерий на формирование растений кукурузы и урожайность зерна проводили в условиях Предкамья Республики Татарстан в 2022–2023 годах. Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая. Эндофитные штаммы бактерий применяли в виде листовой подкормки нормой 1,0 л/га в фазе 7…8 листьев. Закладывали двухфакторный опыт: гибриды (фактор А) – раннеспелые Нур и РОСС-195, среднеранний – Краснодарский-230; препараты эндофитных штаммов бактерий (фактор В) – без применения (контроль), KS-25, KS-31, KS-38, KS-54, Консорциум и PS-17 (стандарт). Годы исследований характеризовались как умеренно засушливые. Препараты положительно влияли на высоту растений, надземную массу и площадь листьев, которые определяли в фазы выметывания, формирования початка и молочной спелости. Гибрид Нур положительно отзывался на обработку посевов препаратами KS-25, KS-38 и KS-54, гибрид РОСС-195 – Консорциум, KS-31 и KS-38, Краснодарский-230 – KS-31 и KS-54. Самая высокая в опыте надземная масса в фазе молочной спелости у гибрида Нур отмечена в варианте с KS-38 (48,25 т/га), у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230 – с KS-54 (соответственно 67,38 и 58,25 т/га). Наибольшую площадь листьев наблюдали в фазе формирования початков у гибрида Нур при использовании в вариантах KS-31, у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230 при обработке препаратом Консорциум. Урожайность зерна гибрида Нур в вариантах с препаратами PS-17, KS-38 и KS-25 увеличивалась на 9,6…27,6%, гибрида РОСС-195 при опрыскивании KS-38 и KS – на 15,3…19,7%, гибрида Краснодарский-230 при использовании KS-25, KS-54 и PS-17 – на 9,0…28,1%. Препараты с эндофитными штаммами бактерий увеличивали содержание белка в зерне гибридов на 0,15…0,73%.

Ключевые слова: кукуруза (Zea mays), зерно, листовая подкормка, эндофитные штаммы бактерий, гибриды, биометрия, белок.

Введение. Эндофитные бактерии активно входят в сельское хозяйство. Это бактерии, которые получают из внутренних тканей растений. Они положительно влияют на развитие сельскохозяйственных растений, защищают от болезней, не оказывая отрицательного воздействия на само растение [1, 2, 3]. Положительные свойства эндофитных бактерий проявляются в улучшении фосфорного и азотного питания, осмотического давления, развития корневой системы. Фитопатогенная защита эндофитных бактерий очень велика. Они ослабляют отрицательное воздействие фитопатогенов (вирусов, грибов, насекомых, бактерий, нематод), повышают засухоустойчивость, проявляют антистрессовый эффект [4, 5, 6], они могут стать ценными компонентами при создании биопрепаратов для биологической защиты растений [7, 8, 9].

Кукуруза особенно страдает в период весенних заморозков, поэтому применение эндофитных штаммов бактерий, наряду с макро- и микроудобрениями, ускоряет рост проростков кукурузы, общее развитие растения [10, 11], а в последствии повышает урожайность [12, 13, 14]. Эндофитные штаммы бактерий можно применять для обработки посевного материала и проведения листовых подкормок [15, 16, 17].

При возделывании кукурузы важно исключить ее конкуренцию с сорной растительностью. Поэтому обязательно применяют гербициды, многие из которых фитотоксичны. Споровые культуры бактерий в ризосфере растений при инокуляции семян способны повышать устойчивость кукурузы к гербицидам, а в течение вегетации активизировать протекание фотосинтеза и формирование генеративных органов кукурузы [18, 19, 20].

Поэтому для установления возможности включения эндофитных штаммов бактерий в технологии возделывания сельскохозяйственных культур проводятся исследования в конкретных почвенно-климатических условиях [21].

Цель исследований – изучение влияния новых эндофитных штаммов бактерий на общее развитие кукурузы в течение вегетации, формирование величины и качества урожая зерна кукурузы.

Условия, материалы и методы. Опыты по изучению влияния листовых подкормок эндофитными штаммами бактерий в посевах кукурузы проводили на опытных полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ в 2022–2023 годах в четырехкратной повторности. Годы проведения исследований характеризовались умеренно засушливыми погодными условиями. На типичных серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан закладывали полевой опыт, предполагающий изучение следующих вариантов:

гибрид кукурузы (фактор А) – раннеспелые Нур и Росс-195, среднеранний Краснодарский-230;

препарат с эндофитными штаммами бактерий (фактор В) – без препарата (контроль), KS-25, KS-31, KS-38, KS-54, Консорциум, PS-17 (стандарт).

На опытном поле общим фоном по всем вариантам вносили минеральные удобрения под предпосевную культивацию в виде азофоски с нормой по физической массе 100 кг/га ($N_{16}P_{16}K_{16}$). Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по Тюрину – 4,4%, подвижных фосфора и калия по Кирсанову – соответственно очень высокое (> 377 мг/кг) и повышенное (124 мг/кг). Возделывание кукурузы проводили на основе общепринятой технологии для Республики Татарстан [22, 23, 24].

Препараты вносили опрыскиванием в фазе 7…8 листьев кукурузы с нормой расхода 1,0 л/га. Ростовые показатели культуры учитывали в фазы выметывания, формирование початков, молочной спелости. Высоту растений, надземную массу и площадь листьев определяли по 10 типичным растениям. Биометрические показатели учитывали в фазе полной спелости по десяти початкам, взятым по диагонали с каждой повторности. Биологическую урожайность учитывали по анализу растений, взятых с 1 м^2. Массовую долю белка, в пересчете на сухое вещество, определяли по ГОСТ 10846-91.

Результаты и обсуждение. Включение в технологию возделывания кукурузы на зерно листовых подкормок эндофитными штаммами бактерий в фазе 7…8 листьев в условиях Предкамья Республики Татарстан благоприятно повлияло на ростовые показатели изучаемых гибридов (табл. 1). Отмечено положительное влияние листовых подкормок на высоту растений в фазе выметывания у гибрида Нур от препаратов KS-38 (прибавка составила 10,8 см), KS-54 (2,2 см) и PS-17 (4,2 см). При учете высоты растений в фазе выметывания у гибрида РОСС-195 значения этого показателя были выше в варианте с обработкой препаратом Консорциум на 10,0 см, по сравнению с контрольным вариантом. Наибольший эффект от применения изучаемых препаратов в посевах гибрида Краснодарский-230 был отмечен в вариантах с препаратами KS-54 (+27,3 см), Консорциум (+12,7 см), стандартный препарат и KS-38 (+0,5 см). В фазе формирования початков высота растений гибрида Нур была больше контроля по всем изучаемым вариантам. Обработки препаратами KS-38 и Консорциум оказывали наибольший положительный эффект на посевах гибрида РОСС-195. Прибавка высоты растений, по сравнению с контрольным вариантом, составила 16,6 и 8,0 см. А у гибрида Краснодарский-230 самые высокие растения отмечены в вариантах KS-54 и Консорциум – 190,0 и 178,3 см, соответственно, что выше варианта без обработок на 27,7 и 16,0 см. В фазе молочной спелости зерна наибольшая высота растений была зафиксирована у гибрида Нур в варианте KS-25 (146,3 см), у гибрида РОСС-195 в варианте KS -38 (192,0 см) и у гибрида Краснодасркий-230 в варианте KS-54 (192,7 см). В этой фазе не было отмечено увеличения высоты растений от применения препаратов KS-31, KS-38 и KS-54 у гибрида Нур, от препаратов KS-54 и PS-17 – у гибрида РОСС-195 и от препаратов KS-25, KS-38 и PS-17 – у гибрида Краснодарский-230.

На формирование надземной массы гибридами кукурузы наибольшее в опыте влияние в начальные фазы развития оказывали препараты KS-25, KS-38 и Консорциум у гибрида Нур (+1,31, +0,75 и +1,13 т/га, соответственно в сравнении с контрольным вариантом). У гибрида РОСС-195 особенно выделились варианты с применением препаратов KS-31, KS-38, Консорциум и PS-17. Прибавка от применения препаратов составила 3,18, 4,22, 8,34 и 5,25 т/га, соответственно. В фазе молочной спелости зерна наибольшая надземная масса по гибридам была сформирована в вариантах KS-38 у гибрида Нур, KS-54 – у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230.

Обработка посевов кукурузы препаратами с эндофитными штаммами бактерий приводила к увеличению площади листьев в фазе выметывания. Увеличения площади листьев не происходило у гибрида Нур только при обработке стандартным препаратом, у гибрида РОСС-195 – в вариантах Консорциум и PS-17, а у гибрида Краснодарский-230 – в вариантах KS-38, KS-54 и Консорциум. В фазе формирования початков у гибридов Нур, РОСС-195 и Краснодарский-230 площадь листьев увеличивалась, в сравнении с контролем, во всех исследуемых вариантах.

Отмечена положительная тенденция изменений в элементах структуры урожая изучаемых гибридов кукурузы (табл. 2). Длина початков в среднем по гибридам увеличилась на 1,18 см у гибрида Нур, на 0,60 см – у гибрида РОСС-195 и на 0,82 см – у гибрида Краснодарский-230.

Обработка препаратами KS-38 и KS-54 привела к небольшому увеличению длины невыполненной части початка. На количество рядов зерен в початке обработка эндофитными штаммами бактерий практически не оказывала влияния. При анализе элементов структуры урожая отмечена положительная корреляция между длиной початков и количеством зерен в ряду. Такая тенденция отмечена при обработке препаратами KS-31 у гибрида Нур, KS-25 и KS-38 – у гибрида РОСС-195. Положительного влияния на озерненность початков при применении эндофитных штаммов бактерий на кукурузе отмечено не было. Масса початков увеличивалась у гибрида Нур, в сравнении с контролем, в вариантах KS-25 (+14,3 г), KS-31 (+20,1 г) и PS-17 (+29,6 г). У гибрида РОСС-195 наибольшая масса початков отмечена в вариантах с препаратами KS-25 (225,5 г), KS-38 (237,4 г). У гибрида Краснодарский-230 при обработке препаратами KS-38 и PS-17 была отмечена наибольшая масса початков (229,7 и 235,5 г, соответственно).

Вследствие увеличения массы початка произошло увеличение и массы зерна с початка в этих же вариантах. Наибольшая масса зерна с початка была зафиксирована в вариантах PS-17 у гибрида Краснодарский-230 186,0 г и у гибрида РОСС-195 в варианте KS-38 180,8 г. Увеличение массы 1000 зерен произошло в вариантах KS-25 (+26 г), KS-31 (+27,2 г), KS-54 (+19,2 г), Консорциум (+10,4 г) и PS-17 (+25,6 г) у гибрида Нур, по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 1 –Ростовые показатели гибридов кукурузы (среднее за 2022–2023 года)

Гибрид (фактор А)	Препарат (фактор В)	Показатель		
		высота растений, см	надземная масса, т/га	площадь листьев, тыс. $м^2$/га
1	2	3	4	5
Фаза выметывания				
Нур	Контроль	118,3	20,53	23,18
	KS-25	116,4	21,84	31,71
	KS-31	109,8	16,88	24,21
	KS-38	129,1	21,28	28,80
	KS-54	120,5	18,19	23,75
	Консорциум	118,3	21,66	28,54
	PS-17	122,5	18,28	20,13
	среднее	119,3	19,81	25,76
РОСС-195	Контроль	96,4	19,41	34,05
	KS-25	79,8	18,47	29,13
	KS-31	86,1	22,59	30,03
	KS-38	82,8	23,63	36,93
	KS-54	79,8	17,81	24,35
	Консорциум	106,4	27,75	34,74
	PS-17	94,8	24,66	35,76
	среднее	89,4	22,05	32,14
Краснодарский-230	Контроль	75,8	16,41	22,83
	KS-25	71,1	14,16	22,45
	KS-31	69,0	14,44	20,82
	KS-38	76,3	19,22	29,12
	KS-54	103,1	24,47	35,16
	Консорциум	88,5	22,97	32,68
	PS-17	76,3	16,31	20,85
	среднее	80,0	18,28	26,27
Среднее	Контроль	96,8	18,78	26,69
	KS-25	89,1	18,16	27,76
	KS-31	88,3	17,97	25,02
	KS-38	96,1	21,38	31,62
	KS-54	101,1	20,16	27,75
	Консорциум	104,4	24,13	31,99
	PS-17	97,9	19,75	25,58
	среднее	96,2	20,05	28,06
$НСР_{05}$ А		11,5	2,38	3,37
$НСР_{05}$ В		9,6	2,06	2,92
$НСР_{05}$ АВ		19,9	4,13	5,84
Фаза формирование початков				
Нур	Контроль	123,7	36,75	23,94
	KS-25	144,7	33,13	29,92
	KS-31	138,3	39,13	32,42
	KS-38	139,7	35,13	25,51
	KS-54	137,3	32,75	26,27
	Консорциум	132,0	30,75	30,91
	PS-17	131,3	26,88	32,05
	среднее	135,3	33,50	28,72
РОСС-195	Контроль	172,7	40,25	36,51
	KS-25	171,7	25,13	47,90
	KS-31	175,7	52,63	46,94
	KS-38	189,3	47,25	46,61
	KS-54	164,7	56,13	39,31
	Консорциум	180,7	47,50	51,99
	PS-17	172,0	46,00	39,53
	среднее	175,3	44,98	44,11

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Краснодарский-230	Контроль	162,3	37,75	38,56
	KS-25	162,7	41,38	43,89
	KS-31	165,3	49,13	49,65
	KS-38	158,7	42,38	43,92
	KS-54	190,0	49,13	44,56
	Консорциум	178,3	44,50	49,76
	PS-17	157,7	35,25	37,73
	среднее	167,9	42,79	44,01
Среднее	Контроль	152,9	38,25	33,00
	KS-25	159,7	33,21	40,57
	KS-31	159,8	46,96	43,00
	KS-38	162,6	41,59	38,68
	KS-54	164,0	46,00	36,71
	Консорциум	163,7	40,92	44,22
	PS-17	153,7	36,04	36,44
	среднее	159,5	40,43	38,95
$НСР_{05}$ A		15,6	5,22	5,18
$НСР_{05}$ B		13,5	4,52	4,49
$НСР_{05}$ AB		27,1	9,04	8,98
Фаза молочной спелости				
Нур	Контроль	143,0	41,75	24,39
	KS-25	146,3	39,25	21,53
	KS-31	140,3	42,88	25,58
	KS-38	142,7	48,25	25,81
	KS-54	142,3	37,63	25,22
	Консорциум	133,7	42,75	19,38
	PS-17	133,3	38,00	16,47
	среднее	140,2	41,50	22,63
РОСС-195	Контроль	175,0	42,00	27,12
	KS-25	180,0	50,13	34,23
	KS-31	179,7	55,75	36,99
	KS-38	192,0	66,75	38,28
	KS-54	166,7	67,38	33,18
	Консорциум	186,3	49,38	30,68
	PS-17	174,7	54,38	38,45
	среднее	179,2	55,11	34,13
Краснодарский-230	Контроль	164,7	45,88	31,76
	KS-25	163,3	57,00	35,22
	KS-31	167,7	50,75	34,26
	KS-38	160,3	45,00	31,61
	KS-54	192,7	58,25	33,91
	Консорциум	181,7	56,00	25,53
	PS-17	163,3	38,13	31,31
	среднее	170,5	50,14	31,94
Среднее	Контроль	160,9	43,21	27,76
	KS-25	163,2	48,79	30,33
	KS-31	162,6	49,79	32,28
	KS-38	165,0	53,33	31,90
	KS-54	167,2	54,42	30,77
	Консорциум	167,2	49,38	25,20
	PS-17	157,1	43,50	28,74
	среднее	163,3	48,92	29,57
$НСР_{05}$ A		24,5	6,38	4,24
$НСР_{05}$ B		21,2	5,52	3,67
$НСР_{05}$ AB		42,4	11,04	7,35

У гибрида РОСС-195 наибольшая масса 1000 зерен была получена в варианте KS-38 – 382,6 г, что больше контрольного варианта на 42,9 г. У гибрида Краснодарский-230 наибольшая масса 1000 зерен была отмечена в варианте KS-54 – 419,6 г.

Таблица 2 – Элементы структуры урожая гибридов кукурузы (среднее за 2022–2023 года)

Вариант*	Длина початка, см	Длина невыполненной части початка, см	Кол-во рядов зерен в початке, шт.	Кол-во зерен в ряду, шт.	Озерненность початка, шт.	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Выход зерна с початка, %	Масса 1000 зерен, г
Гибрид Нур									
1	15,3	1,3	12,9	30,9	400,8	159,5	128,0	80,5	335,6
2	15,8	0,3	13,3	30,7	408,1	173,8	136,3	78,3	361,6
3	16,9	1,1	13,5	31,5	428,9	179,6	143,3	80,1	362,8
4	16,5	1,5	12,8	28,4	358,4	136,6	111,4	81,6	334,8
5	16,9	1,9	12,3	29,0	357,4	150,5	124,2	84,8	354,8
6	16,2	2,6	13,0	24,9	325,2	140,3	118,5	84,0	346,0
7	16,6	1,7	14,4	33,3	487,2	189,1	157,1	82,6	361,2
Среднее	16,3	1,5	13,2	29,8	395,1	161,3	131,3	81,7	351,0
Гибрид РОСС-195									
1	18,5	3,6	16,0	33,7	538,6	214,6	170,2	79,2	339,7
2	19,5	2,9	16,2	34,2	553,2	225,5	176,4	78,3	341,5
3	18,0	3,5	15,7	31,9	498,7	179,5	137,3	76,7	335,2
4	19,8	4,5	15,1	35,5	532,8	237,4	180,8	76,4	382,6
5	19,7	3,5	15,9	32,1	506,3	214,6	176,3	82,2	366,8
6	18,6	3,5	15,2	30,4	464,0	177,9	147,3	86,5	312,1
7	16,5	2,6	15,0	28,9	430,6	162,6	126,5	78,3	319,8
Среднее	18,7	3,4	15,6	32,4	503,5	201,7	159,3	79,7	342,5
Гибрид Краснодарский-230									
1	17,3	2,3	15,0	34,6	518,2	200,7	149,7	74,2	349,2
2	15,4	2,2	15,2	31,7	480,6	193,8	146,0	75,8	316,8
3	16,8	2,1	15,6	29,1	459,4	161,7	124,6	77,0	341,6
4	19,5	2,3	14,2	34,5	487,6	229,7	152,4	68,4	356,1
5	15,7	3,9	14,3	21,9	318,0	211,2	153,7	73,4	419,6
6	17,8	2,3	14,6	30,6	446,7	183,0	142,9	78,1	330,7
7	19,5	3,3	14,7	31,4	453,9	235,5	186,0	79,0	396,0
Среднее	17,4	2,6	14,8	30,5	452,1	202,2	150,8	75,1	358,6
Среднее									
1	17,0	2,4	14,6	33,1	485,9	191,6	149,3	78,0	341,5
2	16,9	1,8	14,9	32,2	480,6	197,7	152,9	77,5	340,0
3	17,2	2,2	14,9	30,8	462,3	173,6	135,1	77,9	346,5
4	18,6	2,8	14,0	32,8	459,6	201,2	148,2	75,5	357,8
5	17,4	3,1	14,2	27,7	393,9	192,1	151,4	80,1	380,4
6	17,5	2,8	14,3	28,6	412,0	167,1	136,2	82,9	329,6
7	17,5	2,5	14,7	31,2	457,2	195,7	156,5	80,0	359,0
Средне	17,5	2,5	14,5	30,9	450,2	188,4	147,1	78,8	350,7
$НСР_{05}$ А	1,8	0,4	1,7	3,7	65,4	28,4	16,4	8,3	46,4
$НСР_{05}$ В	1,6	0,3	1,5	3,2	56,7	24,6	14,2	7,2	40,2
$НСР_{05}$ АВ	3,2	0,6	3,0	6,4	113,4	49,2	28,4	14,3	80,3

** 1 – без препаратов, 2 – KS-25, 3 - KS-31, 4 -KS-38, 5 - KS-54, 6 – Консорциум, 7 – PS-17*

Включение эндофитных штаммов бактерий в технологию возделывания кукурузы поразному влияло на формирование урожайности зерна (табл. 3). Отмечены варианты, где происходило увеличение урожайности, и были варианты, где урожайность зерна была ниже контрольного варианта. У гибрида Нур наибольшая урожайность зерна сформировалась в варианте KS-25. Прибавка урожайности от опрыскивания этим препаратом составила

1,50 т/га. Прибавка урожайности при выращивании гибрида Нур была выявлена также в вариантах KS-31 (+0,71 т/га), KS-54 (+0,16 т/га) и PS-17 (+0,52 т/га). Не отмечено увеличения урожайности зерна кукурузы при обработке посевов в фазе 7…8 листьев препаратами KS-38 и Консорциум. Урожайность увеличивалась на 20 % при возделывании гибрида РОСС-195 и обработке препаратом KS-25. Урожайность зерна в этом варианте составила 7,77 т/га. Высокий уровень урожайности также сформировался в варианте KS-38. Прибавка урожайности от применения препарата здесь составила 0,99 т/га. В оставшихся вариантах урожайность была ниже контрольного варианта. Наибольшая урожайность зерна при выращивании гибрида Краснодарский-230 отмечена в варианте со стандартным препаратом – 7,39 т/га (прибавка урожайности 1,62 т/га). От опрыскивания кукурузы препаратом KS-54 урожайность зерна гибрида Краснодарский-230 увеличивалась на 24%, по сравнению с контрольным вариантом. Также прибавка урожайности зерна у этого гибрида была выявлена при опрыскивании препаратом KS-25 (+0,52 т/га). В остальных вариантах увеличения урожайности не происходило.

Таблица 3 – Урожайность кукурузы на зерно, т/га (среднее за 2022–2023 года)

Гибрид (фактор А)	Препарат (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, т/га
Нур	Контроль	5,44	-
	KS-25	6,94	1,50
	KS-31	6,15	0,71
	KS-38	3,63	-1,81
	KS-54	5,60	0,16
	Консорциум	3,54	-1,90
	PS-17	5,96	0,52
	среднее	5,32	-0,12
РОСС-195	Контроль	6,49	-
	KS-25	7,77	1,28
	KS-31	4,90	-1,59
	KS-38	7,48	0,99
	KS-54	5,89	-0,60
	Консорциум	5,26	-1,23
	PS-17	4,44	-2,05
	среднее	6,03	-0,46
Краснодарский-230	Контроль	5,77	-
	KS-25	6,29	0,52
	KS-31	4,79	-0,98
	KS-38	4,20	-1,57
	KS-54	7,15	1,38
	Консорциум	3,90	-1,87
	PS-17	7,39	1,62
	среднее	5,64	-0,13
Среднее	Контроль	5,90	-
	KS-25	7,00	1,10
	KS-31	5,28	-0,62
	KS-38	5,10	-0,80
	KS-54	6,21	0,31
	Консорциум	4,23	-1,67
	PS-17	5,93	0,03
	среднее	5,67	-0,23
$НСР_{05}$ А		0,67	
$НСР_{05}$ В		0,58	
$НСР_{05}$ АВ		1,15	

Опрыскивание препаратами с эндофитными штаммами бактерий увеличивало содержание белка в зерне кукурузы (табл. 4). Если в контрольном варианте в зерне гибрида Нур содержание белка составляло 11,8%, то от проведения опрыскивания значения показателя увеличились на 0,4…1,1%. Наибольшее увеличение содержания белка в зерне, по сравнению с контролем, отмечено в варианте KS-25. Содержание белка здесь составило 12,9%, против 11,8% в контрольном варианте. Меньше контроля содержание белка отмечено в вариантах KS-38 и PS-17. В зерне гибрида РОСС-195 содержание белка увеличивалось во всех вариантах с применением эндофитных штаммов бактерий на 0,5…1,5% при наибольшем значении в варианте KS-38 – 11,3% против 9,8% в контрольном варианте. У гибрида

Краснодарский-230 также отмечено увеличение содержания белка в зерне при опрыскивании препаратами с эндофитными штаммами бактерий. Наименьшее содержание белка зафиксировано в варианте Консорциум – 10,3%, наибольшее – в варианте KS-54 – 11,2%.

Таблица 4 – Содержание белка в зерне кукурузы, % (среднее за 2022-2023 года)

Гибрид (фактор А)	Препарат (фактор В)	Содержание белка, %	+/- к контролю
Нур	Контроль	11,8	-
	KS-25	12,9	+1,1
	KS-31	12,6	+0,8
	KS-38	11,3	-0,5
	KS-54	12,2	+0,4
	Консорциум	12,4	+0,6
	PS-17	10,3	-1,5
	Среднее	11,9	
РОСС-195	Контроль	9,8	-
	KS-25	10,9	+1,1
	KS-31	9,8	0
	KS-38	11,3	+1,5
	KS-54	10,3	+0,5
	Консорциум	10,5	+0,7
	PS-17	10,4	+0,6
	Среднее	10,4	
Краснодарский-230	Контроль	10,4	-
	KS-25	10,7	+0,3
	KS-31	10,4	0
	KS-38	10,9	+0,5
	KS-54	11,2	+0,8
	Консорциум	10,3	-0,1
	PS-17	10,6	+0,2
	Среднее	10,6	
Среднее	Контроль	10,7	-
	KS-25	11,5	0,8
	KS-31	10,9	0,3
	KS-38	11,2	0,5
	KS-54	11,2	0,6
	Консорциум	11,1	0,4
	PS-17	10,4	-0,2
	Среднее	11,0	
$НСР_{05}$ А		1,2	
$НСР_{05}$ В		1,0	
$НСР_{05}$ АВ		2,0	

Выводы. Применение новых перспективных препаратов на основе эндофитных штаммов бактерий в посевах гибридов кукурузы путем опрыскивания в фазе 7…8 листьев оказывает положительное влияние на рост, развитие, биометрические показатели, урожайность зерна и содержание белка. Линейное нарастание общего габитуса гибрида кукурузы Нур лучше происходило при обработке препаратами KS-25, KS-38 и KS-54; гибрида РОСС-195 – Консорциум, KS-31 и KS-38, гибрида Краснодарский-230 – KS-31 и KS-54. В фазе молочной спелости зерна самая высокая надземная масса гибрида Нур отмечена в варианте с KS-38 (48,25 т/га), у гибридов РОСС -195 и Краснодарский-230 – с KS-54 (67,38 т/га 58,25 т/га). Наибольшая площадь листьев гибрида Нур зафиксирована в фазе формирования початков при использовании KS-31, гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230– Консорциум.

Применение препаратов с эндофитными штаммами бактерий приводит к увеличению общей длины початков на 0,60…1,18 см, но не оказывает влияния на число рядов зерен в початках и их озерненность. Отмечена положительная связь между длиной початка и количеством зерен в ряду. Масса початков масса зерна с початка увеличиваются при обработке посевов препаратами KS-25 и KS-38. Урожайность гибрида Нур в варианте с KS-54 возрастает, по сравнению с контролем, на 2,9 %, PS-17 – на 9,6 %, KS-31 – на 13,1 %, KS-25 – на 27,6 %. У гибрида РОСС-195 при опрыскивании препаратом KS-38 прибавка составила 15,3%, KS-25 – 19,7 %, у гибрида Краснодарский-230 в варианте с KS-25 – 9,0 %, KS-54 – 24,0 %, PS-17 – 28,1%. Препараты с

эндофитными штаммами бактерий способствовали повышению содержания белка в зерне гибрида кукурузы Нур на 0,15%, РОСС-195 – на 0,73%, Краснодарский-230 – на 0,28%.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР №123031400113-5 при финансовой поддержке Минсельхоза России.

Литература

1. Эндофитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие / В. К. Чеботарь, А. В. Щербаков, Е. Н. Щербакова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 648–654. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.648rus.

2. Штаммы бактерий из биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР, обладающие ростстимулирующей активностью в отношении растений озимой пшеницы / А.М. Асатурова, Н.С. Томашевич, В.М. Дубяга и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 21-27.

3. Ростостимулирующие, антиоксидантные и фунгицидные свойства эндофитных бактерий Bacillus thuringiensis на картофеле при заражении ризоктониозом / В.С. Масленникова, В.П. Цветкова, Е.В. Бедарева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 7. С. 49-55.

4. Изучение влияния эндофитных бактерий рода Bacillus на рост и стрессоустойчивость проростков яровой пшеницы и сои / Г. Х. Шаймуллина, Р. И. Сафин, О. А. Егорова и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 4 (72). С. 53–59.

5. Курамшина З. М., Хайруллин Р. М. Повышение устойчивости растений к засухе с помощью эндофитных штаммов Bacillussubtilis // Физиология растений. 2023. Т. 70. № 3. С. 259–268. doi: 10.31857/S0015330322600760.

6. Гырнец Е.Ю., Асатурова А.М. Изучение полифункциональных свойств перспективных бактериальных агентов в отношении фитофагов и возбудителей болезней плодового ценоза // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 39-45.

7. Сафин Р. И. Особенности эндофитных бактерий и их использование в биологической защите растений // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 248–254.

8. Effect sof phenotypic variation on biological propertie sof endophytic bacteria Bacillus mojavensis PS17 / R. G. C. Diabankana, Sh. Z. Validov, A. B. Vyshtakalyuket, et al. // Biology. 2022. Vol. 11. No. 9. P. 1305. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138785/ (дата обращения: 13.09.2024). doi: 10.3390/biology11091305.

9. Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н., Арсланов А. И. Влияние перспективных штаммов эндофитных бактерий на содержание сырого жира и валовой сбор растительного масла различных гибридов подсолнечника // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 274–281.

10. Куликова, А. Х. Влияние цеолита и удобрений на его основе на урожайность кукурузы и баланс элементов питания в черноземе выщелоченном под ее посевами / А. Х. Куликова, А. В. Карпов, М. С. Черкасов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 69-75. doi 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75.

11. Якомаскин, С. С. Минеральное питание как основа физиологических процессов, происходящих в растениях / С. С. Якомаскин, В. И. Каргин, А. А. Зубарев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 36-40. doi 10.18286/1816-4501-2023-2-36-42.

12. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, М. Ф. Амиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 1 (73). С. 12–17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

13. Занилов А. Х., Лешкенов А. М., Конова С. Р. Влияние предпосевного обогащения почвы микроорганизмами на урожайность зерна кукурузы на фоне органо-минеральных систем удобрения // Почвы и окружающая среда: Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 02–06 октября 2023 года. Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, 2023. С. 271–275.

14. Potential of corn hybrids of universal use / M. Yu. Mikhailova, R. V. Minikaev, F. Sh. Faskhutdinov, et al. // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 52. P. 00085. URL:https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2022/11/bioconf_fies2022_00085.pdf (дата обращения: 13.09.2024). doi: 10.1051/bioconf/20225200085.

15. Перспективы повышения биологической активности биопрепаратов на основе бактерий рода Bacillus и нанокомпозитов хитозана (Обзор) / Л. Г. Яруллина, Ж. Н. Калацкая, Е. А. Черепанова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т. 59. № 5. С. 427–439. doi: 10.31857/S0555109923050185.

16. Эндофитные бактерии как агенты для биопестицидов нового поколения (обзор) / И. В.Максимов, Т. И.Максимова, Е. Р. Сарварова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2018. Т. 54. № 2. С. 134–148. doi: 10.7868/S0555109918020034.

17. Шабатуков А. Х., Хромова Л. М. Биологический контроль болезней кукурузы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Вестник АПК Ставрополья. 2019. № 3(35). С. 78–82. doi: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-78-82.

18. Круглов Ю. В., Лисина Т. О., Андронов Е. Е. Bacillus megaterium 501rif как антидот гербицида прометрина в посевах овса и кукурузы // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 481–488. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.481rus.

19. Перспективные свойства Bacillus Thuringiensis и направления их использования для защиты растений / Р. М. Хайруллин, А. В. Сорокань, В. Ф. Габдрахманова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т. 59. № 4. С. 337–354. doi: 10.31857/S0555109923040074.

20. Сидорова Т. М., Асатурова А. М., Аллахвердян В. В. Особенности антагонизма бактерий рода Bacil-

lus по отношению к токсиногенным грибам Fusarium при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 4 (61). С. 86–103. doi: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103.

21. Влияние кратности обработок картофеля эндофитными бактериями Bacillus subtilis на содержание пигментов в листьях, продуктивность и устойчивость к болезням / Л. И. Пусенкова, С. Р. Гарипова, К. А. Федорова, М. А. Дедова // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 10. С. 11-17. – doi: 10.53859/02352451_2022_36_10_11.

22. Михайлова М. Ю., Таланов И. П. Питательная ценность гибридов кукурузы при возделывании на зеленую массу // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 9–11.

23. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, М. Ф. Амиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 1 (73). С. 12–17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

24. Агротехнологии технических культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев и др. // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том 1. Часть 2. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. С. 178–250.

Сведения об авторах:

Михайлова Марина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: marisha.m.u@mail.ru

Миникаев Рогать Вагизович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения, e-mail: ragat@mail.ru

Колесар Валерия Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общего земледелия и защиты растений, e-mail: klerochka@gmail.com

Сабирова Разина Мавлетгараевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего земледелия и защиты растений, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru

Сочнева Светлана Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастры, e-mail: sochneva.sv1@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

ENDOPHYTIC STRAINS OF BACTERIA IN THE TECHNOLOGY OF CORN CULTIVATION FOR GRAIN

M. Yu. Mikhaylova, R. V. Minikaev, V. A. Kolesar, R. M. Sabirova, S. V. Sochneva

Abstract. The study of the effect of endophytic bacterial strains on the formation of the general habitus of the corn plant during the growing season, as well as the effect on grain yield, was carried out in the conditions of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan in 2022-2023. The soil of the experimental site was represented by a subtype of gray forest, the variety was heavy loamy. Endophytic bacterial strains were used in corn crops in the form of leaf dressing with a rate of 1.0 l/ha during the growing season in the 7-8 leaf phase. The technology of cultivation of corn for grain was generally accepted for the Republic of Tatarstan. A two-factor experiment was laid: hybrids (factor A) - early maturing Nur and ROSS-195, mid-early – Krasnodarskiy-230; preparations of endophytic bacterial strains (factor B) - without application (control), KS-25, KS-31, KS-38, KS-54, Consortium and PS-17 (standard). The years of research were characterized as moderately arid in terms of climatic conditions. The preparations had a positive effect on the height of plants, above-ground mass and leaf References area, which were determined in the phases of paniculation, cob formation and milk ripeness. The Nur hybrid responded positively to the treatment of crops with preparations KS-25, KS-38 and KS-54, the ROSS-195 hybrid - Consortium, KS-31 and KS-38, Krasnodarskiy-230 - KS-31 and KS-54. The highest aboveground mass in the experiment in the milk ripeness phase of the Nur hybrid was noted in the variant with KS-38 (48.25 t/ha), in the ROSS-195 and Krasnodarskiy-230 hybrids – with KS-54 (67.38 and 58.25 t/ha, respectively). The largest leaf area was observed in the cob formation phase of the Nur hybrid when used in the KS-31 variants, in the ROSS-195 and Krasnodarskiy-230 hybrids when treated with the Consortium preparation. The grain yield of the Nur hybrid in variants with the PS-17, KS-38 and KS-25 preparations increased by 9.6…27.6%, the ROSS-195 hybrid when sprayed with KS-38 and KS – by 15.3…19.7%, the Krasnodarskiy-230 hybrid when using KS-25, KS-54 and PS-17 – by 9.0…28.1%. Preparations with endophytic bacterial strains increased the protein content in the hybrid grain by 0.15…0.73%.

Key words: corn (Zea mays), grain, leaf dressing, endophytic bacterial strains, hybrids, biometrics, protein.

References

1. Chebotar VK, Shcherbakov AV, Shcherbakova EN. [Endophytic bacteria as a promising biotechnological resource and their diversity]. Selskokhozyaystvennaya biologiya. 2015; Vol.50. 5. 648-654 p. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.648rus.

2. Asaturova AM, Tomashevich NS, Dubyaga VM. [Bacterial strains from the bioresource collection of Federal Scientific Center for Biotechnology of Plant Protection, possessing growth-stimulating activity in relation to winter wheat plants]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 5. 21-27 p.

3. Maslennikova VS, Tsvetkova VP, Bedareva EV. [Growth-promoting, antioxidant and fungicidal properties of endophytic bacteria Bacillus thuringiensis on potatoes infected with rhizoctonia]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022; Vol.36. 7. 49-55 p.

4. Shaymullina GKh, Safin RI, Egorova OA. [Study of the influence of endophytic bacteria of the genus Bacillus on the growth and stress resistance of spring wheat and soybean seedlings]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 4 (72). 53-59 p.

5. Kuramshina ZM, Khayrullin RM. [Increasing plant resistance to drought using endophytic strains of Bacillussubtilis]. Fiziologiya rasteniy. 2023; Vol.70. 3. 259-268 p. doi: 10.31857/S0015330322600760.

6. Gyrnets EYu, Asaturova AM. [Study of the polyfunctional properties of promising bacterial agents in relation to phytophages and pathogens of fruit cenosis]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 5. 39-45 p.

7. Safin RI. [Features of endophytic bacteria and their use in biological plant protection]. Biologicheskaya zashchita rasteniy s ispolzovaniem genomnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossiiskoy

nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kazan, 26-27 oktyabrya 2022 goda. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennuy agrarnuy universitet. 2022; 248-254 p.

8. Diabankana RGC, Validov ShZ, Vyshtakalyuket AB. Effect sof phenotypic variation on biological propertie sof endophytic bacteria Bacillus mojavensis PS17. [Internet]. Biology. 2022; Vol.11. 9. 1305 p. [cited 2024, September 13]. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138785/. doi: 10.3390/biology11091305.

9. Suleymanov SR, Safiollin FN, Arslanov AI. [Effect of promising strains of endophytic bacteria on the content of crude fat and gross yield of vegetable oil of various sunflower hybrids]. Biologicheskaya zashchita rasteniy s ispolzovaniem genomnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kazan, 26-27 oktyabrya 2022 goda. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennuy agrarnuy universitet. 2022; 274-281 p.

10. Kulikova AKh, Karpov AV, Cherkasov MS. [Effect of zeolite and fertilizers based on it on corn yield and nutrient balance in leached chernozem under its crops]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2023; 2(62). 69-75 p. doi 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75.

11. Yakomaskin SS, Kargin VI, Zubarev AA. [Mineral nutrition as the basis of physiological processes occurring in plants]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2023; 2(62). 36-40 p. doi 10.18286/1816-4501-2023-2-36-42.

12. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The effect of foliar feeding on the formation of generative organs in maize]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 1(73). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

13. Zanilov AKh, Leshkenov AM, Konova SR. [Effect of pre-sowing enrichment of soil with microorganisms on the yield of corn grain against the background of organo-mineral fertilization systems. Soils and the environment: All-Russian scientific conference with International participation dedicated to the 55th anniversary of Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, October 02-06, 2023]. Novosibirsk: Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut pochvovedeniya i agrokhimii Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoy akademii nauk. 2023; 271-275 p.

14. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Faskhutdinov FSh. Potential of corn hybrids of universal use. [Internet]. BIO Web of Conferences. 2022; Vol.52. 00085 p. [cited 2024, September 13]. Available from: https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2022/11/bioconf_fies2022_00085.pdf. doi: 10.1051/bioconf/20225200085.

15. Yarullina LG, Kalatskaya ZhN, Cherepanova EA. [Prospects for enhancement of biological activity of biopreparations based on Bacillus bacteria and chitosan nanocomposites (review)]. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2023; Vol.59. 5. 427-439 p. doi: 10.31857/S0555109923050185.

16. Maksimov IV, Maksimova TI, Sarvarova ER. [Endophytic bacteria as agents for new generation biopesticides (review)]. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2018; Vol.54. 2. 134-148 p. doi: 10.7868/S0555109918020034.

17. Shabatukov AKh, Khromova LM. [Biological control of corn diseases in the steppe zone of Kabardino-Balkaria]. Vestnik APK Stavropolya. 2019; 3(35). 78-82 p. doi: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-78-82.

18. Kruglov YuV, Lisina TO, Andronov EE. [Bacillus megaterium 501rif as an antidote to the herbicide prometryn in oat and corn crops]. Selskokhozyaystvennaya biologiya. 2020; Vol.55. 3. 481-488 p. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.481rus.

19. Khayrullin RM, Sorokan AV, Gabdrakhmanova VF. [Promising properties of Bacillus Thuringiensis and directions of their use for plant protection]. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2023; Vol.59. 4. 337-354 p. doi: 10.31857/S0555109923040074.

20. Sidorova TM, Asaturova AM, Allakhverdyan VV. [Features of antagonism of bacteria of the genus Bacillus in relation to toxinogenic fungi Fusarium in protecting plants from disease and contamination with mycotoxins (review)]. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2021; Vol.16. 4 (61). 86-103 p. doi: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103.

21. Pusenkova LI, Garipova SR, Fedorova KA, Dedova MA. [Effect of the frequency of potato treatments with endophytic bacteria Bacillus subtilis on the pigment content in leaves, productivity and disease resistance]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022; Vol.36. 10. 11-17 p. – doi: 10.53859/02352451_2022_36_10_11.

22. Mikhaylova MYu, Talanov IP. [Nutritional value of corn hybrids when grown for green mass]. Agrarnaya nauka. 2016; 4. 9-11 p.

23. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The effect of foliar feeding on the formation of generative organs in corn]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 1 (73). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

24. Amirov MF, Valeev IR, Valiev AR. Agrotekhnologii tekhnicheskikh kultur. Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan. [Agrotechnologies of industrial crops. Farming system of the Republic of Tatarstan: in 3 parts]. In 3 parts. Vol.1. Part 2. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennuy agrarnuy universitet. 2014; 178-250 p.

Authors:

Mikhaylova Marina Yurevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: marisha.m.u@mail.ru

Minikaev Rogat Vagizovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: ragat@mail.ru

Kolesar Valeriya Aleksandrovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of General Agriculture and Plant Protection Department, e-mail: klerochka@gmail.com

Sabirova Razina Mavletgaraevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of General Agriculture and Plant Protection Department, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru

Sochneva Svetlana Viktorovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Land Management and Cadastres Department, e-mail: sochneva.sv1@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-27-32
УДК 632.752.2.634

ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТЛЕЙ (HEMIPTERA, APHIDIDAE) В АГРОЦЕНОЗЕ ОПЫТНОГО ПОЛЯ ВИЗР ПУШКИНСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В 2021–2023 году

Е. И. Овсянникова, М. Н. Берим

Реферат. Исследования проводили с целью анализа варьирования видового разнообразия и динамики численности тлей в пределах одного агроценоза в различных погодных условиях. Мониторинг видового состава и численности тлей проводили с использованием ловушки Малеза на опытном поле ВИЗР (Пушкинский район СПб) на протяжении вегетационных сезонов 2021–2023 года. За этот период выявлено 34 вида фитофагов, из которых 20 относятся к вредителям сельскохозяйственных культур, в том числе в 2021 году – 9 видов, в 2022 году – 11 видов, в 2023 году – 27 видов. Наименьшее количество особей в ловушке отмечено в 2021 году (36 шт.), в 2022 и 2023 году оно было приблизительно одинаковым (соответственно 97 и 101 шт.). Самое высокое число видов насекомых и особей на ловушку идентифицировано в 2023 году, что стало следствием благоприятного взаимовоздействия абиотических и биотических факторов. В 2021 году в ловушках преобладали дендрофильные тли, среди которых больше всего было европейской березовой тли. В 2022–2023 году превалировали злаковые тли. Много было также дендрофильных тлей и тлей, питающихся на бобовых культурах. В значительном количестве встречались серая свидинно-злаковая и большая злаковая тли. Среди зарегистрированных в 2023 году видов тлей 14 не встречались в предыдущие два года, в том числе такие вредители сельскохозяйственных культур, как обыкновенная картофельная, зеленая яблонная, зеленая розанная, бородавчатая и боярышниковая побеговая тли. Восемь видов относились к обитателям деревьев и кустарников несельскохозяйственного значения, пять видов – сорной растительности. Болотная травяная (Sipha glicerianae Kalt.) и оранжевая травяная (Atheroides serrulatus H.) тли идентифицированы на опытном поле ВИЗР впервые за годы исследований.

Ключевые слова: мониторинг, тли, видовое разнообразие, агроценоз, ловушка Малеза.

Введение. Тли выступают постоянными обитателями агроценозов на Северо-Западе России, встречаются ежегодно, в отдельные годы нанося существенный вред сельскохозяйственным культурам. Всего в Европейской части России их насчитывается более 200 видов [1], многие из которых представляются опасными вредителями возделываемых растений. Повреждают зерновые, зернобобовые, овощные, картофель и другие культуры. Обладая сложным жизненным циклом, характеризующимся наличием гетереций, сменой бесполого и полового поколений, живорождением и откладкой яиц, наличием бескрылых и крылатых форм, тли приспособились благополучно выживать в неблагоприятных условиях и быстро наращивать свою численность в благоприятных. Кроме того, эта группа насекомых известна своей способностью переносить опасные вирусные заболевания [2, 3].

В условиях Северо-Запада России особенности биологии злаковых тлей изучены многими исследователями [4, 5]. Высокая численность вредителей отмечена в 1988, 1999, 2002 годах.

Изучена также жизнедеятельность тлей на семенном картофеле в Гатчинском районе Ленинградской области [6], а также в нескольких районах Архангельской области [7].

В приведенных выше работах оценку численности тлей выполняли, преимущественно, с использованием желтых водных ловушек, а также подсчетом общего количества насекомых на модельных растениях. Наши исследования проведены с применением ловушки Малеза. На жизнедеятельность фитофагов оказывает воздействие комплекс абиотических и биотических факторов, влияющий на их видовое разнообразие, численность, которые существенно варьируют по годам.

За последние годы в Северо-Западном регионе России происходят значительные климатические изменения, что сказывается на количестве отлавливаемых видов, расширении ареала распространения многих видов.

Цель исследований – проанализировать варьирование видового разнообразия и динамики численности тлей в пределах одного агроценоза (на примере опытного поля ВИЗР) при использовании для отлова фитофагов ловушки Малеза в условиях трех вегетационных сезонов (2021–2023 годах), различавшихся по погодным условиям.

Условия, материалы и методы. Город Пушкин расположен в 24-х км к югу от Санкт-Петербурга на Ижорской возвышенности, поднимающейся на 150…160 м над уровнем моря, что обуславливает его особый микроклимат: среднее годовое количество осадков (около 550 мм) здесь меньше, чем в Санкт-Петербурге, но больше солнечных безоблачных дней.

Исследования проводили на опытном поле ВИЗР (Пушкинский район Санкт-Петербурга; 59°25′с.ш., 30°23′в.д.), общей площадью 4,6 га, где в течение последних трех лет возделывали постоянный набор овощных культур. Доминирующими выступали картофель, озимые и яровые злаки, кроме того, в меньших количествах высаживали белокочанную капусту, кабачки, баклажаны, томаты и зеленные культуры. Вдоль двух сторон поля произрастал многолетник – козлятник лекарственный (Galega officinalis, Fabaceae). Обработка

культур инсектицидами отсутствовала. Территория опытного поля по периметру была окружена деревьями и кустарниками. В 2021–2022 году ловушку Малеза устанавливали на одной стороне поля в единственном экземпляре, в 2023 г. были установлены 2 ловушки на противоположных концах поля на расстоянии 250 м друг от друга. Забор проб с энтомологическим материалом проводили 1 раз в неделю в течение вегетационного сезона, фиксировали в 70%-ном этаноле и идентифицировали по морфометрическим признакам [8].

Погодные условия в Пушкине в течение вегетационных сезонов 2021–2023 года получены из интернет-ресурса (рис. 1) [9].

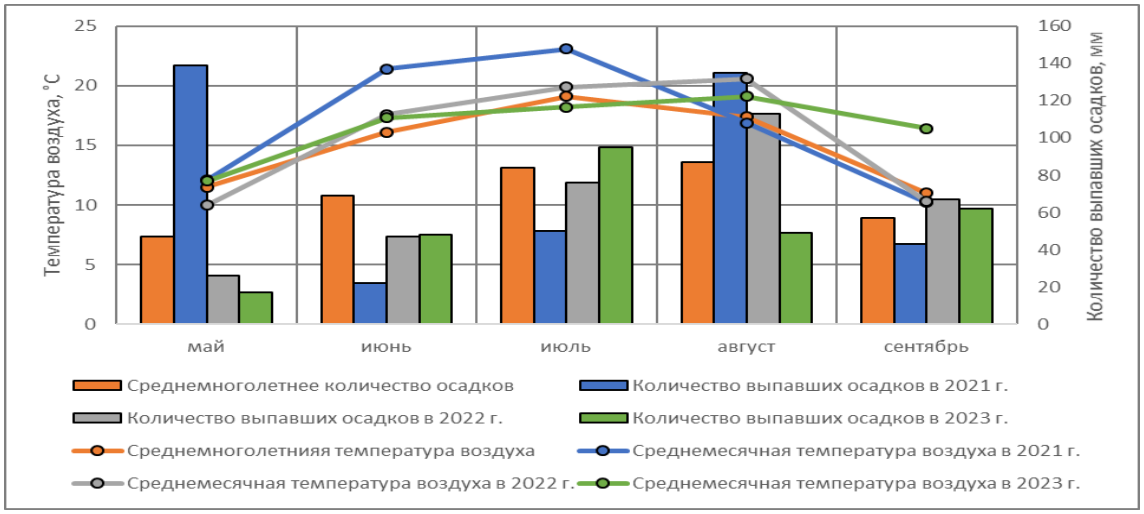


Рис. 1 – Метеорологические показатели в Санкт-Петербурге, 2021–2023 года

Результаты и обсуждение. На протяжении вегетационных сезонов 2021–2023 года в условиях агроценоза опытного поля ВИЗР было выловлено 34 вида тлей, из которых 20 относятся к вредителям сельскохозяйственных культур: в 2021 году – 9 видов, в 2022 году – 11 видов, а в 2023 году – 27 видов (рис. 2).

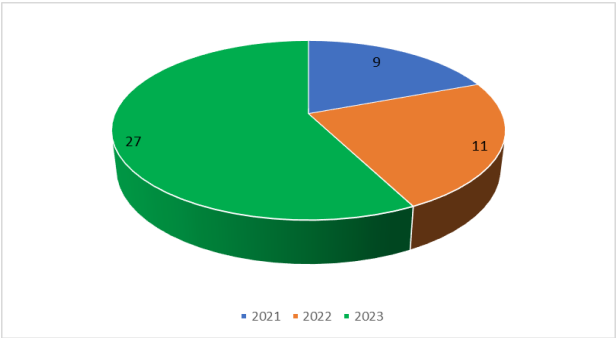


Рис.2 – Количество видов тлей на опытном поле ВИЗР в Пушкинском районе Санкт-Петербурга

Количество особей, отмеченных в ловушке, было наименьшим в 2021 году – 36, примерно одинаковым в 2022 и 2023 годах: 97 и 101 (рис. 3).



Рис.3 – Количество особей тлей, отловленных на опытном поле ВИЗР в Пушкинском районе Санкт-Петербурга

Видовой и количественный состав тлей, отловленных в агроценозе опытного поля ВИЗР (Пушкинский район СПб) с использованием ловушки Малеза за 2021 – 2023 год существенно различался по годам (рис. 4).

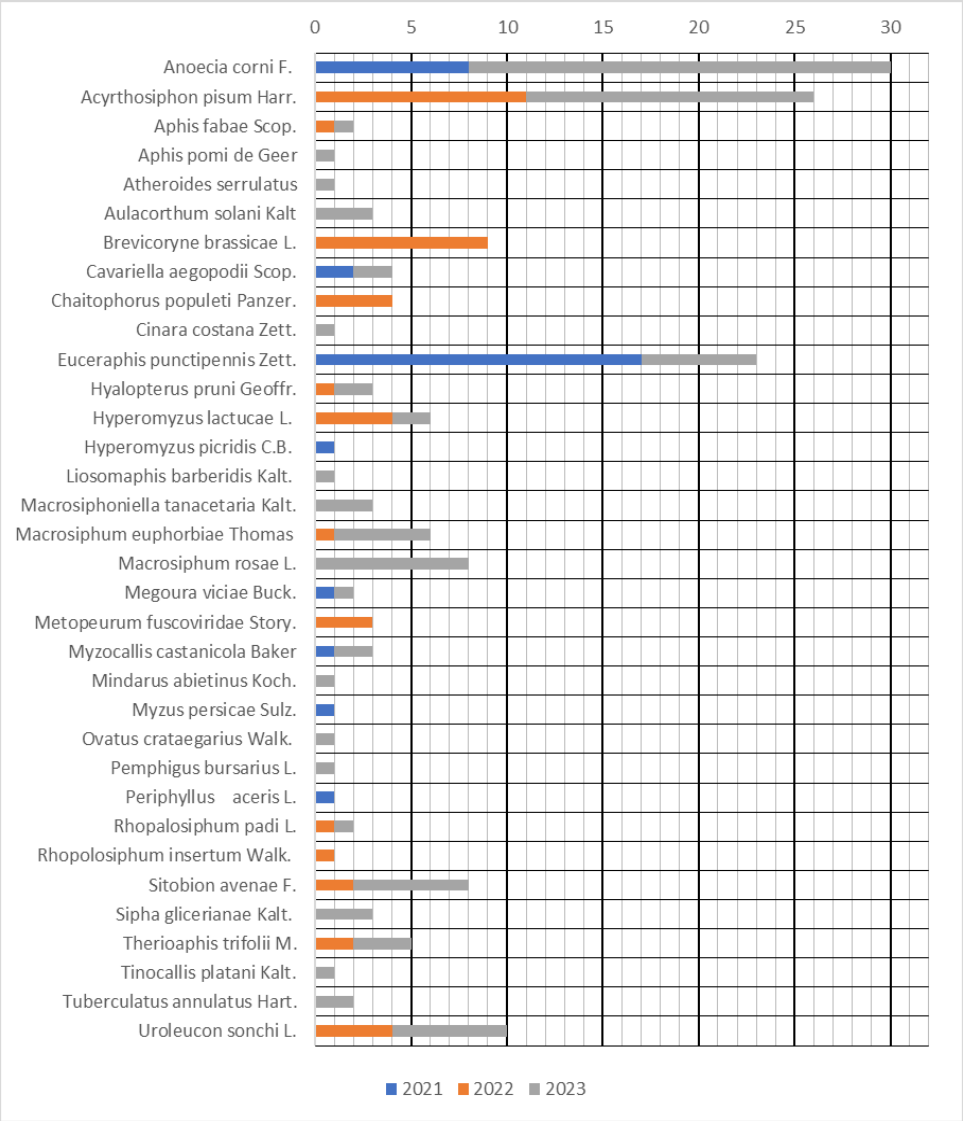


Рис. 4 – Видовой и количественный состав тлей, отловленных в агроценозах опытного поля ВИЗР Пушкинского района Санкт-Петербурга

Условно, всех отловленных ловушкой тлей за трехлетний период можно объединить в семь основных групп:

вредители картофеля (Aulacorthum solani Kalt., Macrosiphum euphorbiae Thomas, Myzus persicae Sulz.);

вредители бобовых культур (Acyrthosiphon pisum Harr. Aphis fabae Scop. Megoura viciae Buck. Therioaphis trifolii M.);

вредители овощных культур (Brevicoryne brassicae L. Cavariella aegopodii Scop.);

вредители зерновых культур (Anoecia corni F., Rhopalosiphum padi L., Sitobion avenae F., Atheroides serrulatus H., Sipha glicerianae Kalt.);

вредители плодовых и ягодных культур (Aphis pomi de Geer , Hyalopterus pruni Geoffr., Hyperomyzus picridis C.B., Macrosiphum rosae L., Ovatus crataegarius Walk., Hyperomyzus lactucae L., Rhopolosiphum insertum Walk.);

вредители деревьев и кустарников несельскохозяйственного значения (Chaitophorus populeti Panzer., Cinara costata Zett., Euceraphis punctipennis Zett., Liosomaphis barberidis Kalt., Myzocallis castanicola Baker, Mindarus abietinus Koch., Pemphigus bursarius L., Periphyllus aceris L., Tinocallis platani Kalt., Tuberculatus annulatus Hart.);

тли, развивающиеся на сорных растениях (Macrosiphoniella tanacetaria Kalt., Metopeurum fuscoviridae Story, Uroleucon sonchi L.).

В 2021 году наиболее многочисленными в ловушке были тли – вредители деревьев и кустарников несельскохозяйственного значения, а также бобовых культур (рис. 5). Чаще всего идентифицировали европейскую березовую и гороховую тли.

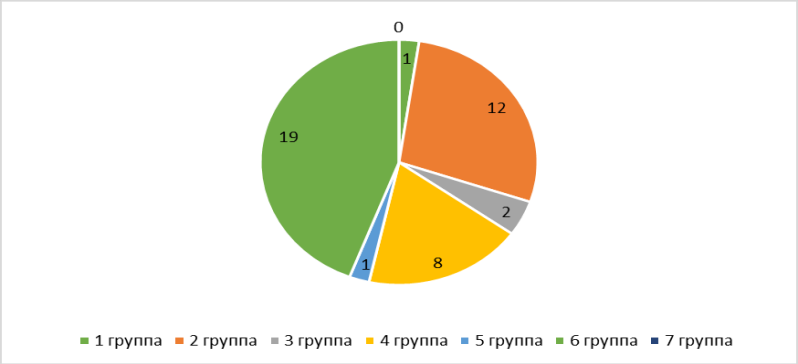


Рис. 5 – Количественное соотношение тлей, дифференцирующихся по группам кормовых растений (Пушкинский район Санкт-Петербурга, 2021 г.): 1 – картофель, 2 – бобовые, 3 – овощные, 4 – зерновые, 5 – плодовые и ягодные культуры, 6 – деревья и кустарники несельскохозяйственного назначения, 7 – сорная растительность

В 2022 году в ловушке преобладали тли, вредящие зерновым культурам, а также питающиеся на древесной и кустарниковой растительности несельскохозяйственного значения (рис. 6).

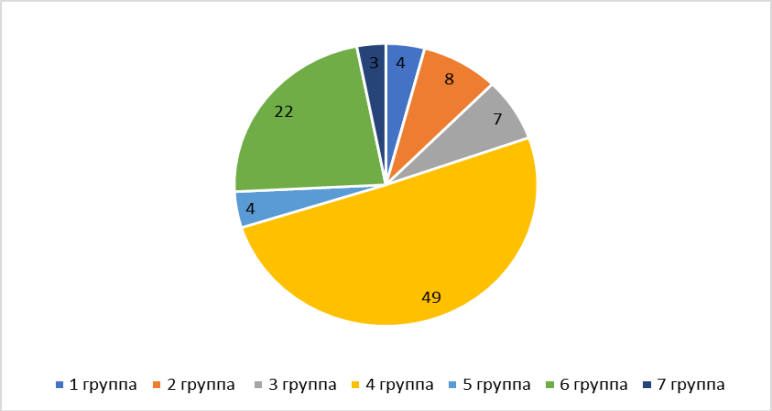


Рис. 6 – Количественное соотношение тлей, дифференцирующихся по группам кормовых растений (Пушкинский район Санкт-Петербурга, 2021 г.): 1 – картофель, 2 – бобовые, 3 – овощные, 4 – зерновые, 5 – плодовые и ягодные культуры, 6 – деревья и кустарники несельскохозяйственного назначения, 7 – сорная растительность

Среди видов, питающихся на зерновых культурах, в большем количестве встречались серая свидинно-злаковая и большая злаковая тли; среди видов, обитающих на деревьях и кустарниках – обыкновенная дубовая и тополиная тли. В 2023 году чаще всего отмечали серую свидинно-злаковую тлю, питающуюся на корнях злаков и злаковых трав, а также гороховую тлю (рис. 7).

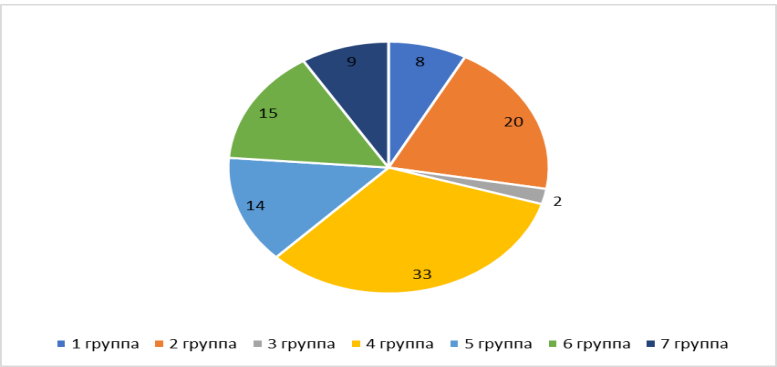


Рис. 7 – Количественное соотношение тлей, дифференцирующихся по группам кормовых растений (Пушкинский район Санкт-Петербурга, 2023 г.): 1 – картофель, 2 – бобовые, 3 – овощные, 4 – зерновые, 5 – плодовые и ягодные культуры, 6 – деревья и кустарники несельскохозяйственного назначения, 7 – сорная растительность

В зависимости от складывающихся условий в ловушке преобладали различные группы видов тлей: в 2021 году – дендрофильная афидофауна, в 2022 и 2023 годах – злаковые тли.

Подобное варьирование по годам может быть объяснено различными требованиями видов к температуре и влажности.

Погодные условия мая и первой декады июня 2021 году, в-целом, способствовали успешному развитию популяций насекомых, их миграции на вторичных хозяев и последующему размножению. Однако, в дальнейшем, температура воздуха поднялась на 4…6°С выше обычной при дефиците осадков (22% от нормы), что губительно воздействовало как на растения – хозяева, так и на насекомых. Дендрофильные же виды чувствовали себя лучше, так как обитали в тени листовой кроны, к тому же деревья более устойчивы к засухе. В дальнейшем, количество тлей в ловушке было на низком уровне (рис. 8).

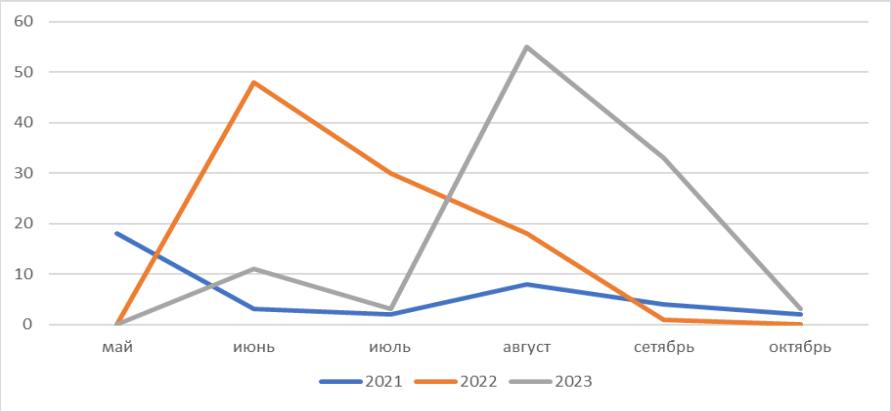


Рис. 8 – Динамика численности тлей, отловленных на опытном поле ВИЗР (Пушкинский район Санкт-Петербурга)

В 2022 году температура воздуха была, преимущественно, на уровне или выше среднемноголетних значений при умеренной влажности, что сказалось на значительном количестве отловленных ловушкой особей – 97 с преобладанием вредителей зерновых культур. В то же время количество видов выловлено немного – 11. Максимальной численность была в июне, периоде массовой миграции на вторичных хозяев и начале питания.

В 2023 году температура воздуха была также на уровне или выше обычной, особенно теплыми были август и сентябрь, что способствовало активному питанию насекомых и последующей ремиграции на первичных хозяев. Для серой свидинно-злаковой тли таковым хозяином служила, преимущественно, свидина белая Swida alba. В 2023 году выловлено наибольшее количество видов – 27, а также особей тлей – 101, в основном, в августе и сентябре.

Среди тлей, отловленных в 2021 году, 36,1% были вредители сельскохозяйственных растений, в 2022 году – 89,6%, в 2023 году – 77,2%. Среди зарегистрированных в 2023 году видов тлей, 14 не встречались в предыдущие два года. Среди них были вредители сельскохозяйственных культур: обыкновенная картофельная, зеленая яблонная, зеленая розанная, бородавчатая и боярышниковая побеговая тли. Восемь видов выступали обитателями деревьев и кустарников несельскохозяйственного значения, пять видов – сорной растительности. Болотная травяная тля (Sipha glicerianae Kalt.), а также оранжевая травяная тля (Atheroides serrulatus H.) впервые идентифицированы за годы наших исследований.

Выводы. Трехлетний мониторинг агроценоза опытного поля ВИЗР выявил 34 вида фитофагов, что указывает на их значительное видовое разнообразие в условиях Ленинградской области. При этом 20 видов относились к вредителям сельскохозяйственных растений (картофель, бобовые, овощные, зерновые, плодовые и ягодные культуры), а также деревьев и кустарников несельскохозяйственного значения. Некоторые виды служа переносчиками опасных вирусных заболеваний (большая злаковая, черемухово-злаковая, большая картофельная и др.), что свидетельствует о необходимости систематического контроля за динамикой их численности.

Наибольшее количество отловленных насекомых и их видов зафиксировано в вегетационном сезоне 2023 года, при этом максимальный отлов отмечен в августе – периоде накопления афидофауны и ремиграции их на первичных хозяев. Среднесуточные температуры воздуха в этот период были выше обычных при умеренном количестве осадков.

Температуры, превышающие климатическую норму, при незначительном количестве осадков действовали на тлей губительно, что наблюдалось в июне – июле 2021 года В этот период наибольшей выживаемостью характеризовались дендрофильные виды. Очевидно, что на жизнедеятельность насекомых неблагоприятно воздействуют как низкие, так и высокие температуры воздуха. Поскольку на протяжении 2021–2023 года, отличавшихся по погодным условиям, преобладали различные виды тлей, очевидно, что требования к абиотическим условиям у них отличные.

Литература

1.Шапошников Г. Х. Подотряд Aphidinea – тли. Определитель насекомых Европейской части СССР / Под ред. Бей-Биенко Г. Я. М.-Л.: Колос, 1964. С. 489–616.

2.Ерохова М. Д. Мониторинг тлей – переносчиков вирусов: международный и российский опыт // Защита картофеля. 2016. Т. 2. С. 24–30.

3.Фоминых Т. С., Иванова Г. П., Медведева К. П. Мониторинг вирусных болезней картофеля в Псковской и Астраханской областях России // Вестник защиты растений. 2017. № 4 (94). С. 29–34.

4.Vereshchagina A. B., Gandrabur E. S. Development of autumnal generations and oviposition in Metopolophium dirhodum Walk. (Hemiptera, Sternorrhyncha: Aphididae) // Entomological Review. 2021. Vol. 101. No. 8. P. 1024–1033.

5.Gandrabur E. S., Vereshchagina A. B. Features of bird-cherry that inhibits the breeding of the population Rhopalosiphum padi (L.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. No. 1. P. 83–91.

6.Species composition of aphids (Homoptera, Aphididae) on seed potato planting in North-West Russia / G. I. Sukhoruchenko, G. P. Ivanova, S. A. Volgarev, et al. // Entomological review. 2019. No. 8. P. 1113–1124. doi: 101134/S0013873819080050.

7.Шаманин А. А., Берим М. Н. Результаты мониторинга крылатых тлей (Hemiptera, Aphididae) на посадках картофеля в условиях Северного региона России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т.23. № 5. С.697–705. doi: 10.30766/2072–9081.2022. 23.5.697–705.

8.Remaudiee G., Seco Fernandez M. V. Claves de pulgones alados de la region Mediterranea // Universidad de Leon (название издания указано верно). 1990. Vol. 2. 205 p.

9.Погода и климат. URL: http:// pogodaklimat.ru> Saint-Petersburg> (дата обращения: 23.03.2024).

Сведения об авторах:

Овсянникова Елена Ивановна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов, e-mail: ovsyannikovae@mail.ru

Берим Марина Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов, e-mail: berim_m@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательского института защиты растений, Санкт-Петербург, Россия.

EVALUATION OF THE SPECIES DIVERSITY OF APHIDS (HEMIPTERA, APHIDIDAE) IN THE AGROCENOSIS OF VIZR EXPERIMENTAL FIELD IN PUSHKIN DISTRICT OF SAINT-PETERSBURG IN 2021-2023

E. I. Ovsyannikova, M. N. Berim

Abstract. The studies were conducted to analyze the variation in species diversity and the dynamics of aphid numbers within one agrocenosis under different weather conditions. Monitoring of the species composition and number of aphids was carried out using a Malaise trap in VIZR experimental field (Pushkinskшy district of St.Petersburg) during 2021-2023 growing seasons. During this period, 34 species of phytophages were identified, of which 20 are pests of agricultural crops, including 9 species in 2021, 11 species in 2022, and 27 species in 2023. The smallest number of individuals in the trap was noted in 2021 (36 pcs.), in 2022 and 2023 it was approximately the same (97 and 101 pcs., respectively). The highest number of insect species and individuals per trap was identified in 2023, which was a consequence of the favorable interaction of abiotic and biotic factors. In 2021, dendrophilous aphids predominated in the traps, among which the European birch aphid was the largest. In 2022-2023 the cereal aphids prevailed. There were also many dendrophilous aphids and aphids feeding on legumes. The gray pigweed-cereal aphid and the large cereal aphid were found in significant quantities. Among the aphid species registered in 2023, 14 had not been found in the previous two years, including such agricultural pests as the common potato aphid, green apple aphid, green rose aphid, warty aphid and hawthorn shoot aphid. Eight species were inhabitants of non-agricultural trees and shrubs, five species were weeds. The marsh grass (Sipha glicerianae Kalt.) and orange grass (Atheroides serrulatus H.) aphids were identified in VIZR experimental field for the first time in years of research.

Key words: monitoring, aphids, species diversity, agrocenosis, Malaise trap.

References

1. Shaposhnikov GKh. Podotryad Aphidinea – tli. Opredelitel' nasekomykh Evropeiskoi chasti SSSR. [Suborder Aphidinea – aphids. Identification of insects of the European part of the USSR]. Pod red. Bei-Bienko G.Ya. Moscow-Leningrad: Kolos. 1964; 489-616 p.

2. Erokhova MD. [Monitoring aphids – virus carriers: international and Russian experience]. Zashchita kartofelya. 2016; Vol.2. 24-30 p.

3. Fominykh TS, Ivanova GP, Medvedeva KP. [Monitoring of viral diseases of potatoes in Pskov and Astrakhan regions of Russia]. Vestnik zashchity rasteniy. 2017; 4 (94). 29-34 p.

4. Vereshchagina AB, Gandrabur ES. Development of autumnal generations and oviposition in Metopolophium dirhodum Walk. (Hemiptera, Sternorrhyncha: Aphididae). Entomological Review. 2021; Vol.101. 8. 1024-1033 p.

5. Gandrabur ES, Vereshchagina AB. Features of bird-cherry that inhibits the breeding of the population Rhopalosiphum padi (L.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). Agronomy Research. 2021; Vol.19. 1. 83-91 p.

6. Sukhoruchenko GI, Ivanova GP, Volgarev SA. Species composition of aphids (Homoptera, Aphididae) on seed potato planting in North-West Russia. Entomological review. 2019; 8. 1113-1124 p. doi: 101134/S0013873819080050.

7. Shamanin AA, Berim MN. [Results of monitoring winged aphids (Hemiptera, Aphididae) on potato plantings in the Northern region of Russia]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022; Vol.23. 5. 697-705 p. doi: 10.30766/2072–9081.2022. 23.5.697-705.

8. Remaudiee G, Seco Fernandez MV. Claves de pulgones alados de la region Mediterranea. Universidad de Leon. 1990; Vol.2. 205 p. French.

9. [Weather and climate]. [Internet]. [cited 2024, March 23]. Available from: http:// pogodaklimat.ru> Saint-Petersburg>.

Authors:

Ovsyannikova Elena Ivanovna – Ph.D. of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Phytosanitary Diagnostics and Forecasts, e-mail: ovsyannikovae@mail.ru

Berim Marina Nikolaevna – Ph.D. of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Phytosanitary Diagnostics and Forecasts, e-mail: berim_m@mail.ru

All-Russian Research Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-33-39
УДК 633.15:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОПРЕПАРАТА БИОСТИМ НА ПОСЕВАХ ОРОШАЕМОЙ КУКУРУЗЫ РОСС 140 СВ

Ф. Н. Сафиоллин, И. Ф. Яхин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов, А. З. Каримов

Реферат. Исследования проводили с целью изучения влияния минеральных удобрений и сертифицированного биопрепарата Биостим Кукуруза на рост гибрида кукурузы Росс 140 СВ при орошении. Полевой опыт проводили в условиях Республики Татарстан в 2021–2023 года. Объектом исследований служил районированный в седьмом регионе (Среднее Поволжье) гибрид Росс 140 СВ селекции Краснодарского НИИСХ им. П. П. Лукьяненко. В опыте изучали различные схемы применения препарата Биостим Кукуруза отдельно и в сочетании с фунгицидом Максим Голд. Использование Биостим Кукуруза в качестве протравителя семян перед посевом в дозе 2 л/т способствует увеличению урожайности зеленой массы. Еще более эффективно его совместное использование с протравителем Максим Голд. На фоне внесения расчетных норм минеральных удобрений это обеспечивает формирование дополнительно 1,8 т/га зеленой массы и превышение планируемой урожайности 50 т/га. Замена протравителя Максим Голд на препарат Биостим Кукуруза повышает эффективность использования минеральных удобрений и некорневой подкормки. Рентабельность производства зеленой массы кукурузы в варианте с комплексным использования агрохимикатов составляет 73,3 %, условно-чистый доход – 33,9 тыс. руб./га, себестоимость 1000 корм. ед. – 4,6 тыс. руб. Применение биопрепарата Биостим Кукуруза в технологии возделывания гибрида кукурузы Росс 140 СВ на орошении позволяет улучшить качество семян, увеличить урожайность зеленой массы и снизить себестоимость.

Ключевые слова: биопрепарат, Биостим Кукуруза, полевая всхожесть, рентабельность, себестоимость, плотность стеблестоя, кукуруза, урожайность, кормовая единица.

Введение. Кукуруза относится к числу культур с высоким требованием к плодородию почв. Это связано с образованием большого объема вегетативной массы (в 10 раз выше, по сравнению с яровыми зерновыми культурами) и потреблением значительного количества азота, фосфора и калия [1, 2, 3].

Корневая система кукурузы отличается среди других сельскохозяйственных культур своей уникальной структурой. Она состоит из четырех ярусов, каждый из которых выполняет свою специфическую функцию в обеспечении растения необходимыми питательными веществами и влагой, а также в поддержании его устойчивости к полеганию.

Однако из-за дороговизны минеральных удобрений, повышения затрат на их транспортировку, хранение и внесение полностью обеспечить потребности этой культуры в элементах питания становиться с каждым годом все сложнее [4, 5, 6]. В современном сельском хозяйстве важным аспектом выступает повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур на основе применения биопрепаратов [7, 8, 9]. Для достижения этой цели одним из наиболее перспективных подходов служит использование биопрепаратов, особенно содержащих легкоусвояемые аминокислоты, макро- и хелатные микроэлементы [10, 11, 12].

Среди таких биопрепаратов, сертифицированных и разрешенных к применению на территории Российской Федерации, выделяется Биостим Кукуруза. Он способствует улучшению роста и развития растений, повышению их устойчивости к стрессовым условиям и увеличению урожайности.

Цель исследований – изучить эффективность использования биопрепарата Биостим Кукуруза в сочетании с применением расчетных норм минеральных удобрений [13,14,15]. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

провести сравнительную оценку эффективности предпосевной обработки семян кукурузы биопрепаратом Биостим Кукуруза из расчета 2 л/т и фунгицидом Максим Голд – 1 л/т семян;

определить влияние препарата Биостим Кукуруза и расчетных норм минеральных удобрений на рост и развитие культуры, на ее урожайность, биохимический состав и валовые сборы кормовых единиц;

рассчитать экономическую эффективность применения биопрепарата Биостим Кукуруза.

Условия, материалы и методы. Стационарный полевой опыт проводили на орошаемых полях землепользования ООО «Кырлай» в Арском муниципальном районе в 2021–2022 годах. Исследования были продолжены в 2023 году на орошаемом опытном поле Агробиотехнопарка Казанского государственного аграрного университета (ГАУ), расположенном по координатам: широта – 55,5244865824, долгота – 48,274901646. Все лабораторные анализы выполняли в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ.

Объектом исследований служил районированный в 7 регионе (Среднее Поволжье) гибрид Росс 140 СВ селекции Краснодарского НИИСХ им. П. П. Лукьяненко (https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-ostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/117-tsb-343-kukuruza).

Серая лесная почва опытного поля Агробиотехнопарка Казанского ГАУ содержит в пахотном слое гумуса (по методу Тюрина)

3,2…3,6%, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 148…150 и 162…165 мг/кг, реакция почвенной среды – близкая к нейтральной (pH водной вытяжки – 5,8…6,0 ед.).

Схема опыта включала следующие варианты: без обработки семян и растений (контроль); обработка семян фунгицидом Максим Голд 1 л/т; обработка семян биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/т; обработка семян фунгицидом Максим Голд 1 л/т и биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/т; обработка растений биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/га; обработка семян фунгицидом Максим Голд 1 л/т + обработка растений биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/га; обработка семян биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/т + обработка растений биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/га; обработка семян фунгицидом Максим Голд 1 л/т и биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/т + обработка растений биопрепаратом Биостим Кукуруза 2 л/га.

Посев кукурузы осуществляли во второй декаде мая с шириной междурядий 70 см. Семена при норме высева 70 тыс. шт./га заделывали на глубину 6…8 см с прикатыванием.

Повторность опыта – 3-кратная, размещение делянок – систематическое. Каждая делянка имела площадь 126 м2 (4,2 м × 30 м).

Биопрепарат Биостим Кукуруза представляет собой комплексное удобрение, содержащее (г/л): свободные аминокислоты растительного происхождения (71,5), полисахариды (91,0), азот (58,5), фосфор (65,0), калий (32,5), магний (13,0), цинк (2,6), марганец (2,6), бор (1,3), медь (1,3), молибден (0,13), которые играют важную роль в различных биохимических процессах, происходящих в растении [16].

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались от среднемноголетних значений. В 2021 году отмечена крайне низкая влагообеспеченность вегетационного периода, сумма осадков составляла 55% от климатической нормы (230 мм). В то же время температура в среднем составляла 21,7°С при среднемноголетних значениях 17,3°С. Эти условия потребовали проведения трех поливов с нормой расхода воды от 350 до 400 м³/га. Полив проводился дождевальной машиной «Казанка».

Вегетационный период 2022 года был благоприятным для роста кукурузы. Благодаря достаточному количеству осадков в мае (78,4 мм), июне (19,3 мм) и июле (61,6 мм) обеспеченность влагой была удовлетворительной. В этих условиях двукратный полив из расчета 300…350 м³/га обеспечил оптимальные условия для развития растений.

В 2022 году благоприятные погодные условия и достаточное увлажнение способствовали лучшей урожайности, в то время как в 2023 году неблагоприятные погодные условия, включая дождливое и холодное начало вегетационного периода и недостаток или отсутствие осадков в июле (33,1) и августе (0,0), негативно повлияли на урожайность зеленой массы кукурузы. Для поддержания урожайности в условиях засухи и высоких температур были проведены три полива с нормой от 300 до 400 м³/га. Исследования проводили общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. Полевая всхожесть служит ключевым показателем их успешного развития и урожайности. Она зависит от множества факторов, включая тепло- и влагообеспеченность, качество предпосевной подготовки почвы, ее гранулометрического состава, глубины заделки семян, сроков и способов посева, а также биологических особенностей самой культуры [17]. Предпосевная обработка семян препаратами Максим Голд 1 л/т и Биостим Кукуруза 2 л/т увеличивает полевую с 84% в контроле до 93% в этих вариантах (табл. 1).

Таблица 1 – Полевая всхожесть и мощность роста всходов в зависимости от способов предпосевной подготовки семян кукурузы (2021–2023 года)

Вариант	Количество всходов, шт./м^2	Полевая всхожесть, %	Масса всходов до 1-го листа, г/раст.
Без обработки (контроль)	5,86	84	0,29
Максим Голд 1 л/т	6,38	91	0,34
Биостим Кукуруза 2 л/т	6,26	89	0,38
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т	6,54	93	0,40
Биостим Кукуруза 2 л/га	5,90	84	0,30
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	6,30	90	0,31
Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	6,32	90	0,39
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	6,40	91	0,39
$НСР_{05}$	0,28		0,07

Результаты определения сухой массы 1-го настоящего листа кукурузы показывают существенную разницу между вариантами опыта: максимальная величина (0,40 г/растение) была достигнута в варианте предпосевной обработки семян препаратами Максим Голд 1 + Биостим Кукуруза 2 л/т.

Корневая система кукурузы на начальном этапе органогенеза развивается медленно. Это подтверждается данными о глубине проникновения основной массы корней кукурузы в фазе образования 8…12 листа, которая составляет 24,3…29,1 см.

При предпосевной обработке семян смесью препаратов Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т отмечена значительная разница в глубине проникновения корней, по сравнению с контролем. В фазе образования 8…12 листьев эта разница составляет 3,5 см, а в фазе выбрасывания метелки – 7,5 см. Это может свидетельствовать о более активном развитии корневой системы при обработке семян.

Важно отметить, что эта тенденция сохраняется до начала уборки в молочно-восковой спелости зерна кукурузы в початках с влажностью 28…30 %. Кукуруза продолжает активно развивать свою корневую систему на поздних этапах роста, что способствует лучшему усвоению питательных веществ из почвы. Например, через 10 суток после посева в фазе появления колеоптиля первичные зародышевые корешки кукурузы занимали почвенный профиль от 3,8 до 4,5 см, а в фазе молочно-восковой спелости от 42,3 до 53,4 см (табл.2).

Таблица 2 – Динамика формирования корневой системы кукурузы по фазам развития (2021–2023 года), см.

Вариант	Посев - всходы	Образование 8…12 листьев	Выметывание метелки	Цветение	Молочно-восковая спелость
Без обработки (контроль)	3,8	25,6	32,8	40,4	42,3
Максим Голд 1 л/т	4,1	26,4	36,4	41,3	45,0
Биостим Кукуруза 2 л/т	4,3	26,9	38,7	42,8	45,7
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т	4,5	29,1	40,3	44,6	48,0
Биостим Кукуруза 2 л/га	3,6	24,3	36,4	42,1	44,9
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	3,8	25,9	38,7	43,6	46,5
Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	4,0	27,0	38,4	46,7	48,7
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	4,2	28,5	42,7	48,6	53,4
$НСР_{05}$	0,2	0,7	1,0	1,2	1,3

Отмечен значительный рост корневой системы при совмещении фунгицида Максим Голд с препаратом Биостим Кукуруза. Это свидетельствует о важности комплексного подхода к защите растений от корневых гнилей и фузариоза, а также обеспечении дополнительными питательными веществами на разных этапах развития культуры. В то же время, замена предпосевной обработки семян Биостимом листовой подкормкой по вегетации не дает желаемого эффекта.

Использование препаратов Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т приводит к увеличению плотности стеблестоя на 0,58 шт./м2 по сравнению с контролем. Сравнение протравителя Максим Голд 1 л/т и биопрепарата Биостим Кукуруза 2 л/т показывает, что протравитель обеспечивает более высокую плотность стеблестоя (5,46 шт./м2 против 5,39 шт./м2) благодаря более эффективной борьбе протравителя с болезнями кукурузы, такими как корневая гниль, фузариоз, пузырчатая головня, пыльная головня, белая гниль стеблей и ложная мучнистая роса (пероноспороз), особенно при орошении (см. рисунок) [18, 19].



Рисунок – Листья кукурузы, пораженные ложной мучнистой росой

Использование фунгицида Максим Голд в сочетании с биопрепаратом Биостим Кукуруза не только способствует защите растений, но и значительно увеличивает их продуктивность, что подчеркивает важность комплексного их применения (табл. 3).

Таблица 3 – Плотность стеблестоя и урожайность зеленой массы орошаемой кукурузы Росс 140 СВ (2021–2023 года)

Вариант	Плотность стеблестоя, шт./м^2	Урожайность зеленой массы	
		всего, т/га	прибавка, %
Без обработки (контроль)	5,04	46,1	-
Максим Голд 1 л/т	5,46	49,7	7,8
Биостим Кукуруза 2 л/т	5,39	48,5	5,2
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т	5,62	51,8	12,4
Биостим Кукуруза 2 л/га	5,21	47,4	2,8
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	5,30	49,6	7,6
Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	5,40	48,4	5,0
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	5,74	53,6	16,3
$НСР_{05}$	0,21	0,9	

Сочетание этих приемов на фоне расчетных норм минеральных удобрений позволяет максимально использовать потенциал кукурузы и достичь планируемой урожайности 50 т/га зеленой массы.

Использование фунгицида Максим Голд в сочетании с биопрепаратом Биостим Кукуруза привело к увеличению содержания сырого протеина в сухой массе кукурузы с 13,8% в контроле до 14,8%. Замена химического фунгицида на биопрепарат Биостим Кукуруза практически не влияла на содержания сырого протеина (14,1 и 14,0%), а также его переваримой формы (10,6 и 10,5%) (табл. 4).

Таблица 4 – Качество зеленой массы кукурузы в зависимости от применяемых препаратов (2021–2023 года), % на сухое вещество

Вариант	Сырой протеин	Переваримый протеин	Сумма сахаров	Сахаро-протеиновое соотношение
Без обработки (контроль)	13,8	10,4	8,6	0,83:1
Максим Голд 1 л/т	14,1	10,6	8,9	0,84:1
Биостим Кукуруза 2 л/т	14,0	10,5	8,7	0,83:1
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т	14,8	11,1	9,4	0,85:1
Биостим Кукуруза 2 л/га	13,9	10,4	8,8	0,85:1
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	14,6	11,0	9,2	0,84:1
Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	14,0	10,5	8,7	0,83:1
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	15,2	11,4	10,6	0,93:1

Использование фунгицида Максим Голд в сочетании с биопрепаратом Биостим Кукуруза привело к увеличению содержания сырого протеина в сухой массе кукурузы с 13,8% в контроле до 14,8%. Это может быть связано с улучшением условий для роста растений и снижением негативного воздействия патогенов.

Замена химического фунгицида на биопрепарат Биостим Кукуруза не оказывала существенного влияния на содержание сырого протеина (14,1 и 14,0%), а также его переваримой формы (10,6 и 10,5%). Это может быть обусловлено различиями в механизмах действия химических и биологических средств защиты растений.

Максимальное в опыте содержание сырого и переваримого протеина в кукурузе достигается при комплексном применении для обработки семян фунгицида Максим Голд (1 л/т) в

сочетании с биопрепаратом Биостим Кукуруза (2 л/т) и дополнительной листовой подкормкой растений Биостим Кукуруза (2 л/га) в период вегетации. В этом варианте содержание сырого протеина составило 15,2%, переваримого – 11,4% против соответственно 13,8 и 10,4% в контроле.

Важными проблемами в кормопроизводстве остаются дефицит белка и дисбаланс сахаро-протеинового соотношения. Зеленая масса кукурузы отличается высоким содержанием сахаров (8…9 %, по сравнению с 3…4 % в многолетних травах) [20, 21]. Это делает кукурузу привлекательным источником сахара для кормления животных. Использование биопрепарата Биостим Кукуруза значительно увеличивает содержание сахаров в зеленой массе кукурузы. Особенно эффективно сочетание предпосевной подготовки семян препаратами Максим Голд 1 л/т и Биостим Кукуруза 2 л/т, а также листовая подкормка растений, что приводит к увеличению содержания сахаров до 10,6% против 8,6 % в контрольном варианте. В результате сахаро-протеиновое соотношение в корме достигает идеального значения 0,93:1, что соответствует нормативным показателям для рациона кормления крупного рогатого скота, особенно дойных коров [22, 23].

Стоимость урожая зеленой массы кукурузы рассчитывали исходя из цены реализации зерна овса (8000 руб./т), 1 кг массы которого выступает эквивалентом кормовой единицы (табл. 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность применения биопрепарата Биостим на посевах орошаемой кукурузы (2021–2023 года)

Вариант	Продуктивность, тыс. корм. ед./га	Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	Затраты, тыс. руб./га	Условно чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость 1 корм. ед., руб.
Без обработки (контроль)	7,8	62,4	40,8	21,6	53,0	5,2
Максим Голд 1 л/т	8,4	67,2	42,4	24,8	58,5	5,0
Биостим Кукуруза 2 л/т	8,2	65,6	41,6	24,0	57,7	5,1
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т	9,3	74,4	45,1	29,3	65,0	4,8
Биостим Кукуруза 2 л/га	8,0	64,0	40,5	23,5	58,0	5,1
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	8,4	67,2	42,4	24,8	58,5	5,0
Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	8,2	65,6	41,6	24,0	57,7	5,1
Максим Голд 1 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/т + Биостим Кукуруза 2 л/га	10,1	80,8	46,9	33,9	73,3	4,6

При поливе кукурузы в Татарстане нормой 300…350 $м^3$/га затраты составляют 800…900 руб./га, или 2400…2700 руб./га в год. Это лишь 6,6% от общих затрат в контрольном варианте опыта.

Анализ экономической эффективности применения биопрепарата Биостим Кукуруза на посевах орошаемой кукурузы за период 2021–2023 года показывает, что комбинированное применение Максим Голд 1 л/т + Биостим 2 л/т + Биостим 2 л/га выступает наиболее экономически эффективным вариантом для увеличения урожайности и снижения себестоимости производства кукурузы на орошаемых посевах. При этом стоимость валовой продукции также была значительно выше, чем в контрольном варианте без обработки семян. Затраты составили 45,1 тыс. руб./га. Условно-чистый доход был на уровне 33,9 тыс. руб./га., а рентабельность – 73,3%. Себестоимость 1 корм. ед. стала наименьшей, составив 4,6 руб., что на 11,5 % меньше себестоимости в контрольном варианте (5,2 руб.).

Выводы. Применение биопрепарата Биостим Кукуруза в сочетании с обработкой семян Максим Голд при возделывании гибрида кукурузы Росс 140 СВ на орошении обеспечивает увеличение урожайности зеленой массы культуры, улучшение ее качества и снижение затрат на производство продукции.

Литература

1. Влияние минеральных удобрений на урожайность различных видов кормосмесей на серых лесных почвах Республики Татарстан / Г. С. Миннуллин, С. Р. Сулейманов, Р. М. Низамов, М. М. Маликов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4(38). С. 76-80.

2. Оценка гибридов кукурузы по хозяйственно-ценным признакам в южной лесостепной зоне Республики Башкортостан / И.Ю. Кузнецов, Б.Г. Ахияров, И.Г. Асылбаев и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 11. С. 38-42.

3. Иванов А. Л. Научно-технологическое развитие землепользования с использованием цифровых технологий в земледелии // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 522–524.

4. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России / А. Л. Иванов, В. В. Кулинцев, В. К. Дридигер и др. // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 4. С. 8–16.

5. Иванов А. Л., Столбовой В.С. Инициатива «4 промилле» – новый глобальный вызов для почв России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2019. № 98. С. 185–202. doi: 10.19047/0136-1694-2019-98-185-202.

6. Промежуточные итоги испытаний перспективных селекционных образцов кукурузы для условий Республики Татарстан, 2012–2014 гг. / Ю. В. Сотченко, В. С. Сотченко, О. В. Шайтанов и др. // Нива Татарстана. 2017. № 1-2. С. 33–36.

7. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на динамику влажности почвы, водопотребление и урожайность кукурузы при выращивании на силос / В. Н. Фомин, М. М. Нафиков, В. В. Медведев, Д. В. Якимов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 12-16.

8. Митрохина О. А. Оценка взаимосвязи урожаев основных сельскохозяйственных культур с содержанием микроэлементов в почвах ЦЧР / О. А. Митрохина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(61). С. 60-64. – doi: 10.18286/1816-4501-2023-1-60-64.

9. Никитин С. Н. Оценка изменения агроклиматического потенциала Ульяновской области на производство продукции растениеводства / С. Н. Никитин, Р. Б. Шарипова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(59). С. 36-42. – doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

10. Эффективность применения азотных удобрений и биопрепаратов на яровой пшенице / А.А. Алферов, С.Н. Никитин, Л.С. Чернова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 5. С. 39-42.

11. Low-Damage Corn Threshing Technology and Corn Threshing Devices: A Review of Recent Developments / X. Li, W. Zhang, Sh. Xu, et al. // Agriculture. 2023. Vol. 13. No. 5. P. 1006. URL: https://www.mdpi.com/2077-0472/13/5/1006 (дата обращения: 15.07.2024). doi: 10.3390/agriculture13051006.

12. Fosu P. The yield and price effects of growing genetically modified corn: evidence from the US corn belt // International Journal of Biotechnology. 2022. Vol. 1. No. 1. P. 1. URL: https://www.inderscience.com/offers.php?id=138703 (дата обращения: 15.07.2024). doi 10.1504/ijbt.2022.10049247.

13. Куликов Л. А. Динамика питательных элементов в растениях кукурузы под влиянием некорневых подкормок // Агрохимический вестник. 2016. № 4. С. 46-48.

14. Эффективность возделывания зеленой массы гибридов кукурузы на расчетных фонах минерального питания в условиях Предволжья Республики Татарстан / И. П. Таланов, Л. З. Каримова, Л. Т. Вафина, Г. К. Хузина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 1(43). С. 40-45.

15. Таланов И. П., Михайлова М.Ю. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на формирование зеленой массы гибридов кукурузы в условиях Предволжья РТ // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10, № 1(35). С. 137-140.

16. Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов и др. // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2023. № 115. С. 199–223.

17. Хисматуллин М. М. Практические приёмы частичной замены минеральных удобрений листовой подкормкой многолетних трав на серых лесных почвах Среднего Поволжья / М. М. Хисматуллин, М. М. Хисматуллин, Ф. Н. Сафиоллин // Кормопроизводство. 2019. № 7. С. 12-18.

18. Мухамадиев Р.Х., Низамов Р.М., Маликов М.М. Кормосмеси в системе кормопроизводства Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017.Т. 12. № 4(46). С. 20-22.

19. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на урожайность орошаемой кормовой кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / И. Ф. Яхин, Р. Х. Габитов, М. М. Хисматуллин и др. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. Т. 1. № 4 (4). С. 45–50.

20. Мингалев С.К. Снижение засоренности посевов кукурузы и ее урожайность // Аграрный вестник Урала. 2017. № 5 (159). С. 7.

21. Экономическая эффективность полевых севооборотов при оптимизации структуры посевных площадей / В. В. Чибис, С. П. Чибис, И. Н. Кутышев, Е. В. Фалалеева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4(46). С. 45-49.

22. Необходимость внедрения инновационных технологий в молочном животноводстве / Ф. Ф. Ситдиков, Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Шайдуллин, А. Б. Москвичева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4-2(56). С. 69-74.

23. Воронова И.В., Игнатьева Н.Л., Немцева Е.Ю. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 164–169.

Сведения об авторах:

Сафиоллин Фаик Набиевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, профессор, e-mail: faik1948@mail.ru

Яхин Ильдар Фаритович – аспирант, ассистент кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: ildarsuper97@bk.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Хисматуллин Марс Мансурович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, старший научный сотрудник Центра органического сельского хозяйства и производства экологически чистой продукции Академии наук Республики Татарстан, e-mail: rezi-almet@yandex.ru

Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Республике Татарстан, Казань, Россия

Лукманов Анас Ахтямович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, e-mail: agro-pai@mail.ru

Центр агрохимической службы «Татарский», Казань, Россия

Каримов Алмаз Закиянович – кандидат сельскохозяйственных наук, директор, e-mail: agroekonom-2006@mail.ru

ООО «Эконом», с. Верхнее Яхшеево, Актанышский р-н, Россия.

EFFICIENCY OF BIOSTIM BIOPREPARATION ON ROSS 140 SV CORN CROPS

F. N. Safiollin, I. F. Yakhin, M. M. Khismatullin, A. A. Lukmanov A. Z. Karimov

Abstract. The studies were conducted to study the effect of mineral fertilizers and the certified biopreparation Biostim Corn on the growth of the Ross 140 SV corn hybrid under irrigation. The field experiment was carried out in the conditions of the Republic of Tatarstan in 2021-2023. The object of the study was the Ross 140 SV hybrid zoned in the seventh region (Middle Volga region), bred by Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P.P.Lukyanenko. In the experiment, various schemes for using the Biostim Corn preparation separately and in combination with Maksim Gold fungicide were studied. The use of Biostim Corn as a seed dressing before sowing at a dose of 2 l/t helps to increase the productivity of green mass. Its combined use with Maksim Gold seed dressing is even more effective. Against the background of the

application of the calculated rates of mineral fertilizers, this ensures the formation of an additional 1.8 t/ha of green mass and an excess of the planned yield of 50 t/ha. Replacing Maksim Gold seed dressing with Biostim Corn increases the efficiency of using mineral fertilizers and foliar feeding. The profitability of green mass production of corn in the variant with the integrated use of agrochemicals is 73.3%, the conditional net income is 33.9 thousand rubles/ha, the cost of 1000 feed units is 4.6 thousand rubles. The use of the biopreparation Biostim Corn in the technology of cultivating the hybrid com Ross 140 SV on irrigation allows you to improve the quality of seeds, increase the productivity of green mass and reduce the cost.

Key words: biopreparation, Biostim Corn, field germination, profitability, cost price, stem density, corn, productivity, feed unit.

References

1. Minnullin GS, Suleymanov SR, Nizamov RM, Malikov MM. [The influence of mineral fertilizers on productivity of various types of forage mixtures on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; Vol.10. 4(38). 76-80 p.

2. Kuznetsov IYu, Akhiyarov BG, Asylbaev IG. [Evaluation of corn hybrids for economically valuable traits in the southern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan].Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023;Vol.37.11.38-42p.

3. Ivanov AL. [Scientific and technological development of land use using digital technologies in agriculture]. Vestnik Rossiiskoy akademii nauk. 2019; Vol.89. 5. 522-524 p.

4. Ivanov AL, Kulintsev VV, Dridiger VK. [On the feasibility of developing the direct seeding system on Russian chernozems]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021; Vol.35. 4. 8-16 p.

5. Ivanov AL, Stolbova VS. [The 4 ppm initiative is a new global challenge for Russian soils]. Byulleten Pochvennogo instituta imeni V.V.Dokuchaeva. 2019; 98. 185-202 p. doi: 10.19047/0136-1694-2019-98-185-202.

6. Sotchenko YuV, Sotchenko VS, Shaytanov OV. [Interim results of testing promising breeding samples of corn for the conditions of the Republic of Tatarstan, 2012-2014]. Niva Tatarstana. 2017; 1-2. 33-36 p.

7. Fomin VN, Nafikov MM, Medvedev VV, Yakimov DV. [The influence of primary tillage methods and fertilizers on the dynamics of soil moisture, water consumption and producitivty of corn when grown for silage]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; Vol.31. 12. 12-16 p.

8. Mitrokhina OA. [Assessment of the relationship between the yields of major agricultural crops and the content of microelements in soils of the Central Black Earth Region]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2023; 1(61). 60-64 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2023-1-60-64.

9. Nikitin SN, Sharipova RB. [Assessment of changes in the agroclimatic potential of Ulyanovsk region for crop production]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2022; 3(59). 36-42 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

10. Alferov AA, Nikitin SN, Chernova LS. [Efficiency of application of nitrogen fertilizers and biopreparations on spring wheat]. Rossiiskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2023; 5. 39-42 p.

11. Li X, Zhang W, Xu Sh. Low-damage corn threshing technology and corn threshing devices: a review of recent developments. [Internet]. Agriculture. 2023; Vol.13. 5. 1006 p. [cited 2024, July 15]. Available fromhttps://www.mdpi.com/2077-0472/13/5/1006. doi: 10.3390/agriculture13051006.

12. Fosu P. The yield and price effects of growing genetically modified corn: evidence from the US corn belt. [Internet]. International Journal of Biotechnology. 2022; Vol.1. 1. 1 p. [cited 2024, July 15]. Available from: https://www.inderscience.com/offers.php?id=138703. doi 10.1504/ijbt.2022.10049247.

13. Kulikov LA. [Dynamics of nutrients in corn plants under the influence of foliar feeding]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2016; 4. 46-48 p.

14. Talanov IP, Karimova LZ, Vafina LT, Khuzina GK. [Efficiency of cultivation of green mass of corn hybrids on the calculated backgrounds of mineral nutrition in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 1(43). 40-45 p.

15. Talanov IP, Mikhaylova MYu. [Influence of calculated rates of mineral fertilizers on the formation of green mass of corn hybrids in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; Vol.10. 1(35). 137-140 p.

16. Safiollin FN, Khismatullin MM, Lukmanov AA. [Productivity of corn Ross 140 depending on the level of chemicalization of zonal soils of the Republic of Tatarstan]. Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V.Dokuchaeva. 2023; 115. 199-223 p.

17. Khismatullin MM, Khismatullin MM, Safiollin FN. [Practical methods of partial replacement of mineral fertilizers with foliar feeding of perennial grasses on gray forest soils of Volga region]. Kormoproizvodstvo. 2019; 7. 12-18 p.

18. Mukhamadiev RKh, Nizamov RM, Malikov MM. [Feed mixtures in the forage production system of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 4(46). 20-22 p.

19. Yakhin IF, Gabitov RKh, Khismatullin MM. [The effect of calculated rates of mineral fertilizers on the yield of irrigated fodder corn on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; Vol.1. 4 (4). 45-50 p.

20. Mingalev SK. [Reducing weed infestation of corn crops and its yield]. Agrarnuy vestnik Urala. 2017; 5 (159). 7 p.

21. Chibis VV, Chibis SP, Kutyshev IN, Falaleeva EV. [Economic efficiency of field crop rotations when optimizing the structure of sown areas]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 4(46). 45-49 p.

22. Sitdikov FF, Ziganshin BG, Shaydullin RR, Moskvicheva AB. [The need to introduce innovative technologies in dairy farming]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 4-2(56). 69-74 p.

23. Voronova IV, Ignateva NL, Nemtseva EYu. [Modern aspects of feeding dairy cows]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2021; 1 (53). 164-169 p.

Authors:

Safiollin Faik Nabievich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Land Management and Cadastre Department, e-mail: faik1948@mail.ru

Yakhin Ildar Faritovich – graduate student, assistant of Land Management and Cadastre Department, e-mail: ildarsuper97@bk.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Khismatullin Mars Mansurovich – Doctor of Agricultural Sciences, Director, Senior Researcher of the Center for Organic Agriculture and Production of Environmentally Friendly Products of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, e-mail: rezi-almet@yandex.ru

Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply in the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Lukmanov Anas Akhtyamovich – Doctor of Agricultural Sciences, Director, e-mail: agro-pai@mail.ru

Center for Agrochemical Service “Tatarskiy”, Kazan, Russia

Karimov Almaz Zakiyanovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Director, e-mail: agroekonom-2006@mail.ru

LLC “Economy” Verkhnee Yakhsheevo settlement, Aktanysh district, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-40-47
УДК 633.81:57.085.2

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДЛЯ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ *IN VITRO* *THYMUS SERPYLLUM* L. И *THYMUS CAUCASICUS WILLD*

А. Ш. Тевфик, Н. А. Егорова

Реферат. Исследования проводили с целью оптимизации условий культивирования для второго этапа клонального микроразмножения *Thymus caucasicus Willd*. и *Thymus serpullum* L. Сегменты стебля с одним узлом (8…10 мм), полученные при микрочеренковании побегов, культивировали на 10 различных питательных средах Мурасиге и Скуга (МС), содержащих 2% сахарозы и 0,8% агар-агара, с добавлением кинетина, тидиазурона, бензиламинопурина (БАП), индолилуксусной и гиббереллловой кислот. При микроразмножении использовали различные культуральные сосуды (банки, колбы, пробирки). Продолжительность цикла выращивания варьировала от 40 до 70 сут. Самый высокий коэффициент размножения у T. *serpyllum* отмечали на среде МС с содержанием 1,0 мг/л БАП и составляет 6,7, T. *caucasicus* – на среде МС с 1,0 мг/л кинетина (16,1). Наибольшая эффективность культивирования обеих видов тимьяна достигалась в банках, при использовании которых коэффициент размножения был выше, чем при выращивании в пробирках или колбах, в 1,4…2,1 раза. Изучаемые виды тимьяна целесообразно культивировать при стандартном цикле 40 сут. Лучшие сочетания различных факторов размножения тимьяна способствовали максимальному проявлению морфогенетического потенциала в экспериментах *in vitro*. Наибольшее влияние на коэффициент размножения оказывали тип культурального сосуда, взаимодействие состава питательной среды и генотипа, а также состав питательной среды (доли влияния факторов составляли от 20,0% до 25,3%). Результаты исследований послужили основой разработки протокола, который можно использовать для ускоренного микроразмножения T. *caucasicus* и T. serpullum.

Ключевые слова: тимьян ползучий (*Thymus serpullum* L.), тимьян кавказский (*Thymus caucasicus Willd*.), клональное микроразмножение, *in vitro*, регуляторы роста.

Введение. В последние годы в медицине огромное значение уделяют фитопрепаратам. Внимание учёных сосредоточено на растениях рода *Thymus*, эфирное масло которых применяют в качестве мочегонных, антиоксидантных, успокаивающих, жаропонижающих, а также противосудорожных лекарственных средств. Имеются сведения об использовании препаратов из этого растения в виде мазей и компрессов при болях в суставах, ревматизме и при кожных заболеваниях [1, 2]. В эфирном масле ряда видов Thymus содержится ценное фенольное соединение – тимол, которое обладает бактерицидным, противовирусным, противогрибковым и противовоспалительным действием [3, 4, 5]. Существуют научные исследования, в которых описывается применение тимьяна при нарушениях работы пищеварительной системы, а также как вспомогательное средство для выведения желчи [6]. Издавна известно использование настоев и отваров из растительного сырья тимьяна, как лекарственных средств, обладающих отхаркивающим и антисептическим действием. Поэтому их включают в терапии заболеваний дыхательной системы (бронхита, ларингита, ангины и трахеита) [7, 8].

В последние десятилетия все больше видов сельскохозяйственных растений размножают с привлечением приемов культуры *in vitro*, которые позволяют повысить эффективность традиционного размножения и получить растения, оздоровленные от грибных, бактериальных, а при использовании хемо- или термотерапии, и вирусных инфекций. Методы микроразмножения также необходимы при разработке биотехнологий депонирования растений в условиях *in vitro* [9, 10].

Для достижения эффективности процесса микроразмножения *in vitro* необходимо оптимизировать состав питательной среды для каждого этапа и подобрать оптимальные условия культивирования, такие как продолжительность цикла выращивания, тип культурального сосуда и другие факторы. При этом для каждого вида или даже сорта растения разрабатывают конкретную методику клонального размножения [11, 12].

При анализе литературных источников по микроразмножению видов рода *Thymus* не было выявлено данных о комплексном влиянии условий культивирования на морфогенетический потенциал эксплантов. Отсутствуют публикации о зависимости коэффициента размножения тимьяна *in vitro* от продолжительности цикла выращивания и типа культурального сосуда. Кроме того, описанные в научных работах результаты отечественных и зарубежных ученых, касающиеся состава регуляторов роста в питательной среде и других вопросов, довольно противоречивы [13, 14]. Экпланты *T. sibthorpii*, по данным авторов, необходимо культивировать на безгормональной питательной среде [15]. В большинстве публикаций отмечают, что наивысший коэффициент размножения достигается в вариантах, где питательная среда содержит цитокинины. Так, для *T. pallidus* необходимо добавление кинетина или аденина [16], для *T.* serpyllum – совместно БАП и кинетина [17], для *Thymus vulgaris* – изопентиладенина [18]. Применение существующих протоколов размножения тимьяна при работе с новыми видами или образцами затруднено из-за отсутствия унифицированных методических подходов.

Цель исследования – оценка влияния гормонального состава питательной среды и условий культивирования на морфогенез эксплантов двух видов рода *Thymus* для разработки методики микроразмножения *in vitro*.

Условия, материалы и методы. В ходе исследования в качестве исходных взяты растения тимьяна ползучего (*Thymus serpullum* L.) и тимьяна кавказского (*Thymus caucasicus Willd*.), которые были выращены в условиях закрытого грунта. Растения *T.* serpyllum получены из коллекции генофонда пряно-ароматических, эфиромасличных и лекарственных растений ФГБУН «НИИСХ Крыма» (УНУ № 507515), а *T. caucasicus* – из коллекции Южно-Уральского ботанического сада -института Уфимского федерального исследовательского центра РАН.

В ходе работы применены общепринятые методы культуры органов и тканей растений [10, 11]. Для введения в культуру *in vitro* использовали ранее оптимизированные для этих видов растений питательные среды Мурасиге и Скуга (МС) [19].

На этапе собственно микроразмножения в условиях ламинарного бокса проводили микрочеренкование полученных при введении *in vitro* побегов. Выделенные сегменты стебля с одним узлом длиной 8…10 мм выращивали на модификациях питательной среды МС (фактор А), с добавлением кинетина (Кин.), тидиазурона (ТДЗ), бензиламинопурина (БАП), индолилуксусной кислоты (ИУК), гибберелловой кислоты ($ГК_3$) (Sigma, США), 2% сахарозы и 0,8 % агар-агара (Fujian Putian, Китай). Состав регуляторов роста в питательной среде был выбран на основании наших предварительных исследований микроразмножения тимьяна обыкновенного [20]. Для выращивания эксплантов использовали разные культуральные сосуды – пробирки (15×160 мм), стеклянные банки (200 мл) и колбы (200 мл), закрытые фольгой.

Культивирование осуществляли при +24…+26 °С, относительной влажности воздуха 70 % и освещенности 2…3 тыс. люкс с фотопериодом 16 часов. На 30-, 40-, 50-, 60- и 70-е сутки цикла выращивания анализировали различные параметры: длину и число микропобегов и корней, количество узлов на побеге, количество оводненных микропобегов и другие. Для расчета коэффициента размножения количество сформированных побегов умножали на число узлов на побеге.

Повторность эксперимента – 3-кратная, количество эксплантов в каждой повторности – 20. Изучение влияния факторов на различные параметры микроразмножения проведено с использованием 2-факторных лабораторных опытов. Для статистической обработки данных применяли методы вариационной статистики (пакет программ Microsoft Office, Excel 2010). В таблицах и на графиках представлены средние арифметические и их ошибки на 5%-ном уровне значимости. В отдельном заключительном эксперименте для определения доли влияния отдельных факторов на коэффициент размножения проведен дисперсионный анализ (с использованием программы Statistica 10.0) влияния 4 факторов: генотипа (2 вида тимьяна), состава питательной среды (6 вариантов среды МС), типа культурального сосуда (пробирки, колбы, банки), продолжительности цикла выращивания (30, 40, 50, 60, 70 сут).

Результаты и обсуждение. На втором этапе размножения *in vitro* на микрорастениях формировались пазушные и адвентивные побеги. На эффективность этого этапа влиял генотип, состав питательной среды, а также условия культивирования – тип используемого для выращивания сосуда и продолжительность цикла выращивания.

Состав питательной среды. При сравнении числа побегов на 1 эксплант на питательных средах разного гормонального состава выявлен рост величины этого параметра у *T. serpullum* при культивировании на среде МС, содержащей 1,0 мг/л БАП или 1,0 мг/л ТДЗ (рис. 1а), по сравнению со средами с добавлением кинетина. У *T. caucasicus* отмечено достоверное повышение числа побегов при использовании безгормональной среды МС или введении в состав питательной среды кинетина, по сравнению с добавлением БАП или ТДЗ.

Анализ зависимости длины побега (рис. 1б) от типа и содержания регуляторов роста в питательной среде МС выявил, что максимального значения этот показатель у обоих видов достигал при использовании 1,0 мг/л кинетина. Применение в качестве цитокинина БАП или ТДЗ способствовало снижению длины микропобегов в 2,4…4,8 и 2,4…2,7 раза, по сравнению с кинетином, соответственно.

Для T. *caucasicus* оптимальной оказалась среда МС с добавлением кинетина в количестве 1,0 мг/л. Так, на этой среде при оптимальных условиях культивирования коэффициент размножения достигал 16,1.

При использовании БАП или ТДЗ у T. *caucasicus* наблюдали образование витрифицированных микропобегов с частотой от 41,3 до 49,3% (табл. 1). Полученные результаты указывают на нерациональность применения указанных регуляторов роста для этого вида.

При выращивании эксплантатов T. *serpyllum* отмечены значительные коэффициенты размножения (от 6,8 до 9,6) при использовании сред с тидиазуроном. Однако применение этого цитокинина как и в случае с T. *caucasicus* вызывало аналогичные нежелательные проявления в асептической культуре (витрификацию побегов от 56,3 до 82,6 %). В связи с этим мы рекомендуем воздержаться от использования этих сред для T. serpyllum.

У тимьяна ползучего на среде МС с 1,0 мг/л БАП оводненные побеги не формировались и коэффициент размножения достигал максимального значения – 6,7. Поэтому мы считаем эту среду оптимальной для микрораразмножения T. serpyllum.

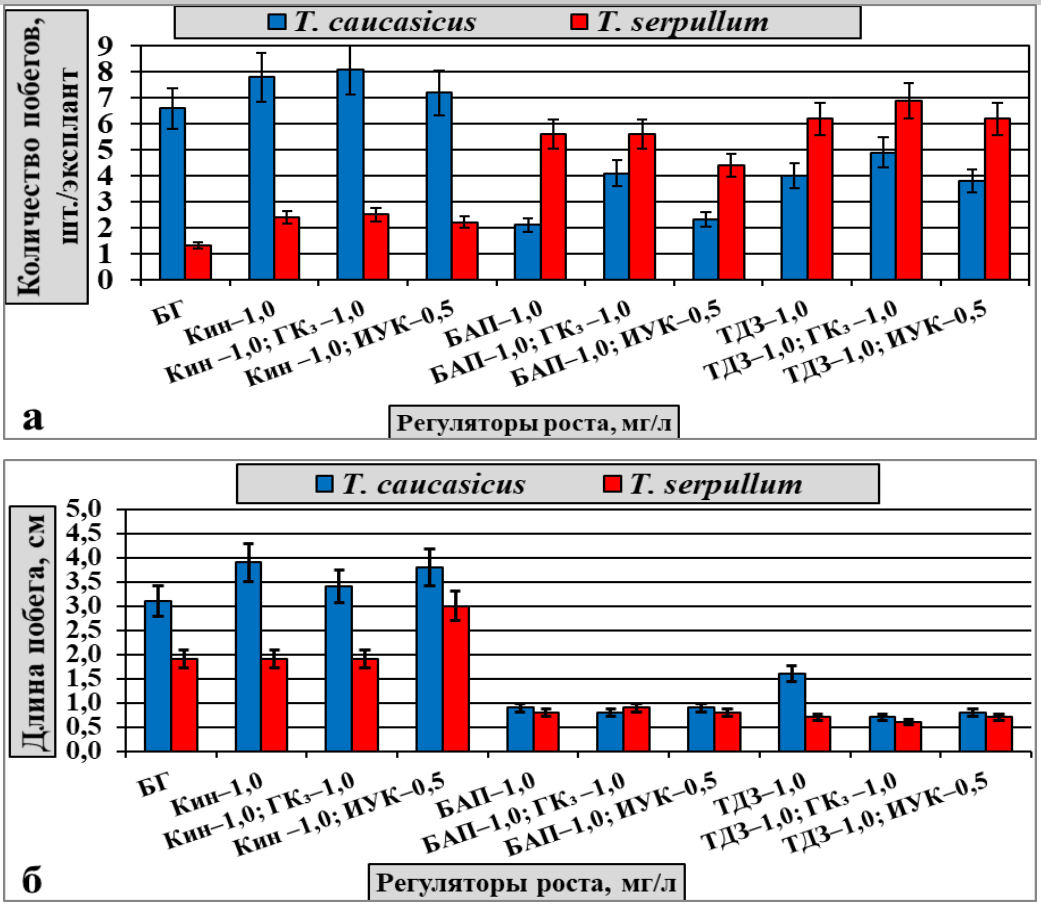


Рис. 1 – Количество (а) и длина побегов (б) при микроразмножении двух видов тимьяна на различных питательных средах

Культуральный сосуд. Для оценки влияния условий культивирования на этапе собственно микроразмножения экспланты культивировали в пробирках, колбах и банках. Анализ представленных на рис. 2 данных показал, что количество побегов на 1 эксплант в банках было в 2,0…3,7 раза выше, по сравнению с культивированием в пробирках или колбах, на оптимальных для каждого вида тимьяна питательных средах. При добавлении в среду МС ТДЗ величина этого показателя была на одном уровне при использовании всех трех анализируемых типов культуральных сосудов.

Таблица 1 – Коэффициент размножения и частота витрификации побегов 2-х видов тимьяна в зависимости от состава питательной среды

Регуляторы роста в среде МС, мг/л	Коэффициент размножения		Частота витрификации, %	
	T. caucasicus	*T. serpullum*	*T. caucasicus*	*T. serpullum*
МС без гормонов	13,5±1,5	3,0±0,3	0	0
Кин. – 1,0	16,1±1,6	6,0±0,5	0	0
Кин. – 1,0; $ГК_3$ – 1,0	14,4±2,0	6,0±0,4	11,2±1,3	0
Кин –1,0; ИУК–0,5	13,5±1,5	3,0±0,3	0	0
БАП –1,0	2,3±0,3	6,7±0,6	49,3±5,1	0
БАП–1,0; $ГК_3$ –1,0	4,5±0,3	6,2±0,6	78,3±7,1	21,2±2,3
БАП–1,0; ИУК–0,5	2,5±0,3	4,8±0,6	67,7±6,1	8,2±0,9
ТДЗ – 1,0	4,6±0,3	6,8±0,5	41,3±4,8	56,3±6,2
ТДЗ–1,0; $ГК_3$ –1,0	5,4±0,5	9,6±0,5	82,4±8,8	82,6±7,3
ТДЗ–1,0; ИУК–0,5	4,2±0,3	6,8±0,5	59,6±5,8	56,3±6,2

У T. caucasicus в банках наблюдали меньше узлов на питательных средах с кинетином или БАП, по сравнению с культивированием в пробирках или колбах (рис. 3, 4). При этом у T. *serpyllum* отмечена тенденция повышения величины этого показателя при использовании банок.

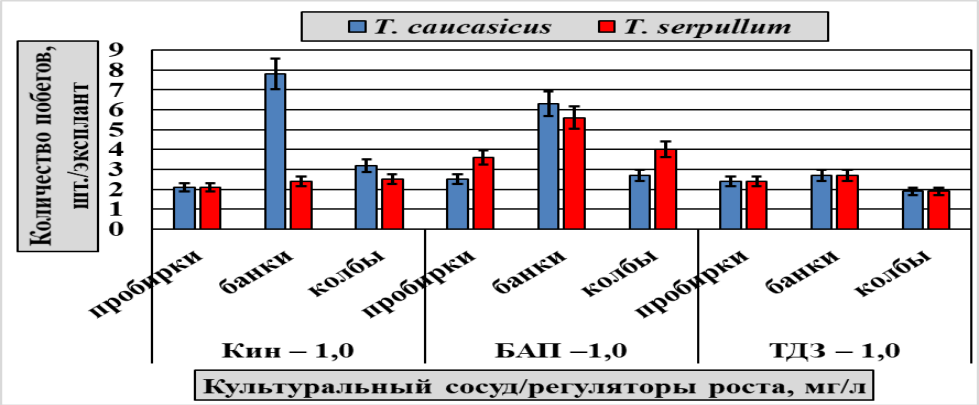


Рис. 2 – Количество побегов на 1 эксплант в зависимости от культурального сосуда и состава регуляторов роста в питательной среде при микроразмножении двух видов тимьяна

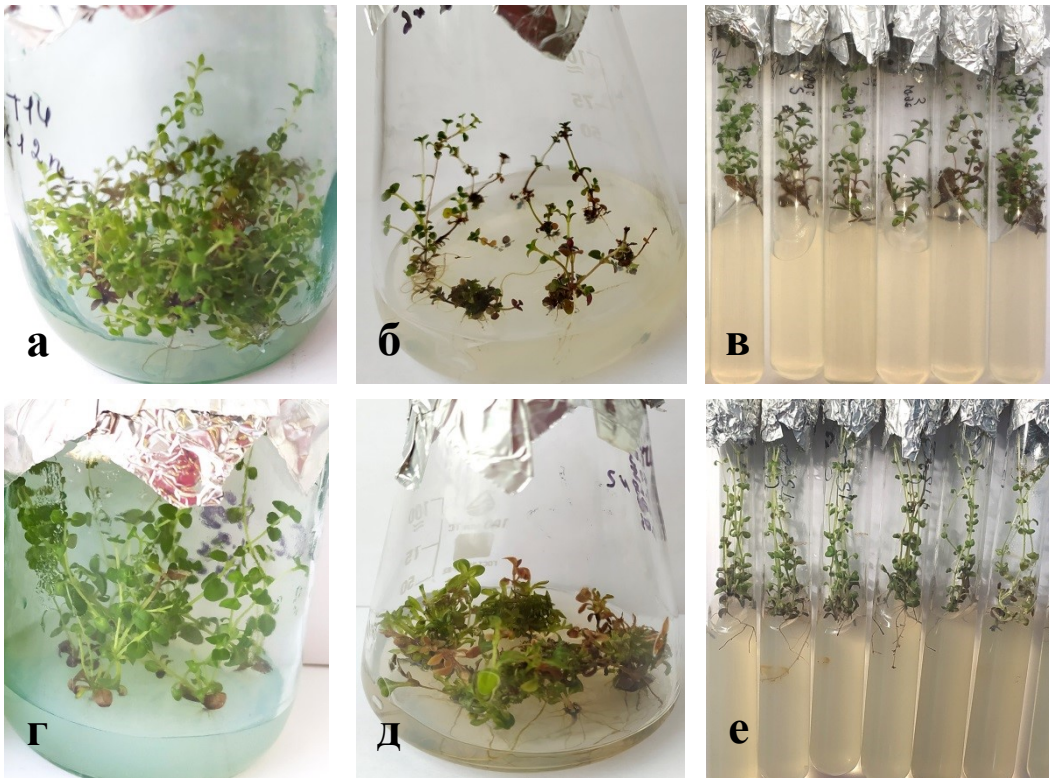


Рис. 3 – Культивирование *T. serpyllum* (а – банки; б – колбы; в – пробирки) и *T. caucasicus* (г – банки; д – колбы; е – пробирки)

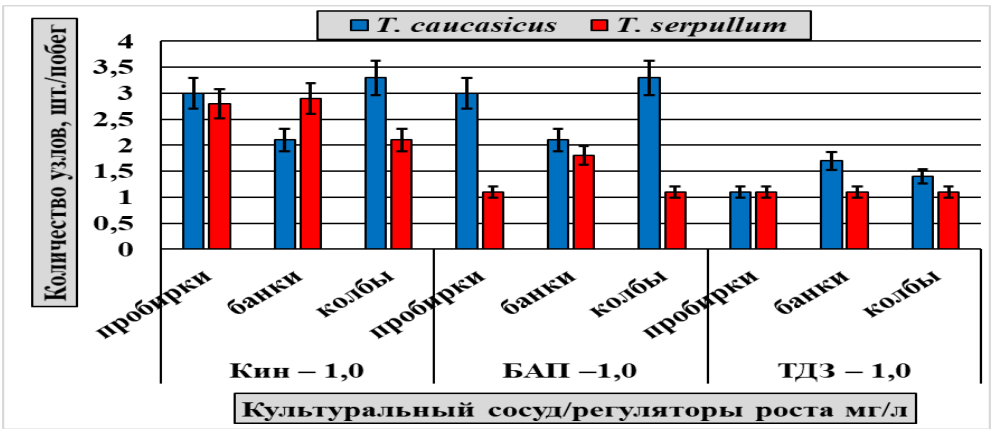


Рис. 4 – Количество узлов на побеге в зависимости от культурального сосуда и состава регуляторов роста в питательной среде при микроразмножении двух видов тимьяна

Анализ изменения коэффициента размножения в зависимости от типа культурального сосуда показал значительное его повышение при использовании банок (рис. 5). Так, при культивировании эксплантов на оптимальной питательной среде с кинетином в банках коэффициент размножения был выше у Т. *caucasicus* в 1,4…1,9 раза, а у Т. serpullum в 2,0…2,1 раза, по сравнению с пробирками или колбами.

Продолжительность цикла выращивания. В нашими предыдущих исследованиях с Т. vulgaris показано, что при увеличении длительности цикла выращивания до 70 сут. коэффициент размножения возрастал в 3,2 раза, по сравнению со стандартным циклом (40 сут.) [20]. У Т. *caucasicus* и Т. serpullum при культивировании эксплантов более двух месяцев также происходило повышение коэффициента размножения в 1,3 и 1,8 раза, однако достоверных различий при сравнении циклов выращивания разной длительности не установлено.

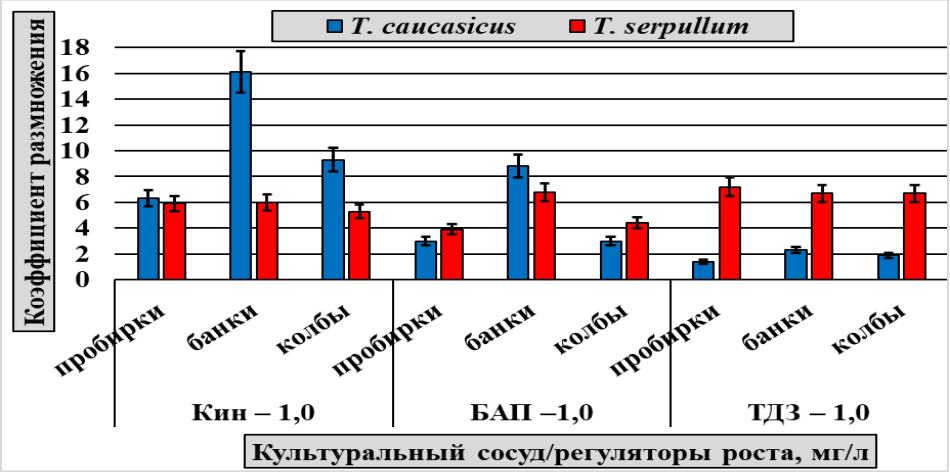


Рис. 5 – Коэффициент размножения двух видов тимьяна в зависимости от культурального сосуда и состава регуляторов роста в питательной среде

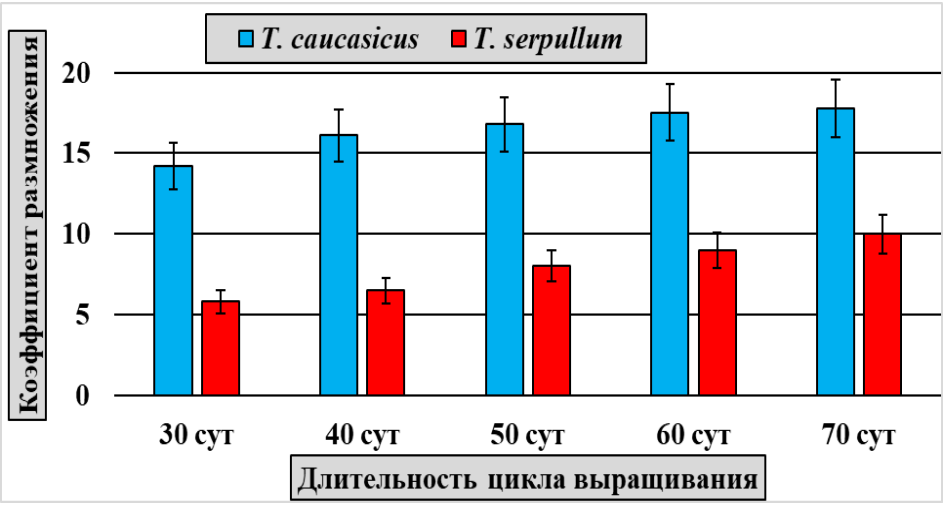
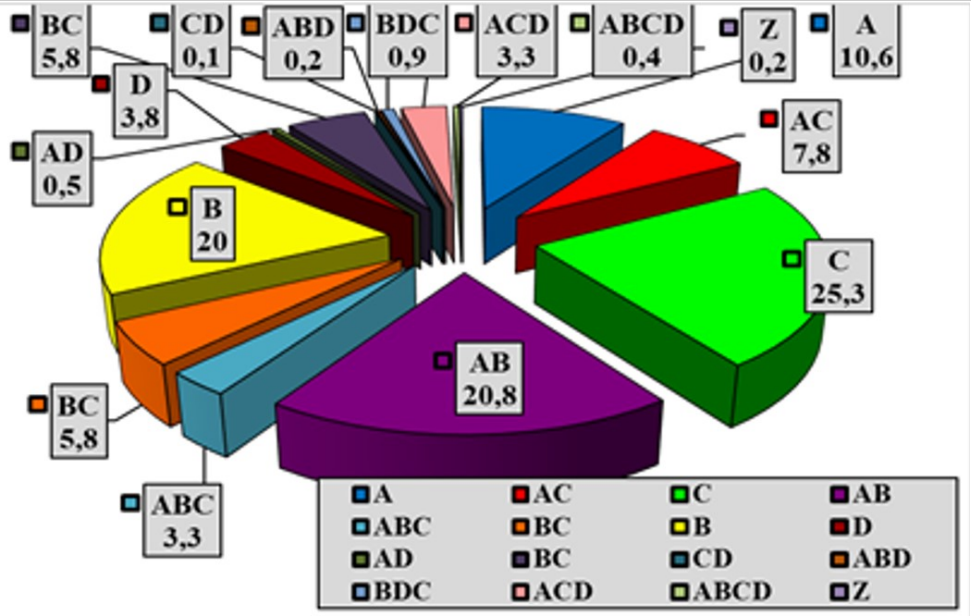


Рис. 6 – Коэффициент размножения двух видов тимьяна в зависимости от продолжительности цикла выращивания *in vitro*

Генотип. В ходе изучения клонального микроразмножения было выявлено, что влияние таких лимитирующих факторов, как состав питательной среды и условия культивирования, проявлялось по-разному у изученных видов тимьяна. Более высокий коэффициент размножения отметили у Т. *caucasicus*. При сочетании оптимальных условий этот параметр достигал 16,1 (см. табл. 1). При культивировании Т. serpullum коэффициент размножения был в 2,4…2,5 раза ниже.

Согласно результатам дисперсионного анализа 4-факторного лабораторного эксперимента, на величину наиболее важного параметра «коэффициент размножения» наибольшее влияние оказывали тип культурального сосуда (доля влияния 25,3%), питательная среда (20,0%), а также взаимодействие факторов «генотип» и «питательная среда» (20,8%) (рис. 7).



A- генотип; B - питательная среда; C -тип культурального сосуда; D - продолжительность цикла выращивания; AB - генотип/питательная среда; AC -генотип/тип культурального сосуда; AD - генотип/продолжительность цикла выращивания; ABC - генотип/питательная среда/тип культурального сосуда; ABD - генотип/питательная среда/продолжительность цикла выращивания; ACD - генотип/тип культурального сосуда/продолжительность цикла выращивания; ABCD - генотип/питательная среда/тип культурального сосуда/продолжительность цикла выращивания; BC - питательная среда/тип культурального сосуда; BD - питательная среда/ продолжительность цикла выращивания; BCD - питательная среда/тип культурального сосуда/ продолжительность цикла вырашивания; CD - тип культурального сосуда/продолжительность цикла выращивания; Z- неучтенный фактор

Рис. 7 – Доля влияния генотипа, питательной среды, культурального сосуда и длительности цикла выращивания на коэффициент размножения тимьяна

Доля влияния генотипа на коэффициент размножения *T. caucasicus* и *T. serpullum* составляла 10,6%, а продолжительности культивирования в цикле выращивания – всего лишь 3,8%, или была несущественной.

Выводы. Максимальный в экспериментах коэффициент размножения *T. caucasicus* (16,1) отмечен при добавлении в питательную среду 1,0 мг/л кинетина, *T. serpullum* (6,7) – при добавлении 1,0 мг/л БАП. Наиболее эффективным было выращивание эксплантов тимьяна *in vitro* в стеклянных банках, которое обеспечивало повышение коэффициента размножения в 1,4...2,1 раза, по сравнению с использованием пробирок или колб. При микроразмножении *T. caucasicus* и *T. serpullum* целесообразно использовать стандартный цикл выращивания 40 суток. Коэффициент размножения тимьяна в наибольшей степени зависел от типа культурального сосуда (доля влияния 25,3%), состава питательной среды (20,0%) и взаимодействия генотипа и состава питательной среды (20,8%).

Литература

1. Брага П. К. Тимол: антибактериальная, противогрибковая и антиоксидантная активность // Гинекология. 2009. № 4 С. 61–66.

2. Aljabeili H. S., Barakat H., Abdel-Rahman H. A. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of Thyme essential oil (T. vulgaris) // Food and Nutrition Sciences. 2018. Vol. 9. P. 433–446. doi: 10.4236/fns.2018.95034.

3. Содержание и антимикробная активность эфирных масел в траве тимьяна Маршалла и тимьяна ползучего / А. С. Шереметьева, А. В. Фролкова, О. Г. Шаповал и др. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. Т. 24. ¹ 3. С. 27–32. doi: 10.29296/25877313-2021-03-04.

4. Antimicrobial, antibiofilm and biochemichal properties of Thymus vulgaris essential oil against clinical isolates of opportunistic infections / M. V. Kryvtsova, I. Salamon, J. Koscova, et al. // Biosystems Diversity. 2019. Vol. 27. No. 3. P. 270–275. doi: 10.15421/011936.

5. Biological Properties of Essential Oils from Thymus algeriensis Boiss. / H. Ouakouak, A. Benarfa, M. Messaoudi, et al. // Plants. 2021. Vol. 10. No. 4. P. 786 URL: https:// doi.org/10.3390/plants10040786 (дата обращения: 25.06.2023). doi: 10.3390/plants10040786.

6. Винокурова О. А., Тринеева О. В., Сливкин А. И. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 4 (17). С. 134–150.

7. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А. Изучение отхаркивающей активности растений рода Тимьян // Медицинский вестник Башкортостана. 2013. Т. 8. № 5. С. 78–80.

8. Княжеская Н. П., Бобков Е. В. Фитопрепараты в терапии респираторных заболеваний // Медицинский совет. 2019. № 15. С. 70–76. doi: 10.21518/2079-701X-2019-15-70-76.
9. Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений. М.: Юрайт, 2020. 333 с.
10. Cardoso J. C., Gerald L. T. S., Teixeira da Silva J. A. Micropropagation in the Twenty-First Century // Plant cell culture protocols (4th edition) / Eds.: V. M. Loyola-Vargas, N. Ochoa-Alejo. New York: Humana Press, 2018. P. 17–46. doi: 10.1007/978-1-4939-8594-4_2.
11. Методология биотехнологических исследований цветочно-декоративных культур: коллективная монография / под общ. ред. И. В. Митрофановой. Симферополь: Ариал, 2018. 268 с. doi: 10.32514/978-5-907118-58-4.
12. Егорова Н. А. Биотехнология эфиромасличных растений: создание новых форм и микроразмножение *in vitro*. Симферополь: Автограф, 2021. 315 с. doi: 10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4.
13. Banna H. Y. Micropropagation of thyme plant (Thymus vulgaris) // Journal of Plant Production, Mansoura University. 2017. Vol. 8. No. 11. P. 1221–1227. doi: 10.21608/JPP.2017.41294.
14. Alcowni R., Solyman E., Qauod H. Introducing some of threatened Thymus species to *in vitro* tissue culturing as an approach for their conservation // Pakistan Journal of Botany. 2017. Vol. 49. No. 1. P. 259–264.
15. Micropropagation and molecular characterization of Thymus sibthorpii Benth. (Lamiaceae), an aromatic-medicinal thyme with ornamental value and conservation concern / G. Tsoktouridis, N. Krigas, V. Sarropoulou, et al. // *In Vitro* Cellular and Developmental Biology – Plant. 2019. Vol. 55. P. 647–658. doi: 10.1007/s11627-019-10000-y.
16. Conservation of Thymus pallidus Cosson ex Batt. by shoot tip and axillary bud *in vitro* culture / Z. N. Ansari, I. Boussaoudi, R. Benkaddour, et al. // Journal of Plant Biotechnology. 2020. Vol. 47. P. 53–65. doi: 10.5010/JPB.2020.47.1.053.
17. Khajuria A. K., Bisht N. S., Bhagat N. *In vitro* organogenesis and plant regeneration of Thymus *serpyllum* L.: an important aromatic medicinal plant // *In Vitro* Cellular and Developmental Biology – Plant. 2020. Vol. 56, P. 652–661 doi: 10.1007/s11627-020-10094-9
18. Kulpa D., Wesołowska A., Jadczak P. Micropropagation and composition of essentials oils in garden Thyme (Thymus vulgaris L.) // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2018. Vol. 46. No. 2. P. 525–532. doi: 10.15835/nbha46211020.
19. Тевфик А. Ш., Егорова Н. А., Коваленко М. С. Влияние лимитирующих факторов на развитие эксплантов Thymus *serpyllum* L. и *Thymus caucasicus Willd*. на первом этапе микроразмножения *in vitro* // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 1 (33). С.113–124. doi: 10.5281/zenodo.7898524.
20. Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. Влияние условий культивирования и гормонального состава питательной среды на микроразмножение *in vitro* тимьяна обыкновенного // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1 (17). С. 93–102. doi: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-93-102

Сведения об авторах:
Тевфик Арзы Шевкиевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, e-mail: tevfik.arzy@yandex.ru
Егорова Наталья Алексеевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биотехнологии, e-mail: yegorova.na@mail.ru
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия.

OPTIMIZATION OF NUTRIENT MEDIUM COMPOSITION AND CULTIVATION CONDITIONS FOR *IN VITRO* MICROPROPAGATION OF *THYMES SERPYLLUM* L. AND *THYMES CAUCASICUS WILLD*

A. Sh. Tevfik, N. A. Egorova

Abstract. The study was conducted to optimize the cultivation conditions for the second stage of clonal micropropagation of *Thymus caucasicus Willd*. and *Thymus serpullum L*. Stem segments with one node (8…10 mm), obtained by microcutting of shoots, were cultured on 10 different Murashige and Skoog (MS) nutrient media containing 2% sucrose and 0.8% agar-agar, with the addition of kinetin, thidiazuron, benzylaminopurine (BAP), indoleacetic and gibberellic acids. Various culture vessels (jars, flasks, test tubes) were used for micropropagation. The duration of the cultivation cycle varied from 40 to 70 days. The highest reproduction coefficient of *T. serpyllum* was noted on the MS medium containing 1.0 mg/l BAP and was 6.7, while that of *T. caucasicus* was on the MS medium containing 1.0 mg/l kinetin (16.1). The highest efficiency of culturing both thyme species was achieved in jars, with the use of which the reproduction coefficient was 1.4…2.1 times higher than when grown in test tubes or flasks. It is advisable to cultivate the studied thyme species with a standard cycle of 40 days. The best combinations of various thyme reproduction factors contributed to the maximum manifestation of the morphogenetic potential in *in vitro* experiments. The greatest influence on the multiplication coefficient was exerted by the type of culture vessel, the interaction of the composition of the culture medium and the genotype, as well as the composition of the culture medium (the shares of the influence of factors ranged from 20.0% to 25.3%). The results of the studies served as the basis for the development of a protocol that can be used for accelerated micropropagation of *T. caucasicus* and *T. serpullum*.

Key words: creeping thyme *(Thymus serpullum L.*), Caucasian thyme (*Thymus caucasicus Willd.*), clonal micropropagation, *in vitro*, growth regulators.

References

1.Braga PK. [Thymol: antibacterial, antifungal and antioxidant activity]. Ginekologiya. 2009; 4. 61-66 p.
2. Aljabeili HS, Barakat H, Abdel-Rahman HA. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of *Thyme essential oil (T. vulgaris).* Food and Nutrition Sciences. 2018; Vol.9. 433-446 p. doi: 10.4236/fns.2018.95034.
3. Sheremeteva AS, Frolkova AV, Shapoval OG. [Content and antimicrobial activity of essential oils in the herb of Marshall's thyme and creeping thyme]. Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii. 2021; Vol.24. 3. 27-32 p. doi: 10.29296/25877313-2021-03-04.
4. Kryvtsova MV, Salamon I, Koscova J. Antimicrobial, antibiofilm and biochemichal properties of *Thymus vulgaris* essential oil against clinical isolates of opportunistic infections. Biosystems Diversity. 2019; Vol.27. 3. 270-275 p. doi: 10.15421/011936.

5. Ouakouak H, Benarfa A, Messaoudi M. Biological properties of essential oils from *Thymus algeriensis Boiss.* Plants. 2021; Vol.10. 4. 786 p. [cited 2023, June 25]. Available from: https:// doi.org/10.3390/plants10040786. doi: 10.3390/plants10040786.

6. Vinokurova OA, Trineeva OV, Slivkin AI. [Comparative characteristics of different types of thyme: composition, properties, application (review)]. Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv. 2016; 4 (17). 134-150 p.

7. Bubenchikova VN, Starchak YuA. [Study of expectorant activity of plants of the genus Thyme]. Meditsinskiy vestnik Bashkortostana. 2013; Vol.8. 5. 78-80 p.

8. Knyazheskaya NP, Bobkov EV. [Phytopreparations in the therapy of respiratory diseases]. Meditsinskiy sovet. 2019; 15. 70-76 p. doi: 10.21518/2079-701X-2019-15-70-76.

9. Kalashnikova EA. Kletochnaya inzheneriya rasteniy. [Cellular engineering of plants]. Moscow: Yurait. 2020; 333 p.

10. Cardoso JC, Gerald LTS, Teixeira da Silva JA. Micropropagation in the Twenty-First Century. Plant cell culture protocols (4th edition). Eds.: V.M. Loyola-Vargas, N. Ochoa-Alejo. New York: Humana Press. 2018; 17-46 p. doi: 10.1007/978-1-4939-8594-4_2.

11. Mitrofanova IV. Metodologiya biotekhnologicheskikh issledovaniy tsvetochno-dekorativnykh kultur: kollektivnaya monografiya. [Methodology of biotechnological studies of flower and ornamental crops: collective monograph]. Simferopol: Arial. 2018; 268 p. doi: 10.32514/978-5-907118-58-4.

12. Egorova NA. Biotekhnologiya efiromaslichnykh rasteniy: sozdanie novykh form i mikrorazmnozhenie *in vitro*. [Biotechnology of essential oil plants: creation of new forms and micropropagation *in vitro*]. Simferopol: Avtograf. 2021; 315 p. doi: 10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4.

13. Banna HY. Micropropagation of thyme plant (*Thymus vulgaris*). Journal of Plant Production, Mansoura University. 2017; Vol.8. 11. 1221-1227 p. doi: 10.21608/JPP.2017.41294.

14. Alcowni R, Solyman E, Qauod H. Introducing some of threatened *Thymus species* to *in vitro* tissue culturing as an approach for their conservation. Pakistan Journal of Botany. 2017; Vol.49. 1. 259-264 p.

15. Tsoktouridis G, Krigas N, Sarropoulou V. Micropropagation and molecular characterization of *Thymus sibthorpii Benth. (Lamiaceae)*, an aromatic-medicinal thyme with ornamental value and conservation concern. *In Vitro* Cellular and Developmental Biology – Plant. 2019; Vol.55. 647-658 p. doi: 10.1007/s11627-019-10000-y.

16. Ansari ZN, Boussaoudi I, Benkaddour R. Conservation of *Thymus pallidus Cosson ex Batt.* by shoot tip and axillary bud *in vitro* culture. Journal of Plant Biotechnology. 2020; Vol.47. 53-65 p. doi: 10.5010/JPB.2020.47.1.053.

17. Khajuria AK, Bisht NS, Bhagat N. *In vitro* organogenesis and plant regeneration of *Thymus serpyllum L.*: an important aromatic medicinal plant. *In Vitro* Cellular and Developmental Biology – Plant. 2020; Vol.56. 652-661 p. doi: 10.1007/s11627-020-10094-9

18. Kulpa D, Weso³owska A, Jadczak P. Micropropagation and composition of essentials oils in garden Thyme (*Thymus vulgaris L.*). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2018; Vol.46. 2. 525-532 p. doi: 10.15835/nbha46211020.

19. Tevfik ASh, Egorova NA, Kovalenko MS. [Influence of limiting factors on the development of *Thymus serpyllum L.* and *Thymus caucasicus Willd*. explants at the first stage of *in vitro* micropropagation]. Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2023; 1 (33). 113-124 p. doi: 10.5281/zenodo.7898524.

20. Tevfik ASh, Egorova NA. [Influence of cultivation conditions and hormonal composition of the culture medium on *in vitro* micropropagation of common thyme]. Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2019; 1 (17). 93-102 p. doi: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-93-102

Authors:
Tevfik Arzy Shevkievna – Ph.D. of Biological Sciences, senior researcher of Biotechnology laboratory, e-mail: tevfik.arzy@yandex.ru
Egorova Natalya Alekseevna – Doctor of Biological Sciences, chief researcher, Head of Biotechnology laboratory, e-mail: yegorova.na@mail.ru.
Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-48-51
УДК 631.527:635.21

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.Г. Тулинов

Реферат. Исследования проводили с целью генетического скрининга перспективных селекционных гибридов картофеля для выявления генотипов устойчивых к комплексу фитопатогенов. Работу выполняли в Институте агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН и компании «Синтол» (г. Москва) с использованием набора реагентов «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля» («Синтол»). Для проведения исследований были выбраны 10 маркеров генов устойчивости к раку картофеля, золотистой картофельной цистообразующей нематоде, бледной картофельной нематоде, Х-вирусу и Y-вирусу (гены H1, Gro1-4 выявляли с помощью маркеров TG-689, 57R, N195 и Gro1-4-1, ген Sen1 – с использованием маркера NL25, ген Gpa2 – Gpa2-2). В качестве объекта исследований выбраны листья растений пяти гибридов картофеля, проходящих селекционное испытание в питомниках размножения: 2341-265 (Амур × Гала), 2339-8 (Оксания × Гала), 2339-9 (Оксания × Гала), 1992-14 (Удача × Элмундо), 2000-60 (Колетте × FZ 1867). У образцов 2339-8 и 1992-14 выявлено максимальное в выборке количество маркеров (по пять у каждого), сцепленных с генами устойчивости: у обоих гибридов – TG-689, 57R, N195 и NL25; у 2339-8 – маркер Gro1-4-1, а у 1992-14 – Gpa2-2. У селекционного номера 2341-265 отмечен только маркер гена устойчивости к раку картофеля – NL25. Образец 2339-8 охарактеризован как ценный источник R-генов, имеющий в своем геноме гены устойчивости к золотистой цистообразующей картофельной нематоде (*H1, Gro1-4*) и к раку картофеля (Sen1). Генотип гибрида 1992-14, несущий ген Gpa2, рекомендован для выведения новых сортов картофеля, устойчивых к различным видам нематод.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), гибрид, ген, маркер, амплификация, генотипирование.

Введение. Картофель – наиболее распространенная пропашная культура, возделываемая сельскохозяйственными товаропроизводителями в Республике Коми [1, 2]. Аграрии региона предъявляют все большие требования к создаваемым в результате селекционного процесса сортам. Это вызвано многими факторами – глобальное изменение климата, распространение на территории республики болезней и вредителей, мигрировавших на север из южных регионов нашей страны, проявление все большей устойчивости различных фитопатогенов сельскохозяйственных культур к применяемым средствам химической защиты растений и успешное противостояние им и многое другое [3, 4, 5]. Все вышесказанное определяет основную задачу сегодняшней селекции – непрерывность и постоянное совершенствование самого процесса выведения новых перспективных сортов. На современном этапе наука позволяет провести подбор сортов и гибридов для каждого региона России в соответствии с его агроклиматическими и фитосанитарными особенностями [6]. В последние годы широкое распространение получил метод генетического скрининга на наличие генов, отвечающих за устойчивость к раку, золотистой и бледной картофельным нематодам (ЗКН и БКН), вирусам картофеля X, Y (ХВК и YВК) и другим болезням, в том числе карантинным, что позволяет на ранних этапах селекционного процесса отобрать наиболее предпочтительные гибриды [7, 8, 9].

Цель исследований – генетический скрининг и отбор перспективных селекционных гибридов картофеля, сочетающих устойчивость к комплексу фитопатогенов, для создания новых сортов, адаптированных к условиям Крайнего Севера.

Условия, материалы и методы. Материалом для исследования служили перспективные гибриды картофеля питомника размножения – 2341-265 (Амур × Гала), 2339-8 (Оксания × Гала), 2339-9 (Оксания × Гала), 1992-14 (Удача × Элмундо), 2000-60 (Колетте × FZ 1867). Определяли наличие 10 основных генов устойчивости к раку (*Synchytrium endobioticum*), золотистой картофельной нематоде (*Globodera rostochiensis*), бледной картофельной нематоде (*Giobodera pallida*), Х-вирусу и Y-вирусу.

Генетический скрининг проведен в аналитической лаборатории Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН и на базе научно-производственной компании «Синтол» (г. Москва).

Оценивали наличие генов устойчивости картофеля к болезням и вредителям с использованием соответствующих маркеров (ген / маркер): Y вирус картофеля – Ry_{adg} / RYSC3 [10], Ry_{chc} / Ry186 [11], Ry_{sto} / YES3-3A [12]; золотистая цистообразующая картофельная нематода – H1 / TG689 [13], H1 / 57R [14], H1 / N195 [11], Gro1-4 / Gro1-4-1 [15]; бледня картофельная нематода – Gpa2 / Gpa2-2 [11, 15]; рак картофеля – Sen1 / NL25 [16]; X вирус картофеля – Rx1 / PVX [11, 15].

ДНК выделяли из листьев растений, отобранных в межфазный период бутонизация–цветения со среднего яруса куста по одному листу с растения, методом органической экстракции (*http://www.syntol.ru/catalog/prochie-reagenty-dlya-molekulyarnoy-biologii/nabor-genekspert-kartofel.html*). Качество и количество выделенной ДНК оценивали

спектрофотометрически на приборе NanoDrop ND-1000 (США).

Генотипирование ДНК картофеля проводили с использованием набора реагентов «ГенЭкспертКартофель» («Синтол»), фрагментный анализ на наличие маркеров генов устойчивости картофеля – набора реагентов «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля» («Синтол»). В качестве отрицательного контроля была выбрана вода деионизированная (ГОСТ 11.029.003-80), положительного – смесь десяти плазмид, содержащих искомые фрагменты ДНК картофеля с рассматриваемыми генами.

Для проведения ПЦР-анализа использовали термоциклер Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler (США). Объем реакционной смеси – 23 мкл. В реакционную смесь добавляли по 2 мкл ДНК в концентрации 5…15 нг. После амплификации смешивали 1 мкл ПЦР-смеси, 9 мкл формамида и 1 мкл маркера молекулярного веса, в качестве которого использовали СД-600 (канал liz) производства фирмы «Синтол».

Режим амплификации включал следующие этапы: 1 цикл – денатурация при 95°С, 5 мин.; 40 циклов – при 95°С, 20 с, отжиг – при 61°С, 30 с, элонгация – при 72°С, 40 мин; 1 цикл – дорепликация при 72°С, 1 мин.

Последующий процесс электрофореза исследуемого материала проводили на устройстве секвенирования ДНК Нанофор-05 (8-капиллярный), производства Института аналитического приборостроения РАН в соответствии с руководством и инструкцией по применению генетического анализатора (*http://www.syntol.ru/information-support/instruktsii/*). Анализ выполнения электрофореза, информация о детекции флуоресценции, идентификация аллелей проходили в автоматическом режиме. Информация передавалась на персональный компьютер и обрабатывалась на нем с помощью программы «ГенЭксперт» (версия 5.0.1.6).

На последнем этапе проводили проверку выполненного анализа с целью исключения получения ложноположительных данных согласно инструкции к набору «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля» фирмы «Синтол». Определяли наличие или отсутствие пиков продуктов амплификации известной длины. При наличии пиков делали вывод о присутствии в исследуемом образце генов устойчивости к патогенам, при отсутствии – соответственно обратный вывод [17].

Результаты и обсуждение. В положительном контроле были определены все 10 выбранных для исследования маркеров генов устойчивости, тогда как в отрицательном контроле пики отсутствовали. Это позволило сделать вывод о точности проведенного анализа и отсутствии ложноположительных результатов.

По результатам анализа следует выделить гибрид картофеля 2341-265 и охарактеризовать его как не перспективный для проведения дальнейшей селекционной работы по выведению новых перспективных сортов в связи с выявлением у него только одного гена устойчивости к раку картофеля – Sen1 (NL25) (см. табл).

Следует отметить гибрид 2339-8, несущий в своем генотипе, в отличие от остальных изучаемых образцов, оба гена, отвечающих за устойчивость к золотистой картофельной нематоде – гены H1 и Gro1-4, выявленные с использованием маркеров TG-689, 57R, N195 и Gro1-4-1 соответственно, а также гена устойчивости к раку картофеля – Sen1 (маркер NL25). Доминантная аллель гена Sen1, характеризующаяся особенностью к полной блокировке развития и репродукционной активности вида патогенных грибов S. endobioticum, выявлена у всех рассматриваемых гибридов. У гибридов 2339-9 и 2000-60 выявлены три маркера гена, кодирующих устойчивость к G. rostochiensis – H1 (TG-689, 57R, N195) и маркер гена к *S. endobioticum – Sen1* (NL25).

Таблица – Результаты генотипирования исследуемых образцов*

Маркер	RYSC3	Ry186	YES3-3A	TG-689	57R	N195	Gro1-4-1	Gpa2-2	NL25	PVX
Ген	Ry_{adg}	Ry_{chc}	Ry_{sto}	*H1*			*Gro1-4*	*Gpa2*	*Sen1*	*Rx1*
Устойчивость	Y-вирус			золотистая цистообразующая картофельная нематода				Бледная картофельная нематода	Рак картофеля	X-вирус
2341-265	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	в	с/о
2339-8	с/о	с/о	с/о	в	в	в	в	с/о	в	с/о
2339-9	с/о	с/о	с/о	в	в	в	с/о	с/о	в	с/о
1992-14	с/о	с/о	с/о	в	в	в	с/о	в	в	с/о
2000-60	с/о	с/о	с/о	в	в	в	с/о	с/о	в	с/о

** – с/о – сигнал отсутствует, в – ген выявлен.*

Из всех рассматриваемых генотипов картофеля следует выделить гибрид 1992-14 в котором выявлено пять из десяти основных маркеров генетической устойчивости к патогенам, в том числе и к *G. pallida – H1* (TG-689, 57R, N195), Gpa2 (Gpa2-2), Sen1 (NL25). Наличие гена устойчивости к G. pallida выделяет этот гибрид из всех рассматриваемых и делает его весьма перспективным для дальнейшего процесса селекции и выведения сортов,

устойчивых к бледной картофельной нематоде в тех районах страны, в том числе и в Республике Коми, в которых этот патоген распространен.

У всех исследуемых генотипов не выявлены маркеры PVX гена Rx1 устойчивости к Х-вирусу и маркеры к генам RYSC3 (Ry_{adg}), Ry186 (Ry_{chc}), YES3-3A (Ry_{sto}) устойчивости к Y-вирусу. Это свидетельствует о необходимости включения в селекционный процесс новых перспективных генотипов, несущих гены устойчивости к этим вирусам.

Выводы. Проведенный молекулярно-генетический анализ наличия генов устойчивости к патогенам у перспективных гибридов картофеля позволил выделить ряд генотипов, обладающих конкурентными преимуществами над остальными, проходящими селекционные испытания в питомниках размножения. У образцов 2339-8 (Оксания×Гала) и 1992-14 (Удача×Элмундо) выявлено максимальное в выборке количество маркеров (по пять у каждого), сцепленных с генами устойчивости: у обоих гибридов – TG-689, 57R, N195 и NL25; у 2339-8 – еще определен маркер Gro1-4-1, а у 1992-14 – Gpa2-2. У одного селекционного номера 2341-265 (Амур×Гала) отмечен только маркер гена устойчивости к раку картофеля (*Synchytrium endobioticum*) – NL25. Образец 2339-8 можно характеризовать как ценный источник R-генов, несущий в своем геноме гены устойчивости к золотистой цистообразующей картофельной нематоде *G. rostochiensis* (*H1, Gro1-4*) и к раку картофеля *Synchytrium endobioticum* (*Sen1*). Генотип гибрида 1992-14 (Удача ×Элмундо), несущий ген *Gpa2*, рекомендован для скрещивания и создания новых селекционных линий с целью выведения новых сортов картофеля, устойчивых к различным видам нематод (бледная картофельная нематода *G. pallida*).

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию №FUUU-2023-0001 (регистрационный №123033000036-5) при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

1. Щербакова А. С. Агроклиматические районы и урожайность сельскохозяйственных культур в изменяющихся условиях регионального климата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. № 1(61). С. 142–147. doi: 10.12737/2073-0462-2021-142-147.

2. Тулинов А. Г. Оценка урожайности и параметров адаптивности перспективных гибридов картофеля в условиях Республики Коми // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. № 3(71). С. 57–61. doi: 10.12737/2073-0462-2023-57-61.

3. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / А. В. Коршунов, Е. А. Симаков, Ю. Н. Лысенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 3(32). С. 12–20. doi: 10.24411/0235-2451-2018-103.

4. Шорохов М. Н., Долженко О. В., Долженко В. И. Инсектициды для борьбы с тлями-переносчиками вирусов на картофеле // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 37–40. doi: 10.31857/S2500262721050070.

5. Подбор перспективных гибридов картофеля по параметрам их адаптивности для условий Европейского Севера / З. З. Евдокимова, М. В. Калашник, Л. Н. Головина и др. // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7(186). С. 26–32. doi: 10.32417/article_5d52af44264156.24918284.

6. Зотеева Н. М., Евдокимова З. З. Исходный материал для селекции картофеля, полученный с использованием видов Solanum L. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183(4). С. 115–121. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121.

7. Молекулярные маркеры как инструмент в селекции на устойчивость к Y-вирусу картофеля / В. А. Бирюкова, В. А. Жарова, Н. А. Чалая и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(6). С. 777–789. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.777-787.

8. Устойчивость картофеля к карантинным болезням / А. В. Хютти, О. Ю. Антонова, Н. В. Мироненко и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(1). С. 51–61. doi: 10.18699/VJ17.223.

9. Исследование коллекционных образцов картофеля на наличие генетических маркеров устойчивости к фитопатогенам / А. Б. Сайнакова, М. С. Романова, С. Н. Красников и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(1). С. 18–24. doi: 10.18699/VJ18.326.

10. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes / K. Kasai, Y. Morikawa, V. A. Sorri, et al. // Genome. 2000. Vol. 43. No. 1. URL: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/g99-092 (дата обращения: 09.08.2024). doi: 10.1139/g99-092.

11. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato / K. Mori, Y. Sakamoto, N. Mukojima, et al. // Euphytica. 2011. Vol. 180. No. 3. P. 347–355. doi: 10.1007/s10681-011-0381-6.

12. Song Y., Schwarzfischer A. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars // American Journal of Potato Research. 2008. Vol. 85. No. 2. P. 159–170. doi: 10.1007/s12230-008-9012-8.

13. Application of DNA markers linked to the potato H1 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of Globodera rostochiensis / R. Galek, M. Rurek, W. S. De Jong, et al. // Journal of Applied Genetics. 2011. Vol. 52. No. 4. P. 407–411. doi: 10.1007/s13353-011-0056-y.

14. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (Solanum tuberosum L.) / L. Schultz, N. O. I. Cogan, K. McLean, et al. // Plant Breeding. 2012. Vol. 131. No. 2. P. 315–321. doi: 10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x.

15. DNA marker assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan / K. Asano, A. Kobayashi, S. Tsuda, et al. // Breeding Science. 2012. Vol. 62. No. 2. P. 142–150. doi: 10.1270/jsbbs.62.142.

16. C. Gebhardt, D. Bellin, H. Henselewski, et al. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato // Theoretical and Applied Genetics. 2006. 112. No. 8. P. 1458–1464. doi: 10.1007/s00122-006-0248-8.

17. Исследование сортов и гибридов картофеля из селекционного питомника ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на наличие маркеров устойчивости к фитопатогенам / В. Г. Зайнуллин, А. А. Юдин, А. А. Кущ и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 7. С. 85–91.

Сведения об авторе:
Тулинов Алексей Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, e-mail: toolalgen@mail.ru
Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар, Россия.

GENETIC SCREENING OF PROMISING POTATO HYBRIDS OF KOMI REPUBLIC

A.G. Tulinov

Abstract. The studies were conducted with the aim of genetic screening of promising selection hybrids of potatoes to identify genotypes resistant to a complex of phytopathogens. The study was carried out at A.V.Zhuravskiy Institute of Agrobiotechnology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and Sintol company (Moscow) using the GenExpert reagent kit “Markers of potato resistance genes” (“Syntol”). For the study, 10 markers of genes encoding resistance to potato cancer, golden potato cyst nematode, pale potato cyst nematode, X-virus and Y-virus were selected (genes H1, Gro1-4 were detected using markers TG-689, 57R, N195 and Gro1-4-1, gene Sen1 – using marker NL25, gene Gpa2 – Gpa2-2). The objects of the study were leaves of plants of five potato hybrids undergoing selection testing in breeding nurseries: 2341-265 (Amur × Gala), 2339-8 (Oksania × Gala), 2339-9 (Oksania × Gala), 1992-14 (Udacha × Elmundo), 2000-60 (Colette × FZ 1867). The maximum number of markers (five in each) linked to resistance genes was revealed in samples 2339-8 and 1992-14: TG-689, 57R, N195 and NL25 in both hybrids; Gro1-4-1 marker in 2339-8 and Gpa2-2 in 1992-14. Only the marker of potato wart resistance gene, NL25, was noted in selection number 2341-265. Sample 2339-8 was characterized as a valuable source of R-genes, having in its genome the genes of resistance to golden potato cyst nematode (H1, Gro1-4) and potato wart (Sen1). The genotype of the 1992-14 hybrid, carrying the Gpa2 gene, is recommended for breeding new potato varieties resistant to various types of nematodes.

Key words: potato (Solanum tuberosum L.), hybrid, gene, marker, amplification, genotyping.

References

1. Shcherbakova AS. [Agroclimatic regions and crop yields in changing regional climate conditions]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; 1(61). 142-147 p. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-142-147.

2. Tulinov AG. [Assessment of crop yield and adaptability parameters of promising potato hybrids in Komi Republic]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.2023;3(71).57-61 p. DOI:10.12737/2073-0462-2023-57-61.

3. Korshunov AV, Simakov EA, Lysenko YuN, Anisimov BV, Mityushkin AV, Gaitov MYu. [Actual problems and priority areas for the development of potato growing]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018; 3(32). 12-20 p. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-103.

4. Shorokhov MN, Dolzhenko OV, Dolzhenko VI. [Insecticides for the control of aphids-carriers of viruses on potatoes]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2021; 5. 37-40 p. DOI: 10.31857/S2500262721050070.

5. Evdokimova ZZ, Kalashnik MV, Golovina LN, Chelnokova VV, Kotova ZP. [Selection of promising potato hybrids according to their adaptability parameters for the conditions of the European North]. Agrarnuy vestnik Urala. 2019; 7 (186). 26-32 p. DOI: 10.32417/article_5d52af44264156.24918284.

6. Zoteeva NM, Evdokimova ZZ. [Source material for potato breeding obtained using Solanum L. species]. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2022; 183(4). 115-121 p. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121.

7. Biryukova VA, Zharova VA, Chalaya NA. [Molecular markers as tools in breeding for resistance to potato virus Y]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022; 23(6). 777-789 p. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.777-787.

8. Khyutti AV, Antonova OYu, Mironenko NV, Gavrilenko TA, Afanasenko OS. [Potato resistance to quarantine diseases]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2017; 21(1). 51-61 p. DOI: 10.18699/VJ17.223.

9. Saynakova AB, Romanova MS, Krasnikov SN, Litvinchuk OV, Alekseev YaI, Nikulin AV, Terenteva EV. [Study of collection potato accessions for the presence of genetic markers of resistance to phytopathogens]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2018; 22(1). 18-24 p. DOI: 10.18699/VJ18.326.

10. Kasai K, Morikawa Y, Sorri VA. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. [Internet]. Genome. 2000; 43(1). [cited 2024, August 09]. Available from: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/g99-092. DOI: 10.1139/g99-092.

11. Mori K, Sakamoto Y, Mukojima N. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. Euphytica. 2011; 180(3). 347-355 p. DOI: 10.1007/s10681-011-0381-6.

12. Song Y, Schwarzfischer A. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars. American Journal of Potato Research. 2008; 85(2). 159-170 p. DOI: 10.1007/s12230-008-9012-8.

13. Galek R, Rurek M, De Jong WS. Application of DNA markers linked to the potato H1 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of Globodera rostochiensis. Journal of Applied Genetics. 2011; 52(4). 4 07-411 p. DOI: 10.1007/s13353-011-0056-y.

14. Schultz L, Cogan NOI, McLean K. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (Solanum tuberosum L.). Plant Breeding. 2012; 131(2). 315-321 p. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x.

15. Asano K, Kobayashi A, Tsuda S. DNA marker assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. Breeding Science. 2012; 62(2). 142-150 p. DOI: 10.1270/jsbbs.62.142.

16. Gebhardt C, Bellin D, Henselewski H. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. Theoretical and Applied Genetics. 2006; 112(8). 1458-1464 p. DOI: 10.1007/s00122-006-0248-8.

17. Zaynullin VG, Yudin AA, Kush AA. [Study of potato varieties and hybrids from the breeding nursery of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2019; 7. 85-91 p.

Author:
Tulinov Aleksey Gennadevich – Ph.D. of Agricultural Sciences, researcher, e-mail: toolalgen@mail.ru
A.V.Zhuravskiy Institute of Agricultural Biotechnology, Komi Scientific Center, Ural branch, Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-52-58
УДК 546.214:634.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЗОНИРОВАНИЯ НА СРОК ХРАНЕНИЯ СПЕЛОЙ КЛУБНИКИ

Е. Л. Белов, Н. Р. Долгов, К. А. Хафизов, И. Г. Галиев, Р. Р. Ахметзянов

Реферат. Сохранение свежести фруктов и ягод имеет огромное значение не только для их вкуса, но и для сохранения их питательных свойств. Озонирование является одним из высокоэффективных методов для уничтожения бактериальной микрофлоры и сохранения продуктов питания на длительное время. Озон – сильный дезинфицирующий газ, обладающий мощным дезинфицирующим действием; в озонированных продуктах сильно снижаются биохимические процессы. Цель исследований - изучение влияния обработки озоном на сохранность и качество ягод, на примере клубники, в процессе хранения. В лабораторных условиях в Чувашской ГАУ проведены эксперименты по электроозонированию спелой клубники. Для этого была разработана и реализована экспериментальная установка для исследования влияния озонирования. В серии однофакторных экспериментов определяли сохранность, внешний вид ягод и количество микрофлоры после 6 суток хранения. Озонирование ягод проводилось в специальных контейнерах при концентрации озона 6 мг/м^3, продолжительностью 2 часа - 2 раза в сутки. Внешний вид и вкус ягод клубники, обработанных озонированием в течение шести суток не изменился; численность микроорганизмов на поверхности ягод при хранении до шести суток соответствует нормам ГОСТ 29187-91. Визуальный осмотр ягод в контрольном образце на шестые сутки хранения показал, что 90 % ягод были поражены плесневыми грибами. Необработанные ягоды потеряли свою форму, размякли, появилась гнилостная микрофлора; площадь поверхности пораженной плесневыми грибами достигла более 90%. Таким образом, озонирование показало высокую эффективность в сохранении свежести, внешнего вида и качества клубники при хранении. Обработка озоном значительно снижает развитие патогенной микрофлоры и предотвращает порчу ягод. Этот метод может быть рекомендован для продления срока хранения фруктов и ягод в пищевой промышленности.

Ключевые слова: озон, озонирование, клубника, срок хранения.

Введение. Срок годности продуктов питания является актуальной темой для производителей и потребителей. Фрукты являются важным источником витаминов, минералов и других полезных веществ, однако их срок годности ограничен. Сохранение свежести скоропортящихся продуктов питания, особенно овощей, фруктов и ягод, является важнейшей задачей при хранении продуктов питания. Несмотря на то, что эти продукты имеются в изобилии в торговых точках, они часто быстро портятся, что влияет на их питательные качества [1, 2, 3]. Основными факторами, влияющими на естественные потери фруктов и овощей являются: несоблюдение оптимальных условий хранения, нарушение температурного режима, повреждения во время уборки или транспортировки, а также присутствие грибковых и бактериальных инфекций и др. Решение проблем доставки и транспортировки таких продуктов имеет первостепенное значение в современной дистрибуции продуктов питания.

Поскольку население мира растет и спрос на свежие продукты растет, смена парадигмы в практике хранения продуктов питания является обязательной. Это требует целостного подхода, объединяющего научную изобретательность, устойчивые методы и коллективную приверженность смягчению воздействия на окружающую среду. Использование инноваций и экологически чистых технологий имеет решающее значение для будущего, в котором скоропортящиеся продукты от фермы до стола можно будет эффективно сохранять, сокращая ненужные потери [4].

Простым и удобным способом сохранения качества пищевой продукции можно отнести обработку продуктов озоном. Озон, высокореактивный газ, обладает сильными антимикробными свойствами, эффективно убивая вредные бактерии и микроорганизмы, которые могут вызвать порчу. Совокупная глобальная база знаний свидетельствует о существенных достижениях в использовании потенциала озона для обработки сельскохозяйственной продукции, тем самым продлевая срок ее хранения [5, 6, 7]. Озоновая обработка отличается выраженной способностью значительно снижать зараженность фруктов и овощей гнилостной и патогенной микрофлорой. В то же время он действует как мощное средство смягчения текущих метаболических процессов — основных виновников порчи, достигая кульминации в многогранном воздействии, подтверждающем его экономическую эффективность [8, 9].

В контексте подготовки овощехранилищ к будущему урожаю озоновые технологии оказываются исключительно универсальными и полезными. Стратегическое применение озона, при котором первоначальная «шоковая доза» тщательно вводится в пустые складские помещения перед погрузкой, служит упреждающей мерой для оптимизации результатов консервации. Практическое применение озонаторов также показывает, что периодическая активация после загрузки повышает эффективность консервации, что делает этот метод адаптируемым как к контейнерным, так и к бортовым способам хранения [10, 11].

Обработка озоном выходит за рамки непосредственного консервирования, устраняя

резкие запахи в хранилищах овощей, тем самым значительно повышая безопасность урожая. Это улучшение заслуживает внимания: оно существенно на 15-20% превосходит традиционные методы хранения [12]. По наблюдениям, озонаторы демонстрируют замечательную способность подавлять распространение гнили при первом использовании. Пораженный клубень подвергается высыханию, что является профилактической мерой против потенциального поражения соседних клубней.

Более того, озон действует как надежный сдерживающий фактор против образования колоний плесени на стенах складских помещений, деревянных ящиках и других упаковочных материалах. Даже в тех случаях, когда эти плесени наносят минимальный вред продукту, их присутствие придает плодам нежелательный специфический запах [13, 14]. Холодильные склады, которые часто страдают от быстрого распространения так называемой синей плесени, находят эффективного антагониста в виде озона. Эта устойчивая плесень процветает даже при относительно низких температурах, примерно 0°C, но ингибирующее воздействие озона на ее рост добавляет еще один уровень значимости к ее роли в революционном изменении традиционных методов хранения продуктов питания [15, 16].

Многогранные преимущества озоновых технологий подчеркивают их ключевую роль в изменении ландшафта консервации и хранения продуктов питания, знаменуя сдвиг парадигмы в сторону более эффективных, устойчивых и экономически жизнеспособных методов.

Исследованиями Назировой Р.М. и др. результат биологического воздействия был зафиксирован в ходе лабораторных исследований при использовании озона в концентрации от 6 до 21 мг/м^3 [17].

Цель исследований - изучение влияния обработки озоном на сохранность и качество ягод, на примере клубники, в процессе хранения.

Условия, материалы и методы. В лабораторных условиях кафедры механизации, электрификации и автоматизации с-х производства Чувашской ГАУ в период май-июнь 2023 года проводились эксперименты по влиянию озона на сохранность спелой клубники сорта «Черный принц». Экспериментальная установка (рис. 1), используемая в этом исследовании, включает генератор озона, оснащенный автоматическим таймером, что позволяет точно контролировать продолжительность обработки озоном в течение недели.

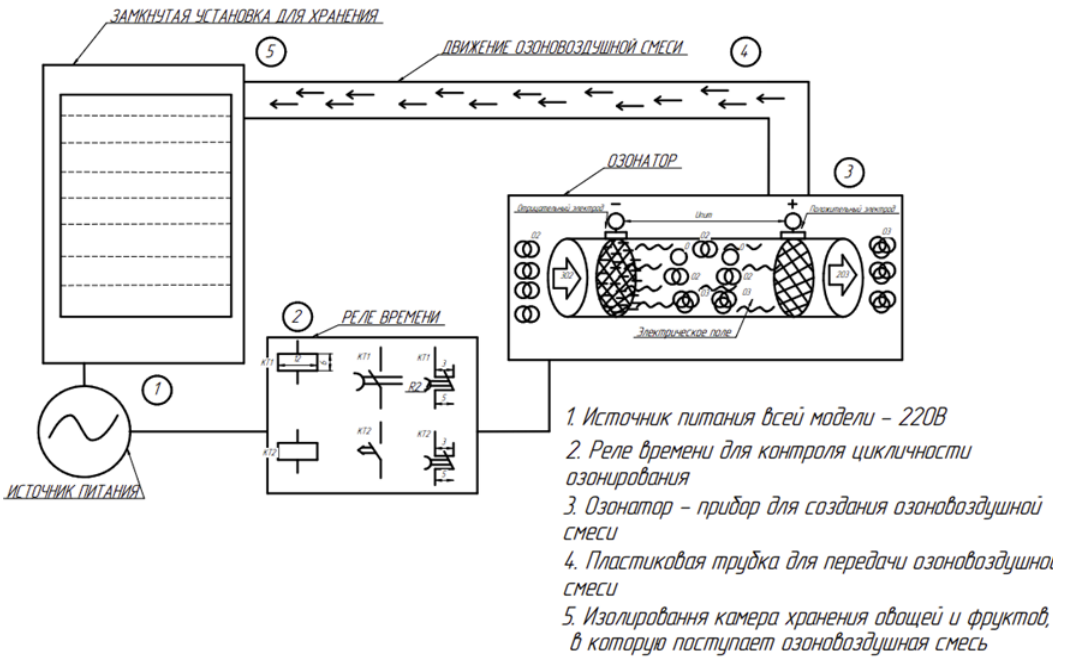


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки для озонирования

Генератор озона специально доставляет полученный озон через пластиковую трубку в специальный резервуар для хранения, что обеспечивает оптимальные условия для сохранения фруктов. Емкость для хранения имеет вместимость 24 литра и оснащен датчиком температуры и влажности для своевременного регулирования уровня температуры и влажности.

Основной задачей резервуара для хранения является создание условий, способствующих долголетию и свежести фруктов. Тщательно контролируя температуру в диапазоне от 1 до 3°C, резервуар для хранения обеспечивает идеальные условия хранения фруктов, предотвращая преждевременное созревание и гниение. Функция контроля влажности в резервуаре для хранения еще больше улучшает процесс хранения, поддерживая оптимальный уровень влажности от 90 до 95%,

который подавляет рост микробов и сводит к минимуму потерю влаги фруктами.

Учитывая важность сохранения качества и безопасности плодов, рекомендуемая частота обработки озоном камеры хранения фруктов составляет 1-2 раза в 1-2 часа в течение экспериментального промежутка времени. Эта частота позволяет регулярно подвергать воздействию озона, эффективно подавляя микробную активность и продлевая срок хранения фруктов. Осуществляя обработку озоном через соответствующие промежутки времени, экспериментальная установка направлена на достижение баланса между достижением микробного контроля и минимизацией потенциального негативного воздействия на характеристики фруктов.

Генератор озона производит озон со скоростью 200-400 мг/час, обеспечивая непрерывную и контролируемую подачу озона в резервуар для хранения. Эта стабильная подача озона гарантирует, что фрукты постоянно подвергаются воздействию озона в необходимой концентрации.

В эксперименте использовалось реле времени модель XIAOMI Mi Smart Power Plug (с поддержкой Wi-Fi, системы умный дом) для регулирования электрического циклического питания программируемого озонатора. Такая компоновка обеспечивала цикличное поступление озоновоздушной смеси в камеру хранения, которая была оборудована датчиками температуры и влажности Aqara Temperature and Humidity Sensor (экосистема Xiaomi) для обеспечения соблюдения заданных норм влажности и температуры.

Реализованная в системе электрическая схема (рис. 2) позволила обеспечить автоматическое питание озонатора Tronkin A530, обеспечив его циклическую работу.

В камеру хранения были помещены 24-литровые термомешки, способные поддерживать контролируемую среду до 12 часов. Датчики влажности и температуры использовались для непрерывного контроля требуемого уровня влажности в камерах хранения. Мониторинг и хранение данных в режиме реального времени были облегчены благодаря внедрению центральной системы контроля—Tuya ZigBee 3.0 (беспроводной сетевой шлюз для умного дома).

Для достижения необходимого уровня влажности использовали бытовой увлажнитель воздуха CONMI GAL00800 (бытовой прибор, обеспечивающий повышение уровня влажности воздуха в помещении до 20 м^2, с возможностью беспрерывной работы до 13 час.). Лед использовался в тщательно рассчитанных пропорциях для установления и поддержания нужной температуры. Для обеспечения температурной стабильности проводились регулярные замены льда.

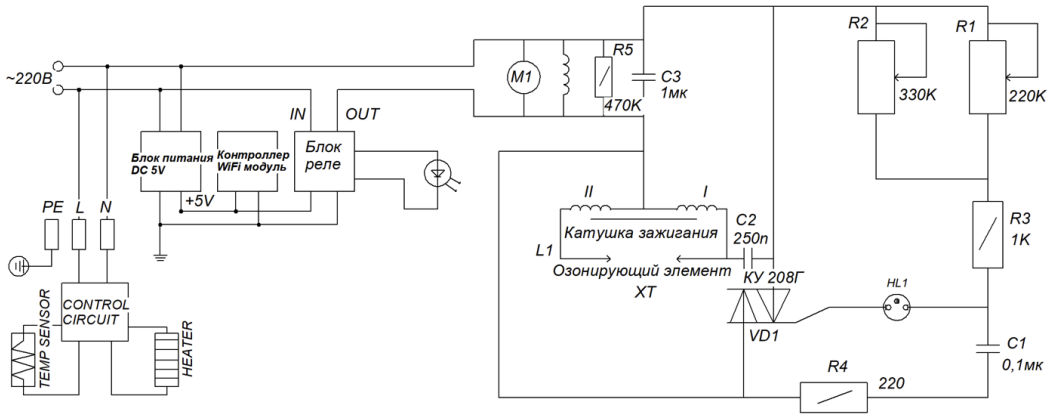


Рис. 2 - Электрическая схема питания озонатора: HL1 - неоновая лампа; VD1 - симистор; M1 - вентилятор с электродвигателем; L1 - индукционная катушка; I – первичная обмотка; II – вторичная обмотка; R1, R2, R3, R4; R5 – резисторы; C1, C2; C3 – конденсаторы

После установления необходимого уровня влажности клубнику помещали в две отдельные камеры хранения. В одной камере поддерживались необходимые температурно-влажностные условия, чтобы максимально увеличить срок годности клубники, а в другой камере проводились дополнительные циклы озонирования.

Бытовой озонатор подавал в камеру хранения озоновоздушной смесь с частотой 10 мин. в час.

На протяжении всего экспериментального этапа проводилось циклическое озонирование, лед периодически заменялся по мере необходимости. В случаях, когда влажность падала ниже желаемого уровня, использовался увлажнитель.

В каждой камере хранения помещалось по 8 ягод свежей клубники. Для оценки эффективности озонирования по сравнению с другими методами хранения использовались следующие данные:

-озонирование: средняя степень порчи на 6-е сутки = 0%;

-холодильное хранение: средняя степень порчи на 6-е сутки = 20%;

-модифицированная атмосфера: средняя степень порчи на 6-е сутки = 15%;

-антиоксидантная обработка: средняя степень порчи на 6-е сутки = 10%;

Расчет относительного эффекта озонирования:

-разница с холодильным хранением:

-разница=20%−0%=20%;

-разница с модифицированной атмосферой:

-разница=15%−0%=15%;

-разница с антиоксидантной обработкой:

-разница=10%−0%=10%.

Для проверки статистической значимости разниц использовался t-тест. Стандартное отклонение предполагалось равным 5% для всех групп.

Формула t-теста для двух независимых выборок выглядит следующим образом:

$$t = \frac{\text{Разница средних величин}}{\frac{\sigma^2 \text{группа 1}}{n \text{ группа 1}} + \frac{\sigma^2 \text{группа 2}}{n \text{ группа 2}}}$$

где:

разница средних - разница в средней степени порчи между двумя группами;

σ^2- дисперсия (квадрат стандартного отклонения);

n - количество клубники в каждой группе.

Результаты и обсуждение. При оценке эффективности применения озона необходимо учесть все аспекты, такие как: тип микроорганизмов, температура, влажность воздуха и другие факторы, поскольку они могут влиять на в процессе хранения.

После обработки озоном ягод спелой клубники проводили наблюдение за их состоянием в течение одной недели. Опытный и контрольный варианты ягод хранились в термоизолированных контейнерах при средней температуре 2…4^{0}С и влажности 91…95%.

Анализ экспериментальных результатов показывает значительное различие в сохранении качества между опытным образцом и контрольным вариантом клубники в течение 6 дней хранения (рис. 3):

На протяжении всего наблюдения опытный образец демонстрировал стабильное качество, не изменяясь внешне и сохраняя приятный вкус и аромат, в то время как контрольный вариант постепенно ухудшался. Уже на первые сутки контрольный образец изменил цвет, а на вторые начал выглядеть более спелым. К третьим суткам появились признаки перезрелости и начальной порчи, с повреждением до 5-6% площади ягод. На четвертые сутки контрольный образец показал размягчение, потемнение и явные признаки порчи на четырех ягодах, затрагивающие 12-14% площади. К пятым суткам состояние ухудшилось - ягоды сильно размягчились и уменьшились в объеме, с порчей на 34-36% площади. На шестые сутки контрольный вариант полностью испортился: ягоды стали темными, с признаками гниения и порчей на 68-70% площади, делая их несъедобными.

Таким образом, опытный образец значительно превосходит контрольный вариант по стойкости и качеству хранения, оставаясь практически неизменным на протяжении всего периода наблюдения (табл. 1).

Таблица 1 - Изменение внешнего вида клубники

Продолжительность хранения	Опытный образец	Контрольный вариант
1 сутки	не изменились;	- заметное изменение цвета на несколько тонов;
2 сутки	без существенных изменений;	- внешне выглядят более спелой;
3 сутки	без существенных изменений	- выглядела перезрелой, с локальными участками; -деформации и начальными признаками порчи - в среднем, признаки порчи составляли 5-6% от площади ягоды;
4 сутки	без существенных изменений	- размягчилась; - потемнела на несколько тонов; - четыре ягоды клубники имели явные признаки порчи; - в среднем, признаки порчи составляли 12-14% от площади ягоды;
5 сутки	без существенных изменений	- клубника еще больше размякла и потеряла в объеме; - четыре ягоды клубники из общего объема значительно уменьшились в размерах и имели явные признаки порчи; - в среднем, признаки порчи составляли 34-36% от площади ягоды;
6 сутки	Озонированная клубника сохранила приятный вкус и обрела аромат.	- темные тона; - признаки гниения; - в целом вся клубника стала несъедобной; - в среднем, признаки порчи составляли 68-70% от площади ягоды;

При сравнении различных методов хранения с озонированием, последний демонстрирует высокую эффективность в сохранении качества ягод, удерживая их свежими и вкусовыми характеристиками до 6 дней, что делает его конкурентоспособным и экономически выгодным. В отличие от холодильного хранения, где происходит быстрое размягчение и потеря влаги, и модифицированной газовой среды, требующей дорогостоящего оборудования, озонирование показало аналогичную стойкость без значительных затрат.

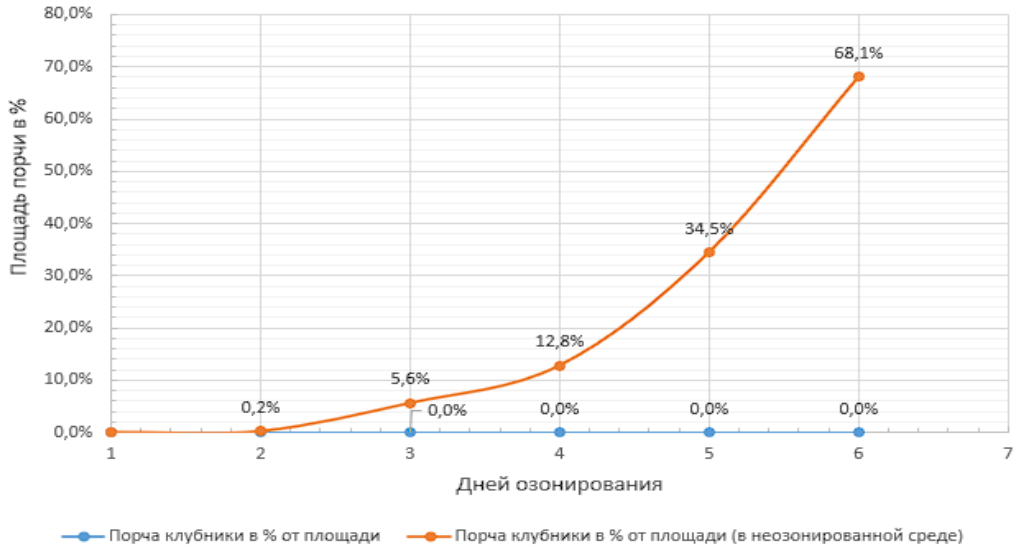


Рис. 3 - Средние показатели порчи клубники в % за 6 дней испытаний

В сравнении с вакуумным хранением, озонирование лучше сохраняет структуру и внешний вид ягод, избегая деформаций, что подтверждает его преимущества перед другими методами. Для наиболее эффективного способа хранения от порчи, помимо техники применения озоном, результаты по формуле t-теста будут следующие:

$$t = \frac{10\% - 0\%}{\frac{5^2}{8} + \frac{5^2}{8}} \approx 2.83$$

Что свидетельствует о значительной разнице в эффективности озонирования по сравнению с обычным холодильным хранением.

В ходе эксперимента было исследовано влияние озонирования на сохранность клубники в контролируемых условиях хранения. Две группы ягод содержались в термоизолированных контейнерах при температуре 2-4°C и влажности 91-95%. В одной группе применялось озонирование с циклом 10 минут в час, в другой - стандартные условия без озонирования. Результаты показали, что озонированная клубника сохраняла свежесть и не изменялась внешне на протяжении всего эксперимента, тогда как в контрольной группе признаки порчи и гниения проявились уже на 3-е сутки, а к 6-м суткам площадь пораженных участков достигла 68-70%. Таким образом, озонирование доказало свою эффективность в продлении срока годности клубники, что соответствует данным ранее проведенных исследований о воздействии озона на снижение микробиологической активности.

Выводы. Применение озоновых технологий при хранении и перевозке скоропортящейся плодоовощной продукции позволяет снизить ее потери, в вплоть до 99% при хранении по условиям ГОСТ 33953-2016 - Земляника свежая. Технические условия, сохранить её биологическую ценность, а также есть возможность отказаться от обработки продукции токсичными химическими дезинфектантами.

После недельного хранения необработанная клубника еще больше размякла и потеряла в объеме в среднем 20-45%. Большинство ягод клубники из общего объема значительно уменьшились до 48% от изначального объема в размерах и имели явные признаки порчи. После разрезания клубники стало очевидным, что ягоды, хранившиеся в неозонированной среде, потеряли объем, размякли, и примерно половина из них была сильно подвержена порче, что делало их непригодными для употребления в пищу.

Озонированная клубника после 6 сут. не показала никаких изменений, сохранив исходное состояние. Она сохранила свой объем и упругость.

Озонированная клубника сохранила приятный вкус и обрела аромат. Вкусовые ощущения озонированной клубники остались сохранными, тогда как контрольный вариант клубники проявила неприятный вкус, что явно указывало на ее непригодность для употребления.

Литература

1. Бахчевников О. Н., Брагинец А. В. Применение озона для обеззараживания кормового сырья (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 41-61. DOI 10.33952/2542-0720-2021-2-26-41-61.
2. Воробьев В.Ф., Лисина А.В. Роль озона в контролировании развития физиологических расстройств и грибных болезней в плодах груши при хранении. Плодоводство и ягодоводство России. 2019. - №59. С. 176 -180. DOI 10.31676/2073-4948-2019-59-176-180/
3. Piechowiak T, Skóra B, Balawejder M. Ozonation process causes changes in PARP-1 expression and the metabolism of NADPH in strawberry fruit during storage. J Biotechnol. 2022 Sep 20;357:84-91. doi: 10.1016/j.jbiotec.2022.08.012. Epub 2022 Aug 17. PMID: 35985517.
4. Баскаков И. В. Влияние озонной обработки на вредителей зерна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 3(62). С. 41-46. DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.3.41.
5. Шаравьев П. В., Г. В. Зуева Г. В., Неверова О. П. Инновационные технологии озонирования патогенов картофеля // Аграрный вестник Урала. 2014. № 3(121). С. 63-66.
6. Попов П. А. Технология применения озона в птицеводческих хозяйствах для обработки яиц // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2011. № 1(5). С. 48-53.
7. Мануйленко А. Н., Вендин С.В. Конструкция электрического озонатора воздуха для животноводческих помещений // Агроинженерия. 2021. № 3(103). С. 74-79. DOI 10.26897/2687-1149-2021-3-74-79.
8. Trends in EU Consumers' Attitude towards Fresh-Cut Fruit and Vegetables / Baselice, A.; Colantuoni, F.; Lass, D.A.; Nardone, G.; Stasi, // Food Qual. Prefer. 2017, 59, 8796. [Google Scholar] [CrossRef]
9. Advances in Postharvest Technologies to Extend the Storage Life of Minimally Processed Fruits and Vegetables / li, A.; Yeoh, W.K.; Forney, C.; Siddiqui, M.W. // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2018, 58, 26322649. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Якияева М. А. Влияние озонной обработки на физико-химические и микробиологические показатели сахарной свеклы // Пищевая промышленность. 2021. № 7. С. 24-26. DOI 10.52653/PPI.2021.7.7.006.
11. Некоторые аспекты использования озона и особенности применения озонаторов, повышающие сохранность убранного урожая в овощехранилищах. Теоретические и экспериментальные исследования / В. В. Белов, В. С. Павлов, Е. Л. Белов [и др.]. Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Научное обозрение", 2022. 84 с. ISBN 978-5-00186-059-4.
12. Toti, M.; Carboni, C.; Botondi, R. Postharvest Gaseous Ozone Treatment Enhances Quality Parameters and Delays Softening in Cantaloupe Melon during Storage at 6 °C. J. Sci. Food Agric. 2018, 98, 487494. [Google Scholar] [CrossRef]
13. Fresh-Cut Fruit and Vegetables: Emerging Eco-friendly Techniques for Sanitation and Preserving Safety / Artés-Hernández, F.; Martínez-Hernández, G.B.; Aguayo, E.; Gómez, P.A.; Artés, F. // In Postharvest Handling; Kahramanoglu, I., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2017. [Google Scholar]
14. Botondi, R.; Moscetti, R.; Massantini, R. A Comparative Study on the Effectiveness of Ozonated Water and Peracetic Acid in the Storability of Packaged Fresh-Cut Melon. J. Food Sci. Technol. 2016, 53, 23522360. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version]
15. Antifungal Coatings on Fresh Strawberries (Fragaria × Ananassa) to Control Mold Growth During Cold Storage / Park, S.-I.; Stan, S.D.; Daeschel, M.A.; Zhao, Y. J. Food Sci. 2006, 70, M202–M207. [Google Scholar] [CrossRef]
16. Barone, M.; Grasso, C.; Botondi, R. A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. Foods 2021, 10(4), 748; https://doi.org/10.3390/foods10040748. Department for Innovation in Biological, Agro-Food and Forest Systems, University of Tuscia, 01100 Viterbo, Italy. Author to whom correspondence should be addressed. Received: 4 March 2021 / Revised: 22 March 2021 / Accepted: 25 March 2021 / Published: 1 April 2021. (This article belongs to the Special Issue Safety, Quality and Processing of Postharvest Fresh Fruits and Vegetables)
17. Назирова Р.М., Курбанова У.С., Усманов Н.Б. Особенности обработки озоном некоторых видов плодов и овощей для их долгосрочного хранения // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2020. № 6 (72). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/9424 (дата обращения: 16.09.2024).

Сведения об авторах:

Белов Евгений Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, e-mail: Belovevg2008@yandex.ru

Долгов Никита Романович – аспирант кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, e-mail: yanki.xc@gmail.com

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

Хафизов Камиль Абдулхакович – доктор технических наук, заведующий кафедры тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов, e-mail: fts-kgau@mail.ru

Галиев Ильгиз Гакифович - доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: drGali@mail.ru

Ахметзянов Ришат Ринатович - кандидат технических наук, доцент кафедры общеинженерных дисциплин, e-mail: rishat83@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ELECTROZONING ON THE SHELF LIFE OF RIPE STRAWBERRIES

E. L. Belov, N. R. Dolgov, K. A. Khafizov, I. G. Galiev, R. R. Akhmetzyanov

Abstract. Preserving the freshness of fruits and berries is of great importance not only for their taste, but also for preserving their nutritional properties. Ozonation is one of the highly effective methods for destroying bacterial microflora and preserving food for a long time. Ozone is a strong disinfecting gas with a powerful disinfecting effect; biochemical processes are greatly reduced in ozonated products. Studies to study the effect of ozonation on the preservation of freshness and appearance of berries were conducted on the example of strawberries of the "Black Prince" variety. Experiments on electrozoning of ripe strawberries were carried out in laboratory conditions in the Chuvash State Agrarian

University. For this purpose, an experimental installation was developed and implemented to study the effects of ozonation. In a series of one-factor experiments, the preservation, appearance of berries and the amount of microflora after 6 days of storage were determined. Ozonation of berries was carried out in special containers at an ozone concentration of 6 mg / m^3, lasting 2 hours - 2 times a day. The appearance and taste of strawberries treated with ozonation for six days has not changed; the number of microorganisms on the surface of berries during storage for up to six days corresponds to the standards of GOST 29187-91. A visual inspection of the berries in the control sample on the sixth day of storage showed that 90% of the berries were affected by mold fungi. Unprocessed berries lost their shape, softened, putrefactive microflora appeared; the surface area affected by mold fungi reached more than 90%. Thus, ozonation has shown high efficiency in preserving the freshness, appearance and quality of strawberries during storage. Ozone treatment significantly reduces the development of pathogenic microflora and prevents spoilage of berries. This method can be recommended to extend the shelf life of fruits and berries in the food industry.

Keywords: ozone, ozonation, strawberries, shelf life.

References

1. Bakhchevnikov ON, Braginets AV. [Use of ozone for disinfection of feed raw materials (review)]. Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2021; 2(26). 41-61 p. – DOI 10.33952/2542-0720-2021-2-26-41-61.

2. Vorobev VF, Lisina AV. [The role of ozone in controlling the development of physiological disorders and fungal diseases in pear fruits during storage]. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2019; 59. 176-180 p. – DOI 10.31676/2073-4948-2019-59-176-180/

3. Piechowiak T, Skóra B, Balawejder M. Ozonation process causes changes in PARP-1 expression and the metabolism of NADPH in strawberry fruit during storage. J Biotechnol. 2022; Sep 20; 357:84-91. doi: 10.1016/j.jbiotec.2022.08.012. Epub 2022 Aug 17. PMID: 35985517.

4. Baskakov IV. [Effect of ozone treatment on grain pests]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.12. 3(62). 41-46 p. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.3.41.

5. Sharavev PV, Zueva GV, Neverova OP. [Innovative technologies for ozonation of potato pathogens]. Agrarnuy vestnik Urala. 2014; 3(121). 63-66 p.

6. Popov PA. [Technology of ozone application in poultry farms for egg processing]. Rossiyskiy zhurnal Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii. 2011; 1(5). 48-53 p.

7. Manuilenko AN, Vendin SV. [Design of an electric air ozonizer for livestock buildings]. Agroinzheneriya. 2021; 3 (103). 74-79 p. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-3-74-79.

8. Baselice A, Colantuoni F, Lass DA, Nardone G, Stasi. Trends in EU consumers' attitude towards fresh-cut fruit and vegetables. Food Qual. Prefer. 2017; 59. 87-96 p. [Google Scholar] [CrossRef]

9. Li A, Yeoh WK, Forney C, Siddiqui MW. Advances in postharvest technologies to extend the storage life of minimally processed fruits and vegetables. Crit.Rev.Food Sci. Nutr. 2018; 58. 2632-2649 p. [Google Scholar] [CrossRef]

10. Yakiyaeva MA. [Effect of ozone treatment on the physicochemical and microbiological parameters of sugar beet]. Pishchevaya promyshlennost. 2021; 7. 24-26 p. – DOI 10.52653/PPI.2021.7.7.006.

11. Belov VV, Pavlov VS, Belov EL. [Some aspects of ozone use and features of ozonizer application that increase the safety of harvested crops in vegetable stores]. Teoreticheskie i eksperimentalnye issledovaniya. Volgograd: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennostyu "Izdatelstvo "Nauchnoe obozrenie". 2022; 84 p. – ISBN 978-5-00186-059-4.

12. Toti M, Carboni C, Botondi R. Postharvest gaseous ozone treatment enhances quality parameters and delays softening in cantaloupe melon during storage at 6 °C. J. Sci. Food Agric. 2018; 98. 487-494 p. [Google Scholar] [CrossRef]

13. Artés-Hernández F, Martínez-Hernández GB, Aguayo E, Gómez PA, Artés F. Fresh-cut fruit and vegetables: emerging eco-friendly techniques for sanitation and preserving safety. In Postharvest Handling; Kahramanoglu, I., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2017. [Google Scholar]

14. Botondi R, Moscetti R, Massantini RA. Comparative study on the effectiveness of ozonated water and peracetic acid in the storability of packaged fresh-cut melon. J. Food Sci. Technol. 2016; 53. 2352-2360 p. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version]

15. Park SI, Stan SD, Daeschel MA, Zhao Y. Antifungal coatings on fresh strawberries (Fragaria × Ananassa) to control mold growth during cold storage. J. Food Sci. 2006; 70. M202-M207 p. [Google Scholar] [CrossRef]

16. Barone M, Grasso C, Botondi RA. Review into the effectiveness of ozone technology for improving the safety and preserving the quality of fresh-cut fruits and vegetables. Foods 2021; 10(4). 748; https://doi.org/10.3390/foods10040748. Department for Innovation in Biological, Agro-Food and Forest Systems, University of Tuscia, 01100 Viterbo, Italy. Author to whom correspondence should be addressed. Received: 4 March 2021. Revised: 22 March 2021. Accepted: 25 March 2021. Published: 1 April 2021. (This article belongs to the Special Issue Safety, Quality and Processing of Postharvest Fresh Fruits and Vegetables)

17. Nazirova RM, Kurbanova US, Usmanov NB. Features of ozone treatment of some types of fruits and vegetables for their long-term storage. [Internet]. Universum: khimiya i biologiya: elektron. nauchn. zhurn. 2020; 6 (72). [cited 2024, September 16]. Available from: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/9424.

Authors:

Belov Evgeny Leonidovich – Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, e-mail: Belovevg2008@yandex.ru

Dolgov Nikita Romanovich - postgraduate student at the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, e-mail: yanki.xc@gmail.com

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

Khafizov Kamil Abdulkhakovich – Doctor of Technical Sciences, Head of Department of Tractors, Automobiles and Safety of Technological Processes, e-mail: fts-kgau@mail.ru

Galiev Ilgiz Gakifovich - Doctor of Technical Sciences, Professor of Machine Operation and Repair Department, e-mail: drGali@mail.ru

Akhmetzyanov Rishat Rinatovich - Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor of the Department of General Engineering Disciplines, e-mail: rishat83@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-59-66
УДК 664.8/.9

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХМЕЛЕСУШИЛКИ С ЧАСТИЧНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

А. О. Васильев, К. В. Егоров, Р. В. Андреев, Н. Н. Пушкаренко, М. Н. Калимуллин

Реферат. Сушка является неотъемлемой частью технологического процесса производства товарного хмеля. В зависимости от объемов производства и уровня автоматизации процесса существует несколько способов высушивания шишек хмеля, среди которых можно отметить конвективный, микроволновой и сублимационный. При этом сушилки обладают разными соотношениями качества и производительности. Снижение энергозатрат на сушку хмеля представляет собой важное направление в развитии хмелеводства. В связи с этим модернизация и анализ производительности хмелесушилок является актуальной задачей в текущих условиях удорожания производства. Цель исследования – анализ производительности хмелесушилки МХС-25, модернизированной путем установки теплового насоса в контур циркуляции воздуха и обладающей настраиваемой рекуперацией тепловой энергии. Температура воздуха в сушильной камере контролировалась в диапазоне 60 ± 2 °С. Время предварительного нагрева, необходимое для достижения температуры воздуха, составило примерно 0,5 часа, что соответствует приблизительно 5% от общего времени сушки хмеля. Сравнение измеренных значений энергопотребления с расчетными показало, что экспериментальные значения находились в диапазоне от 10,2 кВт-ч до 11,5 кВт-ч, что в среднем за время эксперимента составило приблизительно 10,85 кВт-ч. Соответственно, расчетные значения находились в пределах 8,9 кВт-ч и 10,2 кВт-ч при среднем значении 9,55 кВт-ч. Ряд экспериментов по сравнению производительности сушки с использованием частично разомкнутого цикла показал, что достижении температуры окружающей среды 24 °С и влажности 53% максимальное значение относительной скорости влагоотделения достигало 6,23 кг/(кВт·ч) с коэффициентом обхода 0,86, что было выше, чем для сушки с полностью замкнутым циклом 5,54 кг/(кВт·ч). Система с частичной рекуперацией тепла превосходит систему с полной рекуперацией с точки зрения энергоэффективности и повышения производительности сушки хмеля.

Ключевые слова: хмель, сушка, моделирование, тепломассоперенос.

Введение. Сушка является одним из самых энергоемких процессов, на долю которого приходится до 15–25% общего энергопотребления в хмелеводстве [1]. Сушка хмеля осуществляется несколькими способами, такими как воздушный, тепловой, вакуумный, СВЧ, из которых преимущественным является воздушный. Поэтому целесообразно проведение ряда исследований, направленных на повышение производительности этого простого, но достаточно энергоемкого процесса [2].

Системы сушки хмеля, основанные на принципе использования низких температур находят незначительное внедрение. В связи с этим становится актуальной задача разработки оптимизированной системы сушки, в которой этот процесс происходит с рекуперацией, или использованием остаточного тепла [3]. Оценка такой системы должна включать сравнение затрат и выручки, при которых комбинация использования атмосферного воздуха и остаточного тепла имеет экономический смысл [4].

Традиционный процесс сушки имеет существенный недостаток, связанный с относительно высоким энергопотреблением. Кроме этого, он обладает низким термическим КПД [5]. Это в значительной мере обусловлено выбросом недоувлажнённого воздуха из сушильных камер, особенно на финальных этапах сушки. С другой стороны, использование сушилок с рекуперацией тепла может использовать остаточное тепло отработанного воздуха для повышения эффективности процесса сушки. Сушилки данного типа, ко всему прочему, имеют также ряд других преимуществ, такие как более высокая удельная скорость извлечения влаги, лучшее качество продукта сушки, отсутствие пересушивания и т. д. [6].

Рассматривая сушилки с точки зрения использования рекуперации тепла, можно выделить в них три типа: разомкнутого типа, частично разомкнутого типа и замкнутого типа.

Для сушилок разомкнутого типа существенными являются факторы состояния окружающей среды, поскольку в этом случае окружающий воздух является начальным источником тепла. Они имеют низкую производительность в сырую холодную погоду. В связи с этим были предложены некоторые решения для поддержки повышенной производительности при желаемой температуре сушки при негативных метеорологических условиях. Например, [7] представлена конструкция сушилки с двумя режимами сушки. Режим работы менялся между одноступенчатым и каскадным циклами, чтобы удовлетворить потребность в осушении при различных температурах окружающей среды. Однако такой подход при всех своих преимуществах не позволил повысить энергоэффективность и потребовал значительных стартовых вложений.

Рабочее пространство сушилок с замкнутым контуром полностью изолировано от окружающей среды, при этом рекуперация тепла достигается за счет рециркуляции возвратного воздуха сушильной камеры. Процесс характеризуется широким диапазоном условий сушки, и поэтому изучается и находит широкое применение в условиях холодного и

переменного климата, является приемлемым для термочувствительных материалов, требующих стабильных значений температур сушки, каким является пивоваренный хмель.

Из-за особенностей замкнутого контура избыточное тепло, вырабатываемое компрессорами, имеет особенность теряться через конденсаторы, что снижает энергоэффективность таких систем. Например, сообщалось, что тепло, отводимое от внешнего конденсатора, составляло не менее 35% от общей тепловой энергии, используемой для сушки хмеля, при использовании воздуха в качестве сушильной среды [8].

Чтобы синтезировать преимущества различных схем, были предложены сушилки с частично разомкнутым контуром, которые тщательно исследовались в России и за рубежом. Например, была разработана [9] и протестирована сушилка с частично разомкнутым контуром, при использовании которой энергопотребление снизилось на 32,55% по сравнению с обычной сушилкой горячим воздухом. Кроме этого, были теоретически рассчитаны [10] тепловые характеристики сушилок такого типа и обнаружено, что при температуре окружающего воздуха от 8 °С до 33 °С их использование более эффективно.

Несмотря на наличие ряда обширных исследований, существует необходимость дальнейшего улучшения характеристик сушилок воздушного типа с частичной рекуперацией тепла и их внедрению в производство сельскохозяйственной продукции.

Цель исследования - анализ производительности хмелесушилки МХС-25, модернизированной путем установки теплового насоса в контур циркуляции воздуха и обладающей настраиваемой рекуперацией тепловой энергии.

Условия, материалы и методы. Исследуемая сушилка представляет собой мобильную сушильную камеру стеллажного типа, предназначенную для сушки хмеля в непосредственной близости к месту расположения хмельников. Данная хмелесушилка была установлена в ангаре с доступом атмосферного воздуха для смешивания с целью повышения энергоэффективности системы, избегая при этом прямого влияния условий окружающей среды. Принцип работы этой системы представлен следующим образом (рис.1).

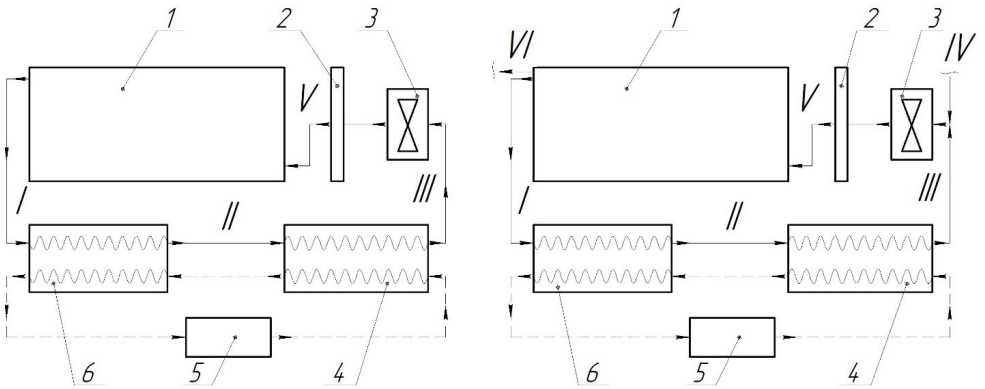
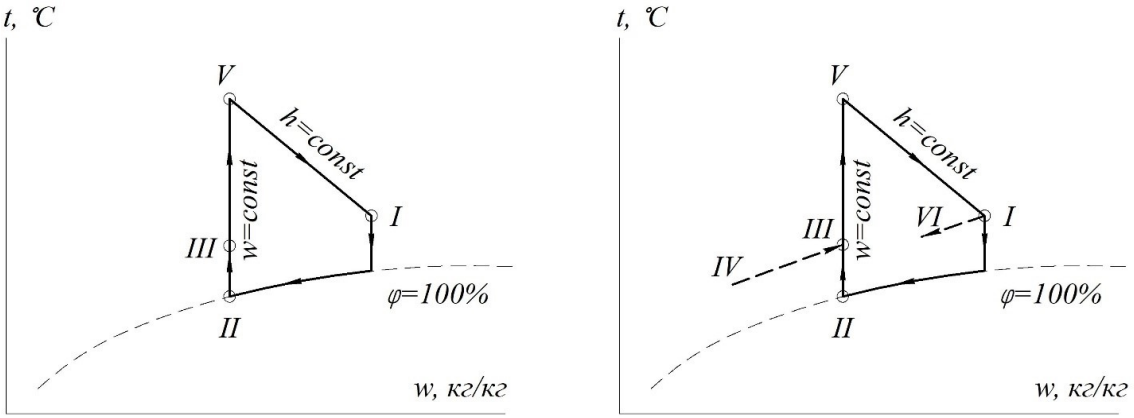


Рис. 1 – Принципиальная схема работы хмелесушилки: а) – с полной рекуперацией, б) – с частичной рекуперацией: I –увлажненный воздух, II – охлажденный воздух, III – осушенный подогретый воздух, IV – атмосферный воздух, V- осушенная смесь атмосферного и охлажденного отработавшего воздуха, VI – воздух, выбрасываемый в окружающую среду; 1 – сушильная камера, 2 – подогреватель, 3 – вентилятор, 4 – конденсатор, 5 – компрессор, 6 – испаритель.

Воздушный цикл хмелесушилки с полной рекуперацией (рисунок 1а) замкнут. В сушильную камеру 1 подается нагретый радиатором 2 осушенный воздух (*V*). После прохождения через насыпь хмеля и насыщения влагой отработавший воздух (*I*) поступает в испаритель 6, где его температура понижается и отделяется накопленная влага. На выходе из испарителя охлажденный воздух (*II*) подогревается теплом конденсатора 4 и вентилятором 3 осушенный подогретый воздух (*III*) нагнетается в сушильную камеру, пройдя дополнительный подогрев в радиаторе 2. При этом температура контролируется включением и выключением компрессора 5 для отвода избыточного тепла от хладагента, которое равно разнице между потреблением энергии, включая вентиляторы 3 и компрессоры 5, и явным теплом воды, конденсируемой испарителями 6. Воздушный цикл хмелесушилки с частичной рекуперацией (рисунок 1б) осуществляется схожим образом. Одновременно с осушенным подогретым воздухом (III) в сушильную камеру нагнетается также и атмосферный воздух (*IV*), где происходит их смешивание в определенном соотношении, регулируемом для контроля температуры и влажности приточного воздуха (*V*) в сушильную камеру. При этом количество приточного воздуха и отработанного воздуха, выбрасываемого в окружающую среду одинаковы (*VI*). Воздушный цикл хмелесушилки с полной рекуперацией частично открыт, в отличие от предыдущей схемы.

Удельное энергопотребление можно использовать как меру теплового КПД хмелесушилки. Соответственно, при достижении рабочего диапазона температур, воздушный цикл на психрометрической диаграмме может быть представлен в зависимости от цикла сушилки. В хмелесушилке с полной рекуперацией, (рис. 2а), подогретый подсушенный воздух проходит через сушильную камеру, получает влагу из хмеля и одновременно охлаждается (*V-I*). После этого влажный воздух из сушильной камеры поступает в испаритель, где осушается за счет конденсации (*I-II*). Далее происходит нагрев сначала в конденсаторе, затем в радиаторе (*II-III*) и (*III-V*), после чего цикл повторяется. Для воздушного цикла хмелесушилки с частично разомкнутым циклом (рис. 2б), который отличается от предыдущего тем, что смешанный воздух состоит из атмосферного воздуха (*IV-V*) и воздуха, прошедшего через испаритель (*III-V*). Этой смеси передается тепло конденсатора, после чего происходит нагнетание вентилятором с последующим подогревом в радиаторе в сушильную камеру, что соответствует изотермическому процессу (*II-III-V*).



а) б)

Рис. 2 – Психрометрическая диаграмма цикла сушки хмеля: а) – при замкнутом цикле, б) – при частично разомкнутом цикле: *I* –увлажненный воздух, *II* – охлажденный воздух, *III* – осушенный подогретый воздух, *IV* – атмосферный воздух, *V* - осушенная смесь атмосферного и охлажденного отработавшего воздуха, *VI* – воздух, выбрасываемый в окружающую среду; *h* – энтальпия воздуха, *t* – температура воздуха, *w* – влагосодержание воздуха, φ – относительная влажность воздуха

Общая методология, использованная в нашем исследовании, берет начало с разработки системы моделирования хмелесушилки с полной рекуперацией, за которой последовало экспериментальное исследование, проведенное на видоизмененном прототипе существующей экспериментальной хмелесушилки МХС-25. Для дальнейшего облегчения численной оценки производительности предлагаемая система моделирования была сначала проверена с использованием экспериментальных результатов вместе с выбором ряда ключевых показателей эффективности. На основе действующей системы моделирования и ключевых показателей эффективности была проведена серия исследований для изучения тепловых характеристик хмелесушилки при различных рабочих параметрах. Для количественной оценки энергетической выгоды также было проведено сравнение тепловых характеристик обеих систем.

Процесс сушки хмеля считался изоэнтальпийным процессом, как описано в уравнении (1). Учитывая общую скорость удаления влаги системой осушения, а также скорость удаления влаги *v* можно установить, как представлено в уравнении (2).

$$h_V = h_I \tag{1}$$

$$v = t \cdot m \cdot (w_I - w_V) \tag{2}$$

где h_I, h_V – энтальпия воздуха на выходе и на входе сушильной камеры соответственно, Дж/кг; *t* – время сушки хмеля, ч; *m* – массовый расход воздуха, кг; w_I, w_V – влагосодержание воздуха на выходе и на входе сушильной камеры соответственно, кг/кг. Коэффициент обхода *k* в системе можно определить с помощью уравнения (3):

$$k = \frac{m_I - m_{II}}{m_I} \tag{3}$$

где m_I, m_{II} – массовый расход воздуха, увлажненного после прохождения сушильной камеры и высушенного воздуха соответственно, кг. Влажный воздух, возвращавшийся из сушильной камеры, охлаждался и осушался хладагентом в испарителе. В результате прохождения через испаритель относительная влажность воздуха принималась равной 100% (рис. 2), а его температура соответствовала температуре воздуха на выходе из испарителя. Таким образом, используя диаграмму, можно получить энтальпию воздуха на входе и на выходе из испарителя, а также энтальпию конденсата,

которую целесообразно использовать для определения скорости теплопередачи Q согласно выражению:

$$Q = m_I(1-k)(h_I - h_{II}) - \frac{v \cdot h_k}{t} \quad , \qquad (4)$$

где h_I, h_{II} – значения энтальпии на входе и на выходе из испарителя соответственно, Дж/кг; h_k – энтальпия конденсата, Дж/кг.

На основе значений влажности воздуха на входе и на выходе из испарителя можно рассчитать степень удаления влаги испарителем, как описано в уравнении

$$v_B = t \cdot m_I(1-k)(w_I - w_{II}) \quad . \qquad (5)$$

Для хмелесушилки с частично разомкнутым циклом агентом сушки выступала смесь воздуха из выхода конденсатора и атмосферного воздуха. Предполагалось, что часть воздуха, выходящего из сушильной камеры, выводится в окружающую среду для возможности подачи атмосферного воздуха на следующий цикл.

Учитывая вышесказанное, скорость удаления влаги из свежего воздуха определяется выражением

$$v_0 = t \cdot m_0(w_{II} - w_{IV}) \quad , \qquad (6)$$

где m_0 – массовый расход атмосферного воздуха, кг, w_{II}, w_{IV} – влагосодержание воздуха на выходе из компрессора и d окружающем воздухе соответственно, кг/кг.

Таким образом, с учетом (5) и (6) общая скорость удаления влаги системой представляет собой сумму скоростей удаления влаги из свежего воздуха и испарителя. Для облегчения оценки производительности системы были выбраны ключевые показатели эффективности.

Удельная скорость удаления влаги:

$$n = \frac{m_I}{E} \quad , \qquad (7)$$

где E – общий расход электроэнергии, включая компрессор и вентилятор, кВт-ч.

Коэффициент производительности:

$$K = \frac{Q}{E} \quad . \qquad (8)$$

Коэффициент производительности отражает производительность хмелесушилки с частичной и полной рекуперацией.

Эти ключевые показатели эффективности широко использовались для оценки энергоэффективности в общедоступных источниках.

Габариты экспериментальной хмелесушилки составили 4 м (длина) × 2,5 м (ширина) × 2,5 м (высота).

Отработавший воздух из сушильной камеры охлаждался и осушался испарителями, а затем согревался в конденсаторе. Атмосферный воздух подавался в сушильную камеру и регулировался специальной заслонкой. Атмосферный воздух и воздух из конденсатора смешивались и подавались в подогреватель. После нагрева смешанного воздуха он снова подавался в сушильную камеру для сушки хмеля.

Чтобы получить четкое представление о характеристиках работы такой системы, была изучена серия случаев при различных температурах окружающей среды (табл.). В каждом случае исследовалась производительность системы.

Таблица – Значения параметров окружающего воздуха

Кодовое обозначение	Температура, °С	Влажность, %	Атмосферное давление, кПа
B1	10	80	98,92
B2	14	83	98,92
B3	18	75	99,05
B4	21	61	99,05
B5	24	53	99,05

В хмелесушилке на разной высоте по направлению движения воздуха было установлено три датчика температуры (T1, T2 и T3) и влажности (H1, H2 и H3) для определения параметров воздуха. Потребляемая мощность компрессора, вентилятора и электронагревателя определялась с использованием счетчика электроэнергии CE101 R5 145 M6. Датчики температуры и влажности были объединены в систему под управлением блока Arduino. Значения были собраны с помощью инструмента сбора данных (MS Excel).

Анализ и обсуждение результатов. Представлены профили температуры и относительной влажности воздуха в сушильной камере в процессе сушки (рис.3). Температура воздуха в сушильной камере успешно контролировалась в диапазоне 60 ± 2 °С. Время предварительного нагрева, необходимое для достижения температуры воздуха, составило примерно

0,5 часа, что соответствует приблизительно 5% от общего времени сушки хмеля. Примерно через 7 ч в процессе сушки прерывистое включение-выключение кондиционера привело к незначительным колебаниям температуры и влажности воздуха в сушильной камере, что нашло подтверждение в источнике [11]. При этом отклонения были незначительными, что свидетельствует о стабильном процессе сушки хмеля. За счет удаления влаги из хмеля в процессе сушки влажность воздуха постепенно снизилась приблизительно с 90% до 12%.

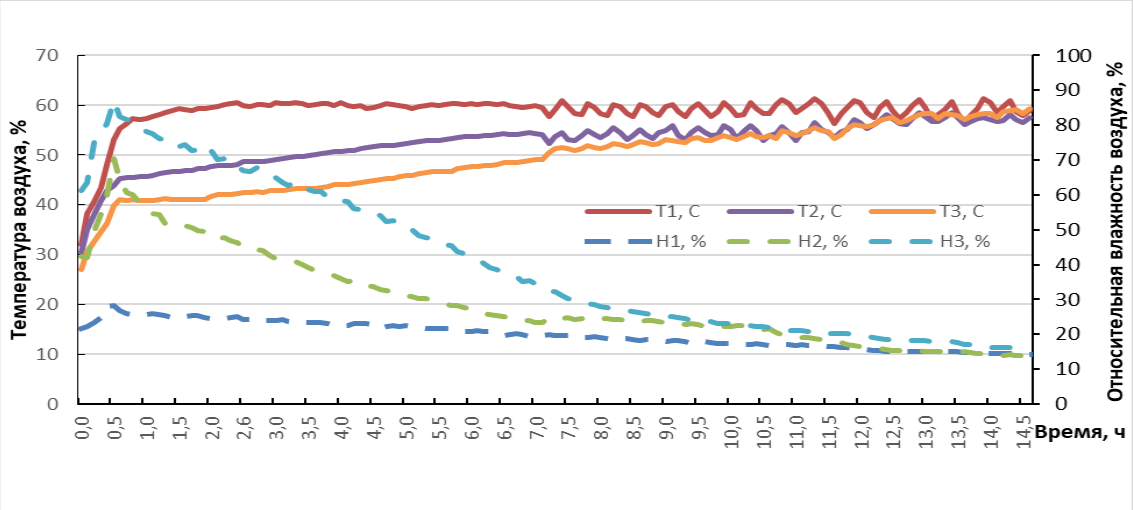


Рис. 3 – График изменения температуры и влажности в хмелесушилке:
T1, T2, T3 – температура воздуха на нижнем, среднем и верхнем ярусах сушилки соответственно, H1, H2, H3 – относительная влажность воздуха на нижнем, среднем и верхнем ярусах сушилки соответственно

В результате экспериментов были измерены потребление электроэнергии и коэффициент производительности. Температура и влажность атмосферного воздуха были измерены экспериментально, они менялись в зависимости от времени суток. Показано сравнение измеренных значений энергопотребления с расчетными, полученными теоретическим способом (рис.4). Экспериментальные значения находились в диапазоне от 10,2 кВт-ч до 11,5 кВт-ч, что в среднем за время эксперимента составило приблизительно 10,85 кВт-ч. Соответственно, расчетные значения находились в пределах 8,9 кВт-ч и 10,2 кВт-ч при среднем значении около 9,55 кВт-ч. Среднеквадратическая ошибка, рассчитанная для этих значений, составила 1,41. Данное отклонение может быть связано с потерями тепла через неплотности и стенки сушильной камеры.

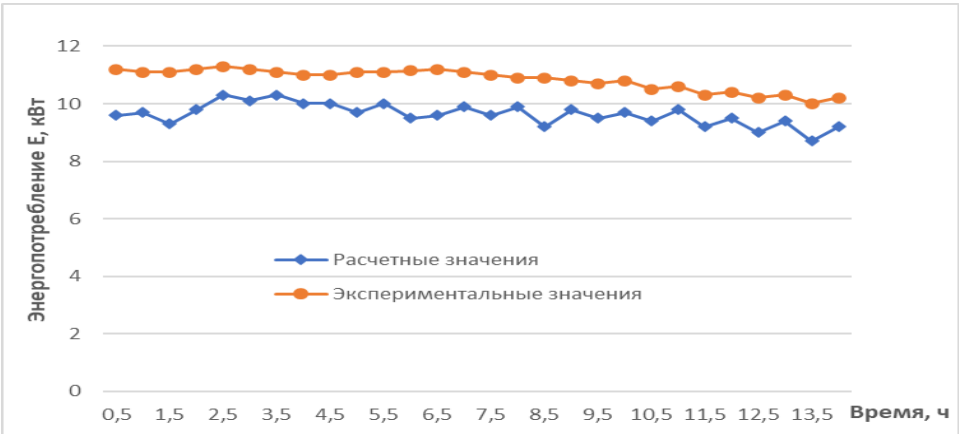


Рис. 4 – График энергопотребления электрооборудования

Сравнение коэффициента производительности показывает соответствие измеренных значений расчетным. Измеренные и расчетные значения находились в пределах от 0,89 до 0,95 и от 0,87 до 0,96 соответственно, а значение среднеквадратического отклонения составило 0,06. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что приведенная теоретическая модель может обеспечить надежный прогноз энергоэффективности для определения производительности хмелесушилок и, следовательно, может использоваться для дальнейшего анализа производительности хмелесушилок с рекуперацией тепла.

Представлены значения удельной скорости удаления влаги в зависимости от коэффициента обхода при различных состояниях окружающего воздуха (рис.5). В случае полной рекуперации (k=0) состояние окружающей среды не оказывало влияния на удельную скорость удаления влаги. По мере увеличения коэффициента обхода наблюдалось повышение значений этого показателя до некоторого экстремума, затем снижение при значениях k=100%, что соответствовало полностью разомкнутому циклу в хмелесушилке. При этом более высокие значения удельной скорости удаления влаги обнаружились при более высокой температуре окружающей среды. С изменением параметров окружающей среды до состояния В5 (табл.) максимальное значение относительной скорости влагоотделения достигало 6,23 кг/(кВт·ч) , что соответствовало значению коэффициента обхода 0,86, что было выше, чем для сушки с полной рекуперацией 5,54 кг/(кВт·ч) независимо от состояния окружающей среды В1-В5 (табл.). Очевидна некоторая разница: полное энергопотребление для хмелесушилки с частичной рекуперацией и коэффициентом обхода 0,86 оказалось ниже, чем для случая с полной рекуперацией. С увеличением температуры окружающей среды энергопотребление имеет тенденцию к снижению. Следует отметить, что при пониженных значениях температуры окружающей среды (В1) удельная скорость удаления влаги снижалась до 5,38 кг/(кВт·ч), поэтому в этом случае использование замкнутого цикла хмелесушилки (k=0) оказалось несколько более выгодным, чем разомкнутого (k=1%).

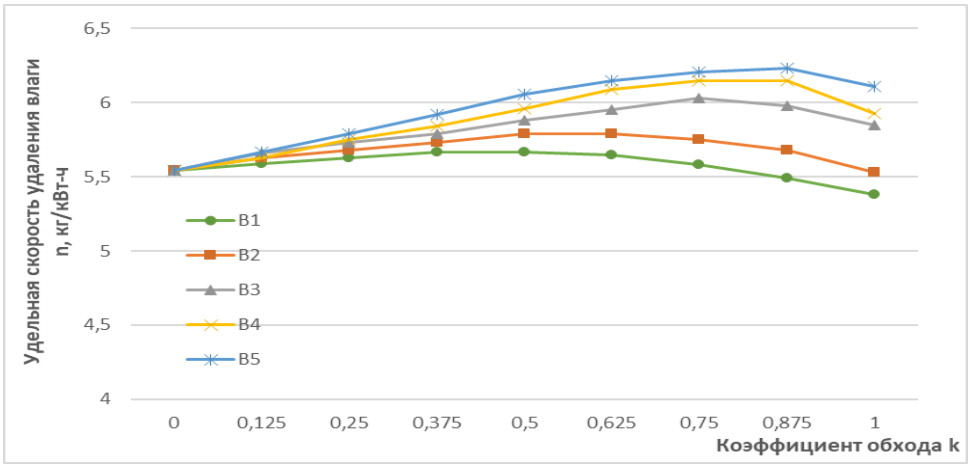


Рис. 5 – График зависимости удельной скорости удаления влаги от коэффициента обхода при различных параметрах окружающего воздуха: В1-В5 – кодовые обозначения параметров (табл.)

Состояние окружающей среды оказывало наибольшее влияние на производительность хмелесушилки с частично разомкнутым и полностью разомкнутым циклами сушки, особенно характерно это проявляется при значениях коэффициента обхода в диапазоне k=0,75…1. Разница в скорости удаления влаги при этом достигала 13% (с 5,50 до 6,23 кг/кВт·ч). В каждом случае наблюдалась тенденция к снижению этого показателя. Когда был принят коэффициент обхода, соответствующий максимальному значению относительного влагоотделения, коэффициент производительности достигал 0,79, тогда как для цикла сушки с полной рекуперацией составлял лишь приблизительно 0,5.

Выводы. Анализ производительности хмелесушилки МХС-25, модернизированной путем установки теплового насоса в контур циркуляции воздуха и обладающей настраиваемой рекуперацией тепловой энергии показал преимущества применения частично разомкнутого цикла сушки. Сформированная теоретическая модель позволила рассчитать значение энергопотребления, среднее значение которого составило 9,55 кВт-ч Сравнение измеренных значений энергопотребления с расчетными показало, что экспериментальные значения находились незначительные отклонения со среднеквадратической ошибкой, 1,41. Значения удельной скорости удаления влаги при использовании частично разомкнутого цикла сушки достигали 6,23 кг/(кВт·ч), что соответствовало значению коэффициента обхода 0,86. При этом для сушки с полностью замкнутым циклом это значение достигало 5,54 кг/(кВт·ч) независимо от состояния окружающей среды. Отмечается, что при пониженных значениях температуры окружающей среды удельная скорость удаления влаги снижалась до 5,38 кг/(кВт·ч), поэтому в этом случае использование замкнутого цикла хмелесушилки оказалось несколько более выгодным, чем полностью разомкнутого.

Литература

1. Исследование технологического процесса сушки хмеля в сушилке ПХБ-750 / А. О. Васильев, Р. В. Андреев, Е. П. Алексеев [и др.] // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1(8). С. 96-102.

2. Оськин С. В., Цокур Д. С., Лоза А. А. Параметры сушилки сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2022. № 11(305). С. 40-43.

3. Лакомов И. В., Помогаев Ю. М. Энергетическая эффективность применения тепловых насосов при сушке сельскохозяйственного сырья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 1(52). С. 109-113.

4. Учетное обеспечение обоснования затрат хмелеводства при его государственном субсидировании (на примере Чувашской Республики) / Е. А. Иванов, Л. Ю. Малинина, Н. Н. Пушкаренко [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 4(64). С. 96-104. – doi: 10.12737/2073-0462-2022-96-104.

5. Лакомов, И. В., Помогаев Ю. М. Принципы энергосберегающей технологии сушки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1(48). С. 70-74.

6. Испытание мобильной хмелесушилки с оптимизированным тепловым балансом / А. О. Васильев, Р. В. Андреев, Е. П. Алексеев и др. // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3(14). С. 74-80.

7. Design and experimental study of an air source heat pump for drying with dual modes of single stage and cascade cycle /S. Jiubing, G. Ting, T. Yafen, et al. //Applied Thermal Engineering. 2017. vol.129. P. 280-289.

8. Plando, Jr. Performance Evaluation of Heat Pump Systems for Cold Climate Regions. International //Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 2023. Vol.07. P.872-876.

9. Performance Analysis of Heat Pump Dryer with Unit-Room in Cold Climate Regions / Y. Qingyun, C. Lin, L. Mao, et al. //Energies. 2019. 12(16):3125.

10. Thermal characteristics of a novel enclosed cascade-like heat pump dryer used in a tunnel type drying system /D. Quancheng, W. Dechang, Li Xuerui, et al. //Applied Thermal Engineering. 2019. Vol. 155. P.206-216.

11. Исследование параметров работы дегидратора для реализации конвективной сушки влагосодержащих пищевых продуктов / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, А. К. Горелкина, А. Е. Задесенец и др.// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 466-479.

Сведения об авторах:

Васильев Александр Олегович - кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, e-mail: 3777222@bk.ru

Егоров Кирилл Викентиевич – аспирант кафедры технического сервиса, e-mail: egorovkirill2018@mail.ru

Андреев Роман Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, e-mail: rv_andreev@mail.ru

Пушкаренко Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, e-mail: stl_mstu@mail.ru

Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, первый проректор—проректор по научной работе и цифровой трансформации, доцент, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ANALYSIS OF HOP DRYER PERFORMANCE WITH PARTIAL THERMAL ENERGY RECOVERY

A. O. Vasilev, K. V. Egorov, R. V. Andreev, N. N. Pushkarenko, M. N. Kalimullin

Abstract. Drying is an integral part of the technological process of commercial hop production. Depending on the production volume and the level of automation of the process, there are several ways to dry hop cones, including convective, microwave and sublimation. At the same time, dryers have different ratios of quality and productivity. Reducing energy costs for drying hops is an important area in the development of hop growing. In this regard, modernization and analysis of the productivity of hop dryers is a pressing issue in the current conditions of rising production costs. The aim of the research is to analyze the productivity of the MXS-25 hop dryer, modernized by installing a heat pump in the air circulation circuit and having adjustable heat recovery. The air temperature in the drying chamber was successfully controlled in the range of 60 ± 2 ° C. The preheating time required to achieve the air temperature was approximately 0.5 hours, which corresponds to approximately 5% of the total hop drying time. Comparison of the measured and calculated energy consumption values showed that the experimental values were in the range of 10.2 kWh to 11.5 kWh, averaging approximately 10.85 kWh during the experiment. Accordingly, the calculated values were in the range of 8.9 kWh and 10.2 kWh, averaging 9.55 kWh. A series of experiments comparing the drying performance using partial recovery showed that with an increase in the ambient temperature to 24 °C, the maximum relative moisture separation rate reached 6.23 kg/(kWh) with a bypass ratio of 0.86, which was higher than that of 5.54 kg/(kWh) for drying with full recovery. The partial heat recovery system is superior to the full recovery system in terms of energy efficiency and increased hop drying performance.

Key words: hops, drying, modeling, heat and mass transfer.

References

1. Vasilev AO, Andreev RV, Alekseev EP. [Study of the technological process of drying hops in the PKhB-750 dryer]. Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2019; 1(8). 96-102 p.

2. Oskin SV, Tsokur DS, Loza AA. [Parameters of the agricultural product dryer]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2022; 11(305). 40-43 p.

3. Lakomov IV, Pomogaev YuM. [Energy efficiency of using heat pumps in drying agricultural raw materials]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; 1(52). 109-113 p.

4. Ivanov EA, Malinina LY, Pushkarenko NN. [Accounting support for the justification of the costs of hop farming with its state subsidies (on the example of the Chuvash Republic)]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol. 16. 4(64). 96-104 p. – doi: 10.12737/2073-0462-2022-96-104.

5. Lakomov IV, Pomogaev YuM. [Principles of energy-saving drying technology]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; 1(48). 70-74 p.

6. Vasilev AO, Andreev RV, Alekseev EP. [Testing of a mobile hop dryer with optimized heat balance]. Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2020; 3(14). 74-80 p.

7. Jiubing S, Ting G, Yafen T. Design and experimental study of an air source heat pump for drying with dual modes

of single stage and cascade cycle. Applied thermal engineering. 2017; Vol.129. 280-289 p.

8. Plando Jr. Performance evaluation of heat pump systems for cold climate regions. International Journal of advanced research in science, communication and technology. 2023; Vol.07. 872-876 p.

9. Qingyun Y, Lin C, Mao L. Performance analysis of heat pump dryer with unit-room in cold climate regions. Energies. 2019; 12(16): 3125.

10. Quancheng D, Dechang W, Xuerui Li. Thermal characteristics of a novel enclosed cascade-like heat pump dryer used in a tunnel type drying system. Applied thermal engineering. 2019; Vol.155. 206-216 p.

11. Neverov EN, Korotkiy IA, Gorelkina AK, Zadesenets AE. [Study of the operating parameters of a dehydrator for the implementation of convective drying of moisture-containing food products]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2023; 2(70). 466-479 p

Authors:

Vasilev Aleksandr Olegovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, e-mail: 3777222@bk.ru

Egorov Kirill Vikentievich – postgraduate student of the Department of Technical Service, e-mail: egorovkirill2018@mail.ru

Andreev Roman Viktorovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, e-mail: rv_andreev@mail.ru

Pushkarenko Nikolay Nikolaevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, e-mail: stl_mstu@mail.ru

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

Kalimullin Marat Nazipovich – Doctor of Technical Sciences, First ViceRector - Vice-Rector for Research and Digital Transformation, Associate Professor, Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-67-74
УДК 66.021:001.891.573

К РАСЧЕТУ ЖИДКОСТНЫХ ТАРЕЛЬЧАТЫХ СЕПАРАТОРОВ С ПАРАБОЛИЧЕСКИМИ ВСТАВКАМИ

Р. И. Ибятов, Б. Г. Зиганшин, Д. М. Галеев

Реферат. Объектом исследований является жидкостные тарельчатые сепараторы с криволинейными вставками, которые описываются уравнениям вида $z = aR^m$. Исследование проводили с целью изучения влияния формы вставок на интенсивность воздействия центробежной силы жидкостному потоку, а также на величину пути осаждения (или всплытия) частиц дисперсной среды. Эффективность осветления дисперсных сред предопределяется двумя конструктивными характеристиками аппарата – длиной пути осаждения частицы и направлением действия центробежной силы относительно стенок криволинейного канала. Для параболических вставок расстояние между ними и угол наклона стенок являются переменными величинами. Для вычисления этих величин построены нелинейные уравнения и предложен алгоритм численных расчетов. Результаты расчетов представлены в виде графических зависимостей названных параметров по длине канала. Расчеты проводились для параболоидов вращения со степенями m=2, 3 и 4 при значениях коэффициента a=2, 3 и 4. При увеличении значения коэффициента a расстояние между вставками уменьшается. Влияние показателя степени m на величину зазора между параболоидами вращения имеет более сложный характер. Размер зазора по длине канала уменьшался от 3 см до нескольких миллиметров. Угол наклона стенок относительно оси вращения уменьшался в диапазоне от 70 до 10 градусов. При увеличении параметров a и m данный угол уменьшается, следовательно, компонента центробежной силы, направленной перпендикулярно к стенке канала, возрастает. Уравнения движения жидкостной системы решены методом поверхностей равных расходов, согласно которого поток представляется в виде нескольких слоев со своими скоростями. На входном участке эпюра скоростей развивается от плоского профиля до параболического вида. В результате действия центробежной силы наблюдается асимметрия профиля скорости. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании геометрических характеристик тарельчатого сепаратора с параболическими вставками и согласовывать их с режимными параметрами потока.

Ключевые слова: жидкостные сепараторы, параболические вставки, геометрические параметры, поле скоростей.

Введение. Разделение жидкостных дисперсных сред производится с помощью различных аппаратов [1], таких как центрифуги [2], гидроциклоны [3, 4], сепараторы [5, 6, 7]. Целью разделения неоднородных сред могут являться как осветление жидкостей [1, 4], так и выделение твердой фазы в виде конечного продукта [7]. Для интенсификации процесса разделения тонкодисперсных сред широко применяются тарельчатые сепараторы. В тарельчатых сепараторах пакет соосно расположенных тарелок разделяет жидкостную систему на тонкие слои, что обеспечивает уменьшения пути осаждения дисперсных частиц. В настоящее время в основном используются сепараторы с коническими тарелками [5, 6, 8]. В то же время существуют сепараторы с тарелками другой геометрической формой, работа которых остается малоизученной [9]. В данной работе рассматривается работа жидкостных сепараторов с криволинейными вставками параболического вида. В сепараторах с криволинейными вставками, в отличие от сепараторов с коническими вставками, расстояние между ними является переменной величиной. При этом, вследствие уменьшения расстояния между ними, сокращается путь осаждения дисперсных частиц. Кроме того, криволинейная геометрическая форма канала позволяет увеличивать интенсивность воздействия центробежной силы на жидкостный поток. Следовательно, жидкостные сепараторы с криволинейными вставками могут быть использованы для ускорения процесса разделения [9].

Гидродинамическая картина течения среды определяется после вычисления геометрических параметров рабочей зоны. Поэтому, в каждом шаге численного решения уравнений движения, приходится вычислять значений текущего расстояния между тарелками, угла наклона касательной линии к образующей и радиуса вращения. В связи с этим, при расчете движения дисперсной среды в криволинейных каналах возникают дополнительные трудности [9, 10, 11]. Соответствующая математическая модель течения дисперсных сред остается малоизученным. Таким образом, расчет геометрических характеристик криволинейных зазоров между тарелками, а также математическое моделирование течений дисперсных сред в этих каналах, являются актуальными задачами.

Цель исследований – изучение влияния формы вставок на интенсивность воздействия центробежной силы жидкостному потоку, а также на величину пути осаждения (или всплытия) частиц дисперсной среды.

Условия, материал и методы. Рассмотрим криволинейный зазор, образованный двумя параболоидами вращения, которые заданы уравнениями

$$z = a\,R^m, \tag{1}$$

$$z = aR^m + b, \tag{2}$$

Здесь параметры a, b, m являются заданными постоянными числами, причем $b=OO_1$ (рис. 1). Пусть продольная координата x совпадает с образующей верхнего параболоида вращения, а координата R – величина, определяющая расстояния его произвольно точки от оси вращения. Как видно из рисунка, координата x показывает длину дуги ОА. При заданном радиусе R длина дуги x вычисляется по формуле

$$x = \int_0^R \sqrt{1+(dz/dR)^2}\,dR.$$

Тогда для произвольной точки x верхней вставки (1), радиус вращения вычисляется с помощью нелинейного уравнения

$$\int_0^R \sqrt{1+a^2n^2R^{2n-2}}\,dR - x = 0. \qquad (3)$$

Определенный интеграл, входящий в состав данного уравнения, в квадратурах вычисляется только для значений параметра m, равных 1 и 2. В частности, при m=2 уравнение (3) примет вид

$$\frac{R}{2}\sqrt{1+4a^2R^2} + \frac{1}{4a}\ln\left(R+\frac{\sqrt{1+4a^2R^2}}{2a}\right) + \frac{1}{4a}\ln(2a) - x = 0.$$

В остальных случаях, для определения радиуса вращения R, уравнение (3) решается численно.

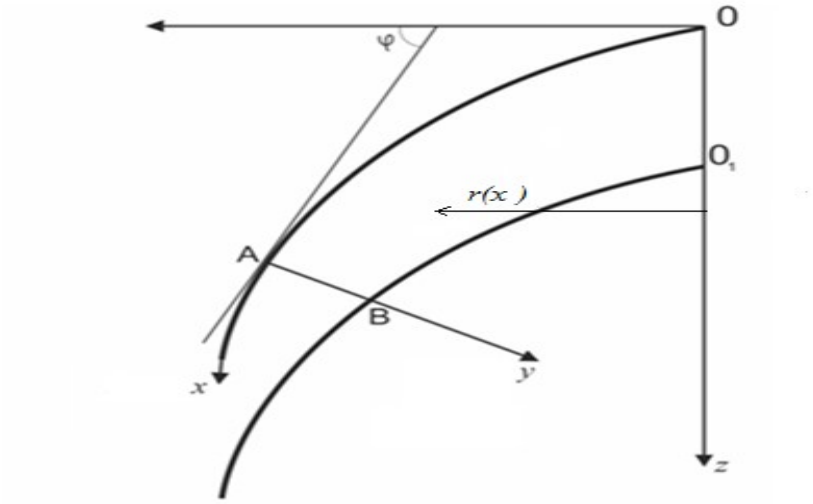


Рис. 1 – К расчету толщины зазора между параболическими тарелками: x – продольная координата; y – поперечная координата; φ – угол наклона касательной к образующей параболоида вращения; r – радиус вращения; А – произвольная точка; В – точка, соответствующая минимальному расстоянию до противоположной стенки в сечении $x = x_A$

Толщину зазора между тарелками определим как кратчайшее расстояние от точки x_A до нижней тарелки. Она представляется как расстояние между точками $A(R_A, z_A)$ и $B(R_B, z)$:

$$d(R_B) = \sqrt{(R_B - R_A)^2 + \left(aR_B^m + b - aR_A^m\right)^2}. \qquad (4)$$

Для определения координаты точки $B(R_B, z)$ потребуем выполнения условия минимума данной функции в виде равенства нулю первой производной. После несложных преобразований получим следующее нелинейное уравнение

$$ma^2R_B^{2m-1} + ma(b - aR_A^m)R_B^{m-1} + R_B - R_A = 0. \qquad (5)$$

Итак, алгоритм численного расчета зазора между соосными параболоидами вращения будет следующим:

1. В верхнем параболоиде вращения выбирается произвольная точка x_A.

2. Для выбранной точки по уравнению (3) вычисляется радиус вращения R_A.

3. Из уравнения (5) определяется радиус вращения R_B, который соответствует минимальному зазору между вставками в сечении $x = x_A$.

4. По найденным радиусам с помощью формулы (4) вычисляется искомое расстояние между параболическими тарелками.

В частном случае, когда m=1, уравнение (5) можно привести к виду

$$R_A - R_B = \frac{ab}{a^2+1}. \qquad (6)$$

С другой стороны, для прямого кругового конуса имеет место соотношение $z = tg\varphi R$, следовательно, в этом случае параметр a определяется как $a = tg\varphi$. Здесь φ - угол наклона касательной к образующей параболоида вращения в текущей точке x. Тогда, для вставок конической формы, формула (6) приводится к виду

$$R_B = R_A - b\sin\varphi\cos\varphi.$$

При этом, поскольку для конических вставок имеет место зависимость $d = b\cos\varphi$, последняя формула примет вид $R_B = R_A - d\sin\varphi$. Она, в свою очередь, является предельным случаем зависимости, которая позволяет

вычислить значения текущего радиуса в рабочей зоне между вставками

$$r = R - y\sin\varphi \quad . \qquad (7)$$

Кроме того отметим, что при m=1 значение параметра $a = 1$ соответствует углу наклона конической вставки, равном $\varphi = 45^{\circ}$.

Алгоритм численного решения нелинейных уравнений (3) и (5) представлен в виде блок-схемы (рис. 2). В блок-схеме через функцию $fA(x,R)$ обозначено уравнение (3), через $fB(x,R)$ - уравнение (5). При численной реализации алгоритма решении названных уравнений необходимо учесть следующие ограничения. Для уравнения (3) ищется первый положительный корень, а для уравнения (5) отыскивается корень, который является ближайшим к значению R_A и удовлетворяет условию $R_B < R_A$.

Эффективность осветления дисперсных сред в жидкостных тарельчатых сепараторах в основном предопределяется двумя конструктивными характеристиками аппарата. Во-первых, это - длина пути осаждения частицы к поверхности вставки. Длина пути осаждения зависит от расстояния между вставками и угла наклона стенок криволинейного канала от оси вращения. Во-вторых, важную роль играют величина центробежной силы и ее направление действия относительно стенок криволинейного канала. Интенсивность центробежной силы зависит от величины текущего радиуса и скорости вращения вставок, а ее направление определяется углом между нормали к поверхности тарелки и вектора действия центробежной силы. Не трудно показать, что названный угол вычисляется через значения угла наклона касательной к образующей параболоида по формуле.

$$\beta = \pi/2 - \varphi \quad .$$

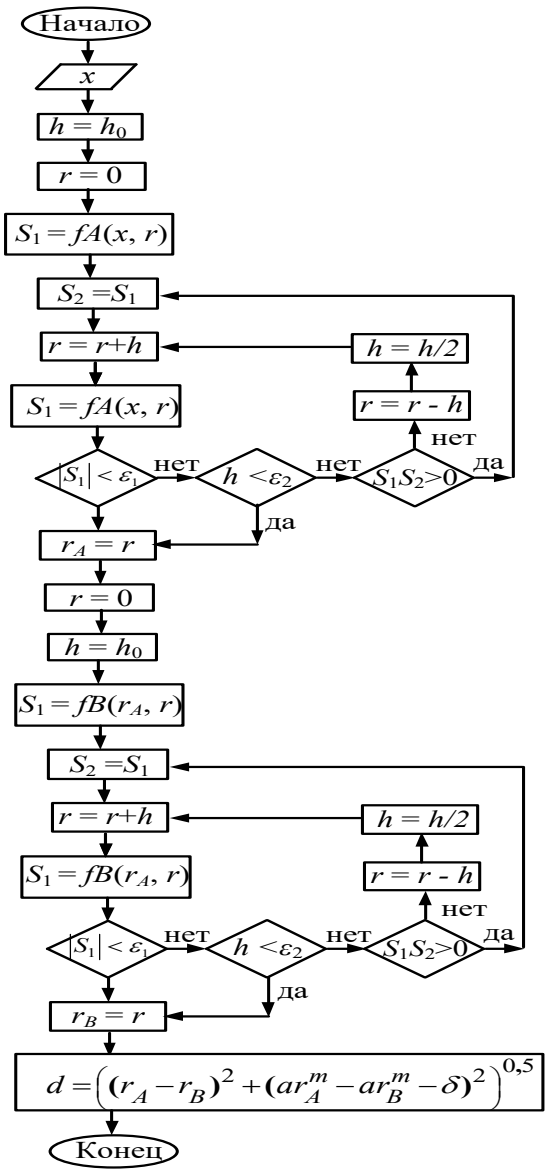


Рис. 2 – Блок-схема численного расчета расстояния между параболоидами вращения

В криволинейных каналах угол наклона является переменной величиной. Для его определения запишем уравнения параболоидов вращения через тригонометрические функции

$$\sin\varphi = \frac{dz}{dR}\cdot\left(1+\left(\frac{dz}{dR}\right)^2\right)^{-1/2},\ \cos\varphi = \left(1+\left(\frac{dz}{dR}\right)^2\right)^{-1/2}.$$

С учетом зависимости $\beta = \pi/2 - \varphi$, они примут вид

$$\sin\beta = \left(1+m^2a^2R^{2m-2}\right)^{-1/2},\quad \cos\beta = \frac{dz}{dR}\cdot\left(1+m^2a^2R^{2m-2}\right)^{-1/2}.$$

Следовательно, $\beta = \arcsin\left(\left(1+a^2n^2r^{2n-2}\right)^{-1/2}\right)$.

Далее рассмотрим движение дисперсной среды по направлению от периферии тарелок к центру аппарата, которое происходит под действием перепада давления. Уравнения сохранения массы и импульсов дисперсной среды для осесимметричного течения, в квазигомогенном приближении, можно записать в виде [12, 13]

$$\frac{\partial(rU)}{\partial x} + \frac{\partial(rV)}{\partial y} = 0, \qquad (8)$$

$$\rho\left(U\frac{\partial U}{\partial x} + V\frac{\partial U}{\partial y}\right) = -\frac{\partial P}{\delta x} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial y}\left(r\mu\frac{\partial U}{\partial y}\right) + \rho F_x, \qquad (9)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial y} + \rho F_y = 0. \qquad (10)$$

Система уравнений (8)-(10) должна решаться при следующих граничных условиях

$$y = \delta(x): \qquad U = U_\delta;$$

$$y = d: \qquad U = 0.$$

Здесь $\delta(x)$ - толщина слоя осадка, U_δ - скорость скольжения слоя осадка под действием центробежной силы по направлению к периферии тарелки. На входе задается средняя скорость в виде плоского профиля, которая определяет расход на один криволинейный канал между вставками.

Уравнения (8)-(10) были решены методом поверхностей равных расходов, согласно которого поток представляется в виде нескольких слоев y_k, через которые протекает определенное количество жидкостной среды

$$q_k = \int_{y_{k-1}}^{y_k} 2\pi rU dy, \qquad k = \overline{1, N+1}.$$

Продифференцируем данную зависимость, предварительно представляя интеграл в виде формулы трапеции численного интегрирования. Тогда с учетом условия постоянства величины q_k получим [13, 14]

$$\frac{dy_k}{dx} = \frac{dy_{k-1}}{dx} - \frac{y_k - y_{k-1}}{r_{r-1}U_{k-1} + r_kU_k}\cdot\frac{d(r_{r-1}U_{k-1} + r_kU_k)}{dx}, \quad k = \overline{1, N+1}. \qquad (11)$$

В уравнении движения (9) выразим частные производные $\partial U/\partial x$ и $\partial P/\partial x$ через полные дифференциалы

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{dU}{dx} - \frac{\partial U}{\partial y}, \quad \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{dP}{dx} - \frac{\partial P}{\partial y}.$$

Кроме того, примем во внимании, что на поверхностях равных расходов имеют место зависимости

$$V_k - U_k\frac{H_2dy_k}{H_1dx_1} = 0, \quad k = \overline{1, N}.$$

Тогда уравнение (9), записанное на введенных поверхностях с учетом (10), представляется в виде следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений [13, 14]

$$\rho U_k\frac{dU_k}{dx} = -\frac{dP}{dx} + \rho F_{yk}\frac{dy_k}{dx} + \frac{\mu}{r_k}\frac{\partial}{\partial y}\left(r\frac{\partial U}{\partial y}\right)_k + \rho F_{xk}, \quad k = \overline{1, N}. \qquad (12)$$

Система обыкновенных дифференциальных уравнений (11)–(12) позволяет определить положения линий поверхностей равных расходов и поле скоростей на них. Эти уравнения могут быть решены одним из известных численных методов. При проведении расчетов, на каждом шаге численного интегрирования уравнения (12), предварительно вычисляются частные производные по координате *y*. Для их вычисления, сеточные решения, полученные на предыдущем шаге, представляется в виде разложения в ряд по полной системе базисных функций, удовлетворяющих граничным условиям

$$U = \sum_{j=1}^{N} A_j(x)\Psi_{kj}(x, y_k). \qquad (13)$$

Коэффициенты разложения $A_j(x)$ находятся из условий совпадения скоростей, определяемых из (13), со значениями $U_k(x)$ на линиях $y_k(x)$.

Результаты и обсуждение. На основе построенной математической модели был проведен вычислительный эксперимент. Некоторые результаты численных расчетов геометрических характеристик сепаратора приведены на рисунках 3-6. На величину зазора между соосными параболоидами вращения влияют значения всех параметров *a*, *b* и *m*, которые использованы в уравнениях (1)-(2). Влияние коэффициента *a* на расстояния между параболоидами вращения второго порядка представлено на рис. 3. Расчеты показывают, что при увеличении значения коэффициента *a* расстояние между вставками уменьшается. На рисунке 4 представлены кривые, которые демонстрируют изменения расстояние между вставками при разных значениях показателя степени параболоидов вращения. Как видим, закономерность влияния параметра *m* на величину зазора между вставками имеет двоякий характер. На начальном участке канала, где радиус вращения имеет небольшие значения, при увеличении *m* расстояние между вставками возрастает. А дальше, при значительных размерах радиуса, увеличение показателя степени параболоидов приводит к уменьшению поперечного размера криволинейного канала.

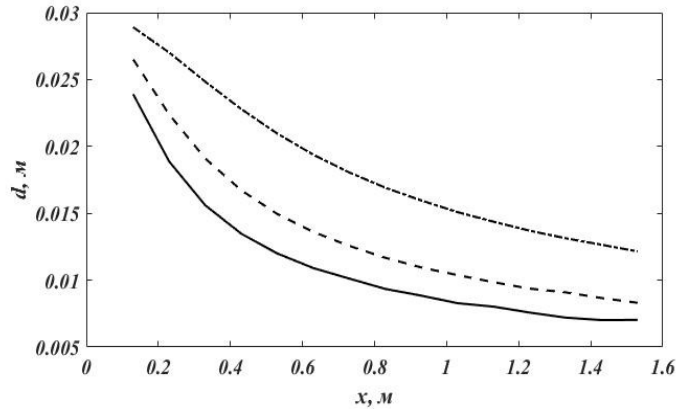


Рис. 3 – Изменение расстояния между параболоидами вращения при значениях *b*=0.03 м, *m*=2: *a*=2 – штрихпунктирная линия, *a*=3 – разрывная линия, *a*=4 – сплошная линия.

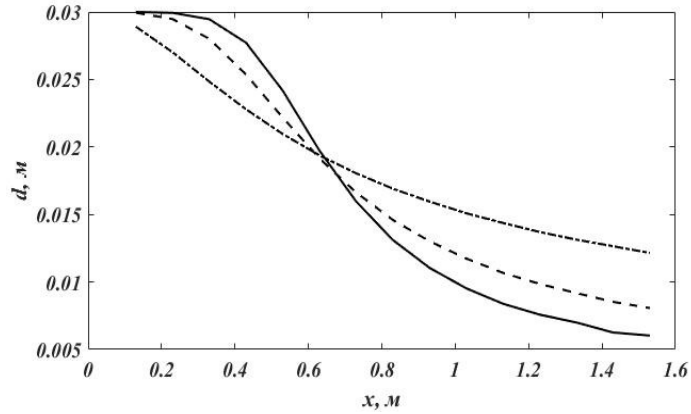


Рис. 4 – Изменение расстояния между параболоидами вращения при значениях b=0.03 м, *a*=2: m=2 – штрихпунктирная линия, m=3 – разрывная линия, m=4 – сплошная линия.

Изменение угла между направлениями центробежной силы и нормали к поверхности вставки при разных значениях коэффициента *a* и показателя степени *m* приведены на рисунках 5 и 6. Как видим, при увеличении этих параметров угол $\beta = \pi/2 - \varphi$ уменьшается. Причем, характер изменения угла является более монотонным по сравнению с изменением поперечного размера канала. При изменении значения угла β меняется характер распределения центробежной силы по направлениям осей координат. Компоненты вектора центробежного ускорения по направлениям осей *x* и *y* имеют вид [13]

$$F_x = \omega^2 r \sin\beta \quad F_y = -\omega^2 r \cos\beta.$$

Откуда видно, что при уменьшении угла β, компонента вектора ускорения F_x, направленная вдоль криволинейного канала, уменьшается. Компонента вектора F_y, которая направлена перпендикулярно к стенке канала, возрастает. Следовательно, скорости осаждения или всплытия дисперсных частиц будут расти.

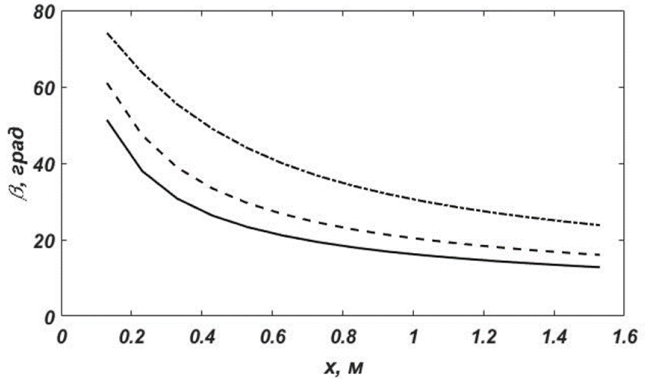


Рис. 5 – Изменение угла между направлениями центробежной силы и нормали к поверхности вставки при значениях b=0.03 м, m=2: a=2 – штрихпунктирная линия, *a*=3 – разрывная линия, *a*=4 – сплошная линия.

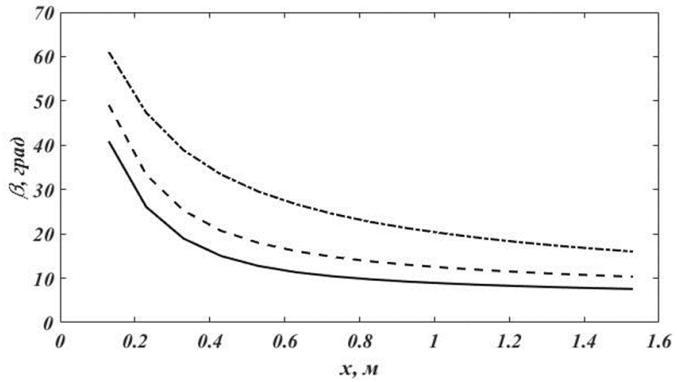


Рис. 6 – Изменение угла между направлениями центробежной силы и нормали к поверхности вставки при значениях b=0.03 м, *a*=2: m=2 – штрихпунктирная линия, m=3 – разрывная линия, m=4 – сплошная линия.

Системы обыкновенных дифференциальных уравнений (11)-(12) была решена после перехода к безразмерным величинам

$\tilde{x} = x/(h_* \mathrm{Re}), l = y/h_*, u = U/U_*, \tilde{P} = P/(\rho U_*^2),$

где $\mathrm{Re} = h_* U_* \rho/\mu$, $Fr = U_*^2/(h_*^2\omega^2)$; U_*, h_* - характерные значения скорости течения и размера канала. В результате решений определены положения линии $y_k(x)$ и значения скоростей $U_k(x)$ на них. Скорости движения среды на линиях различались между собой, что наглядно показывало ее распределение в потоке и ее зависимость от формы вставки. На входном участке течения происходит развитие начального плоского профиля до параболического вида (рис. 7). На форму эпюры скоростей существенно влияет скорость вращения. Поскольку центробежная сила действует против направления течения, скорость потока у верхней стенки замедляется. Поэтому на рисунках наблюдается значительная асимметричность профиля скорости.

Построенные уравнения и алгоритмы их численного решения [15, 16, 17] позволяют обосновать значения геометрических характеристик тарельчатого сепаратора с параболическими вставками и согласовывать их с режимными параметрами потока.

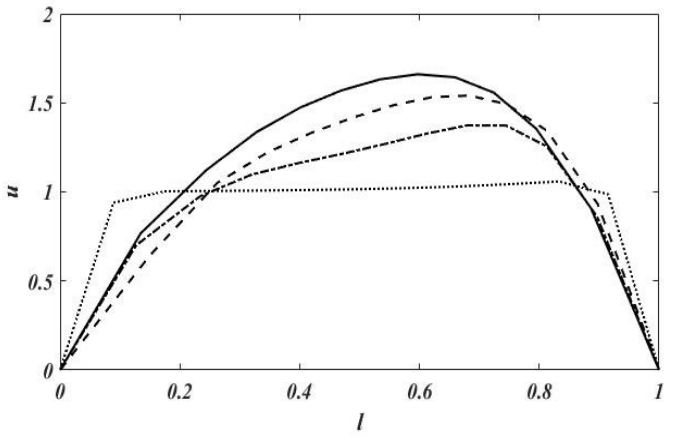


Рис. 7 – Эпюра скоростей при *Re*=100 , *Fr*=1, *a*=2, *m*=2 на сечениях по продольной координате: *x*= 0,199 – пунктирная линия, *x*=0,19 – штрихпунктирная линия, *x*= 0,18 – разрывная линия, *x*= 0,17 – сплошная линия: *u* – безразмерная продольная скорость; *l* – безразмерная поперечная координата

Выводы. Форма вставок сильно влияет на интенсивность воздействия центробежной силы жидкостному потоку, а также на величину пути осаждения (или всплытия) частиц дисперсной среды. При увеличении значений коэффициента *a* с 2 до 4 и показателя степени *m* с 2 до 4 угол наклона стенок относительно оси вращения уменьшается от 70° до 10°. Следовательно, скорости осаждения или всплытия дисперсных частиц будут расти. Величина зазора между параболическими вставками также уменьшается. При изменении параметров *a* и *m* в вышеуказанном диапазоне расстояние между вставками уменьшается от 3 см до нескольких миллиметров, следовательно, уменьшается путь осаждения (или всплытия) частиц. На входном участке эпюра скоростей развивается от плоского профиля до параболического вида. В результате действия центробежной силы наблюдается асимметрия профиля скорости.

Литература

1. Шкоропад Д.Е., Новиков О.П. Центрифуги и сепараторы для химических производств. М.: Химия, 1987. 256 с.
2. Измерение скорости седиментации мелкодисперсных частиц в тарельчатой центрифуге / И.Г. Дик, Д.Ю. Килимник, Л.Л. Миньков и др. // Инженерно-физический журнал. 2003. Т.76. № 4. С. 7-17.
3. Laptev A.G., Basharov M.M., Lapteva E.A. Turbulent drift of finely dispersed particles in emulsions and suspensions in pressure hydrocyclones // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2020. Vol. 93. № 4. P. 790-795.
4. Старостин А.Г., Федотова О.А., Кобелева А.Р. Очистка сточных вод от мелкодисперсных частиц на гидроциклоне // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2020. № 1. С. 99-112.
5. Жуков В.Г., Чесноков В.М. Давление в тонкослойном потоке жидкости тарельчатого центробежного сепаратора // Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50. № 6. С.683-693.
6. О кинетике потока жидкости в центробежном сепараторе / А.А. Славянский, Е.В. Семенов, В.А. Грибкова и др. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 4. С. 166-176.
7. Федотов К.В., Сенченко А.Е. Моделирование движения двухфазного потока пульпы в центробежном сепараторе // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 11. С. 30-35.
8. Математическое моделирование процесса сепарирования полидисперсных систем / А.Н. Саламатин, И.И. Поникаров, О.А. Перелыгин и др. // Теоретические основы химической технологии. 2002. Т. 36. № 5. С. 529-532.
9. Семенов Е.В., Славянский А.А., Лебедева Н.Н. Особенности процесса центробежного разделения жидкостной системы в сепараторе со вставками двоякой кривизны // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2019. № 3. С. 3-7.
10. Математическое моделирование течения двухфазных сред в рабочих узлах аппаратов сложной геометрической формы / Р.И. Ибятов, Ф.Г. Ахмадиев, Р.А. Галимов и др. // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 4. С. 71-75.
11. Компютерное моделирование течения неньютоновских двухфазных сред в областях сложной геометрии / Р.И. Ибятов, Ф.Г. Ахмадиев, Р.А. Галимов и др. // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 11. С. 193-199.
12. Debuchy R., Dument A., Muhe H., et al. Radial inflow between a rotating and a stationary disc // European Journal of Mechanics. – B. Fluids. 1998. Vol. 17, issue 6. P. 791-810. Doi.org/10.1016/S0997-7546(99)80014-4.
13. Kholpanov L.P., Ibyatov R.I. Simulation of the hydrodynamics of multiphase heterogeneous media in a centrifugal field // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2009. Vol. 43. No. 5, pp. 629-641. doi: 10.1134/S0040579509050054.
14. Ibyatov R. I., Akhmadiev F. G. Computer Simulation of the Flow of Two-Phase Media in Channels and Pipes of Complex Geometric Shape // Lobachevskii journal of mathematics, 2023, Vol. 44, No. 5, pp. 1679-1685. – doi: 10.1134/S199508022305027X.
15. Ибятов Р.И., Зиганшин Б.Г. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 1(65). С. 50-55.
16. Математическая модель задачи о замене оборудования / В.В. Королева, Е.Г. Филиппов, В.В. Ячменева и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 3(67). С. 90-95.
17. Энергетическая математическая модель опрыскивателя / К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 2(70). С. 117-126.

Сведения об авторах:

Ибятов Равиль Ибрагимович – доктор технических наук, заведующий кафедрой физики и математики, e-mail: r.ibjatov@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: zigan66@mail.ru

Галеев Дамир Миннурович – аспирант, ассистент кафедры физики и математики, e-mail: damirgaleev97@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

TO THE CALCULATION OF LIQUID DISC SEPARATORS WITH PARABOLIC INSERTS

R. I. Ibyatov, B. G. Ziganshin, D. M. Galeev

Abstract. The object of the study is liquid disk separators with curvilinear inserts, which are described by equations of the type $z = aR^m$. The study was conducted to study the effect of the insert shape on the intensity of the centrifugal force on the liquid flow, as well as on the length of the sedimentation path (or float) of dispersed medium particles. The efficiency of clarification of dispersed media is predetermined by two design characteristics of the device - the length of the particle sedimentation path and the direction of the centrifugal force relative to the walls of the curved channel. For parabolic inserts, the distance between them and the angle of inclination of the walls are variable quantities. To calculate these quantities, nonlinear equations are constructed and an algorithm for numerical calculations is proposed. The calculation results are presented as graphical dependencies of the above parameters along the channel length. The calculations were performed for paraboloids of revolution with degrees m=2, 3 and 4 at coefficient a=2, 3 and 4. As the coefficient a increases, the distance between the inserts decreases. The influence of the exponent m on the gap between the paraboloids of revolution is more complex. The gap size along the channel length decreased from 3 cm to several millimeters. The angle of inclination of the walls relative to the rotation axis decreased in the range from 70 to 10 degrees. As the parameters a and m increase, this angle decreases, therefore, the component of the centrifugal force directed perpendicular to the channel wall increases. The equations of motion of the liquid system were solved by the method of equal flow surfaces, according to which the flow is represented as several layers with their own velocities. At the inlet section, the velocity diagram develops from a flat profile to a parabolic form. As a result of the action of the centrifugal force, an asymmetry of the velocity profile is observed. The obtained results can be used to justify the geometric characteristics of a plate separator with parabolic

inserts and to coordinate them with the flow regime parameters.

Key words: liquid separators, parabolic inserts, geometric parameters, velocity field.

References

1. Shkoropad DE, Novikov OP. Tsentrifugi i separatory dlya khimicheskikh proizvodstv. [Centrifuges and separators for chemical production]. Moscow: Khimiya. 1987; 256 p.

2. Dik IG, Kilimnik DYu, Minkov LL. [Measuring the sedimentation rate of fine particles in a disc centrifuge]. Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal. 2003; Vol.76. 4. 7-17 p.

3. Laptev AG, Basharov MM, Lapteva EA. Turbulent drift of finely dispersed particles in emulsions and suspensions in pressure hydrocyclones. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2020; Vol.93. 4. 790-795 p.

4. Starostin AG, Fedotova OA, Kobeleva AR. [Wastewater treatment from fine particles in a hydrocyclone]. Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politekhnicheskogo universiteta. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. 2020; 1. 99-112 p.

5. Zhukov VG, Chesnokov VM. [Pressure in a thin-layer liquid flow of a disc centrifugal separator]. Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii. 2016; Vol.50. 6. 683-693 p.

6. Slavyanskiy AA, Semenov EV, Gribkova VA. [On the kinetics of liquid flow in a centrifugal separator]. Khranenie i pererabotka selkhozsyrya. 2020; 4. 166-176 p.

7. Fedotov KV, Senchenko AE. [Modeling the motion of a two-phase pulp flow in a centrifugal separator]. Ekologiya i promyshlennost Rossii. 2017; Vol.21. 11. 30-35 p.

8. Salamatin AN, Ponikarov II, Perelygin OA. [Mathematical modeling of the separation process of polydisperse systems]. Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii. 2002; Vol.36. 5. 529-532 p.

9. Semenov EV, Slavyanskiy AA, Lebedeva NN. [Features of the centrifugal separation process of a liquid system in a separator with double-curvature inserts]. Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2019; 3. 3-7 p.

10. Ibyatov RI, Akhmadiev FG, Galimov RA. [Mathematical modeling of the flow of two-phase media in the working units of devices with complex geometric shapes]. Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2023; Vol.26. 4. 71-75 p.

11. Ibyatov RI, Akhmadiev FG, Galimov RA. [Computer modeling of the flow of non-Newtonian two-phase media in areas of complex geometry]. Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2023; Vol.26. 11. 193-199 p.

12. Debuchy R, Dument A, Muhe H. Radial inflow between a rotating and a stationary disc. European Journal of Mechanics. B. Fluids. 1998; Vol.17. issue 6. 791-810 p. Doi.org/10.1016/S0997-7546(99)80014-4.

13. Kholpanov LP, Ibyatov RI. Simulation of the hydrodynamics of multiphase heterogeneous media in a centrifugal field. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2009; Vol.43. 5, pp. 629-641 p. doi: 10.1134/S0040579509050054.

14. Ibyatov RI, Akhmadiev FG. Computer simulation of the flow of two-phase media in channels and pipes of complex geometric shape. Lobachevskiy journal of mathematics. 2023; Vol.44. 5. 1679-1685 p. – doi: 10.1134/S199508022305027X.

15. Ibyatov RI, Ziganshin BG. [On modeling random processes in the agro-industrial complex]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol. 17/ 1(65). 50-55 p.

16. Koroleva VV, Filippov EG, Yachmeneva VV. [Mathematical model of the problem of equipment replacement]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol. 17. 3(67). 90-95 p.

17. Khafizov KA, Nurmiev AA, Khafizov RN. [Energy mathematical model of a sprayer]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol. 18. 2(70). 117-126 p.

Authors:

Ibyatov Ravil Ibragimovich – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Physics and Mathematics, e-mail: r.ibjatov@mail.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich – Doctor of Technical sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, professor of Machines and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: zigan66@mail.ru

Galeev Damir Minnurovich – graduate student, Assistant of the Department of Physics and Mathematics, e-mail: damirgaleev97@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-75-83
УДК 631.365:51-74

К МЕТОДИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ОРГАНИЧЕСКИХ СЕМЯН ТИМОФЕЕВКИ

В. А. Смелик, А. Р. Валиев, А. В. Добринов, А. Н. Перекопский

Реферат. Важной специфичной особенностью функционирования машин и оборудования в технологиях послеуборочной обработки зерна и семян является вероятностная изменчивость внешних условий, негативно влияющих на эффективность их работы. Процесс сушки отличается ещё и нестационарностью по своим вероятностно-статистическим характеристикам. Методики формирования цифровых двойников стационарных процессов достаточно хорошо освоены, однако построение цифровых двойников нестационарных процессов является гораздо более сложной задачей, для решения которой необходимо учитывать природу нестационарности, а также особенности и внутреннюю структуру моделируемых процессов. Цель исследований - построение цифрового двойника нестационарного процесса сушки семян тимофеевки и оценка достоверности полученной модели. Экспериментальные данные получены в результате сушки семян тимофеевки луговой сорта Ленинградская 204 с полевого органического севооборота на универсальной сушильной установке с применением цифрового влагомера семян Фауна ПМДР4, оснащенного поточными датчиками погружного типа. В результате экспериментальных исследований получены реализации случайных процессов изменения влажности семян на заключительном этапе сушки для построения математических моделей методами статистической идентификации. Построение дискретных аналогов исследуемых процессов проведено с использованием экспериментальных корреляционных функций, аппроксимируемых соответствующими функциями для получения параметров моделирующих рекуррентных уравнений. Рассмотренный алгоритм моделирования работы сушилки позволяет воспроизводить процессы неограниченно большой длины и моделировать различные условия и режимы работы для нахождения заданных оптимумов по качеству, энергозатратам и экологичности. Точность результатов имитационного моделирования определялась на основе сходимости моментных функций экспериментального и смоделированного технологических процессов. Оценки статистических характеристик смоделированного процесса сушки семян тимофеевки с 95–процентной вероятностью соответствуют статистическим оценкам процесса сушки, полученным в ходе экспериментальных исследований, а графики их нормированных корреляционных функций наглядно подтверждают идентичность процессов. Полученные математические зависимости протекания технологического процесса сушки органических семян тимофеевки являются его цифровым двойником, позволяющим методами имитационного моделирования решать оптимизационные задачи.

Ключевые слова: цифровой двойник, технологический процесс, сушка семян, идентификация, имитационное моделирование.

Введение. Отличительной особенностью сельскохозяйственного производства от других отраслей экономики является разнообразие выполнения технологических процессов, их вариации, применение различных вариантов механизированных технологий в зависимости от погодных, климатических и почвенных условий. Производство продукции растениеводства накладывает дополнительные условия на выращивание, уборку и послеуборочную обработку урожая в зависимости от видов, сортов, фаз спелости растений. Важной специфичной особенностью функционирования машин и оборудования при производстве сельскохозяйственной продукции является вероятностная изменчивость внешних условий, как правило, негативно влияющих на эффективность их работы [1, 2].

При послеуборочной обработке зерна и семян трав достаточно проблематично учесть при настройке на заданные режимы работы различные варианты физико-механических свойств зерна и семян трав, исходную (начальную) влажность, требования к температуре сушки [3, 4]. Особую трудность представляет необходимость поддержания заданных режимов работы в условиях вероятностной изменчивости исходной влажности зерна и семян, а также внешних условий — (температуры и влажности) окружающего воздуха [4, 5].

К настоящему времени в виду развития цифровых технологий и искусственного интеллекта представляется возможным использовать информационно-коммуникационные системы как моделирующие элементы на основе математических и полунатурных моделей «проигрывать различные сценарии» по типу «что будет, если …» [2, 6]. Известно [7], что построение цифровых двойников технологических процессов в различных отраслях уже является необходимым условием при проектировании и строительстве предприятий, заводов и других объектов, а также отдельных технологических процессов, реализуемых на этих объектах. В сушке семян различных трав представляется возможным также использовать имитационное моделирование технологического процесса и рассматривать рациональные параметры и режимы работы сушильных установок [4].

В ряде работ [8, 9] в России предложено использовать метод описания технологического процесса на основе цифрового двойника технологического процесса, который позволяет решать проблемы оптимального

управления информацией на предприятии без существенных вложений.

Использование цифрового двойника на основе имитационного моделирования, связанного с заданными оператором и фактическими значениями технологического процесса, позволяет вести наблюдение за параметрами и режимами работы оборудования в реальном времени. Это позволяет оперативно принимать управляющие воздействия на основе анализа данных [10, 11]. Реализация системы мониторинга технологического процесса на основе имитационного моделирования дает возможность осуществить необходимые настройки системы в соответствии с необходимыми требованиями оператора для дальнейшего увеличения эффективности управления процессом [12, 13], в том числе и процессом сушки семян трав [14].

Почвенно-климатические условия регионов повышенного увлажнения РФ диктуют условия сушки высоковлажных семян в более «мягких» режимах для обеспечения сохранности и всхожести семян, особенно выращенных по органической технологии [5, 15].

За счет управления процессом сушки возможно увеличить время нахождения семян в сушильной камере, чтобы недозревшие семена успели отдать влагу, стали щуплыми и легковесными, и их можно было отделить при дальнейшем сортировании. При экспериментальных исследованиях практически невозможно учесть все варианты условий функционирования (различные виды топлива, вид и сорт зерна или семян трав, исходную влажность и температуру семян, наличия сорняков в сушимом ворохе), накладываются ограничения по короткому периоду сезонной уборки семян, а также затраты времени и средств [5].

После определения проблемы и цели исследования этапами проектирования имитационной модели технологического процесса будут следующие [2, 13, 15]: разработка концепции (параметры, функциональные зависимости, ограничения, целевая функция); формализация логико-математической модели; разработка программы-имитатора с применением языков и систем моделирования; верификация модели; планирование имитационного (машинного) эксперимента; интерпретация результатов и использование модели.

В работе [14] моделируются режимы функционирования универсальной сушилки по корреляционным функциям дискретных последовательностей величин влажности различных растительных материалов. Отмечено, что точность результатов исследований моделирования процессов сушки и экспериментальных исследований достаточно близки.

В нашей работе рассмотрена методика формирования цифрового двойника технологического процесса сушки с последующим имитационным моделированием процесса сушки органических семян тимофеевки. Данный метод позволяет воссоздать реальные условия работы сушилки и получать данные о выходных показателях, имитационные модели могут быть получены как при экспериментальных исследованиях, так и на основе аналитических расчетов [2, 12].

Цель исследований – построение цифрового двойника нестационарного процесса сушки семян тимофеевки и оценка достоверности полученной модели.

Условия, материалы и методы. Экспериментальные данные получены в результате сушки семян тимофеевки луговой сорта Ленинградская 204 с полевого органического севооборота на универсальном экспериментальном образце сушилки. Под формирование урожая семян при полосном посеве было внесено органическое удобрение БИАГУМ производства ИАЭП - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ из расчета 40 кг д. в. азота на гектар [15].

Базовая энергетическая часть экспериментального образца сушилки используется для сушки семян зерновых и масличных культур, семян трав, растительной массы в рулонах и кипах, аналогом которой являются применяемые на практике известные установки [16, 17]. Экспериментальная сушильная камера для семян представляет собой квадратную емкость высотой 0,75 м с сетчатым дном (рис. 1).

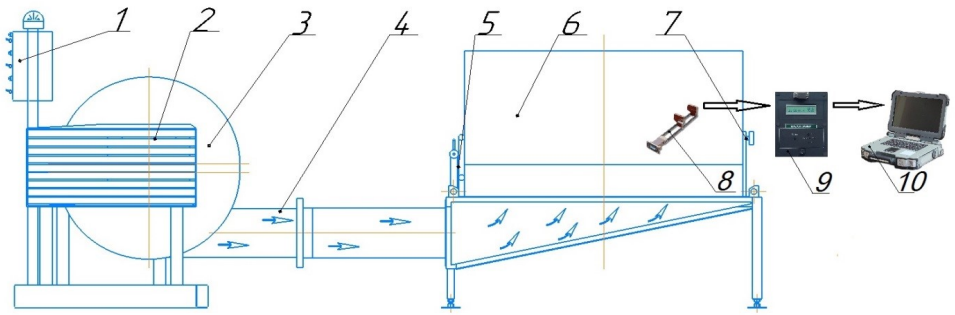


Рис. 1 – Схема лабораторной установки для сушки семян (вид сбоку):
1 – блок управления; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – воздуховод; 5 – подъемное устройство; 6 – сушильная камера; 7 – заслонка сушильной камеры; 8 – датчик влагомера; 9 – блок индикации влагомера; 10 – мобильный компьютер

Принцип действия сушилки следующий: подогретый калорифером 2 воздух вентилятором 3 по воздуховоду 4 подается в сушильную камеру 6. Блоком управления 1 осуществляется включение установки, подключение необходимого количества калориферов, частотным регулятором LS 600 осуществляется изменение частоты вращения крыльчатки вентилятора и подачи теплоносителя (воздуха). Подъемным устройством 5 осуществляется выгрузка семян из камеры через заслонку 7.

Для контроля температуры агента сушки и влажности семян в сушилке использовался влагомер Фауна-ПМДР. Принципиально влагомер состоит из датчика погружного типа 8 (рис. 1), блока индикации 9, преобразователя интерфейса RS485 в USB для связи с мобильным компьютером 10.

Разработанная лабораторная установка позволяет регулировать температуру и скорость теплоносителя, обеспечивает необходимый для постановки опытов «мягкий» режим сушки семян, соответствующий требованиям научно-технических разработок для органического производства [18].

Графический интерфейс компьютера отображает установленные показатели процесса сушки: влажность семян и температуру, получаемые от датчиков (до 4-х штук) (рис. 2). Информацию с датчиков возможно фиксировать с заданным по времени шагом в виде дискретных последовательностей исследуемых процессов с последующим сохранением в файлах. Управляющее воздействие с блока индикации осуществляется по сигналу на исполнительный механизм (например, выключение калорифера, вентилятора и др.).

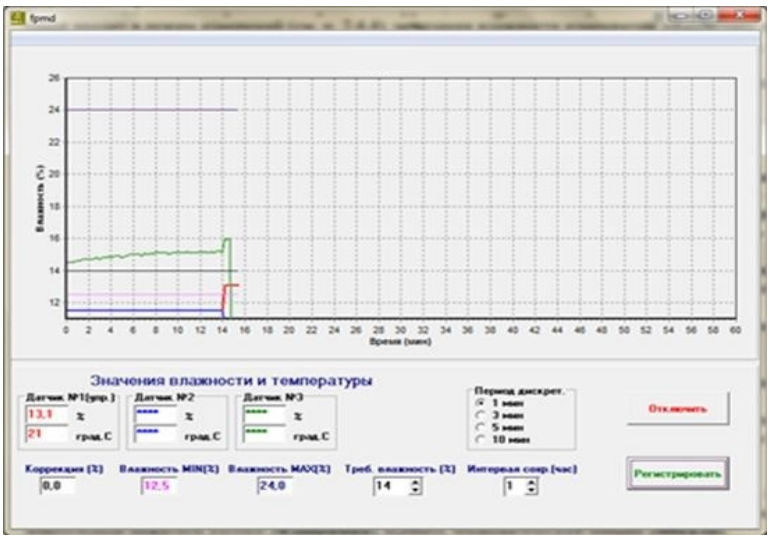


Рис. 2 – Графический экранный интерфейс мобильного компьютера

Как объект построения цифрового двойника, на начальном этапе исследуемую сушилку удобно [2, 14] представить состоящей из двух частных моделей: калорифера (теплогенератора) A_1 и сушильной камеры A_2 (рис. 3), на входах которых действуют внешние возмущения, а выходы представлены в виде результатов функционирования технологического процесса сушки семян.

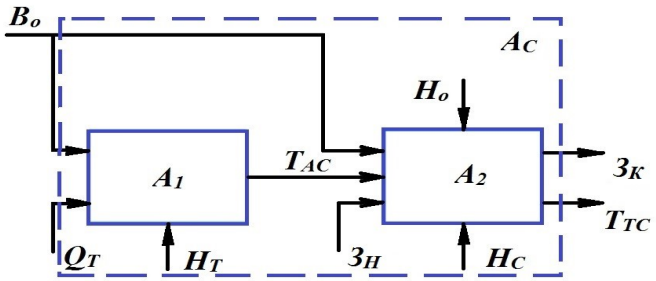


Рис. 3 - Расчетная схема сушилки семян:
A_C – модель сушилки; A_1 – модель калорифера; A_2 – модель сушильной камеры; B_O – вектор исходного состояния окружающего воздуха; Q_T – вектор подачи теплоты; H_T – настроечный вектор подачи теплоты и воздуха; T_{AC} – входной вектор состояния теплоносителя; H_O - настроечный вектор степени загрузки камеры; $З_Н$ - входной вектор начальных параметров семян; H_C - вектор настройки времени сушки; $З_К$ - вектор параметров семян после сушки; T_{TC} – вектор состояния теплоносителя после сушки

Основными возмущающими воздействиями, во многом определяющими эффективность протекания процесса сушки семян [3, 15, 19], будут исходное состояние окружающего воздуха, оцениваемое вектором B_O и начальное состояние поступающего на сушку семенного вороха $З_Н$. Причем, вектор B_O является внешним входным воздействием как для частной модели калорифера A_1, так и частной модели сушильной камеры A_2.

Составляющими вектора B_O будут являться: $q_o(t)$ - расход (подача) воздуха, $t_o(t)$ - его температура, $j_o(t)$ - относительная влажность и $i_o(t)$ – энтальпия, что можно записать как $B_O=\{q_o(t),\ t_o(t),\ j_o(t),\ i_o(t)\}$. Входной вектор $З_Н$ для сушильной камеры A_2 оценивается начальной (исходной) влажностью семян $w_{з0}(t)$ и их температурой $tз_o(t)$ так, что $З_Н=\{w_{з0}(t),\ t_{зо}(t)\}$.

Вид теплонагревателей $q^р_н$, и количество теплоты $q_T(t)$, поступающей в воздуховод калорифера, являются составляющими другого входного вектора $Q_T = \{q_T(t),\ q^р_н\}$ частной модели A_1. Заданные установочные значения подачи теплоты $q_т^н$ и воздуха $q_в^н$ составляют настроечный вектор $H_T=\{q_т^н;\ q_в^н\}$.

Состояние теплоносителя, формируемого на выходе калорифера A_1 описывается вектором $T_{AC}=\{q_{AC}(t),\ t_{AC}(t),\ d_{AC}(t),\ i_{AC}(t)\}$, где $q_{AC}(t)$ - расход теплоносителя на выходе калорифера, его конечная температура $t_{AC}(t)$, влагосодержание $d_{AC}(t)$ и энтальпия $i_{AC}(t)$.

Настройка сушильной камеры A_2 на требуемые режимы работы оценивается вектором настройки времени сушки H_C, и настроечным вектором H_O степени загрузки (заполнения) сушильной камеры.

Выходными параметрами модели A_2 сушильной камеры являются конечное состояние семян после сушки $З_К=\{w_{зк}(t),\ t_{зк}(t)\}$, где $w_{зк}(t)$ конечная влажность семян и $t_{зк}(t)$ их температура после сушки. Вектор $T_{TC}=\{q_{TC}(t),\ t_{TC}(t),\ d_{TC}(t),\ i_{TC}(t)\}$ оценивает состояние теплоносителя после сушки, где $q_{TC}(t)$ - расход теплоносителя, его конечная температура $t_{TC}(t)$, влагосодержание $d_{TC}(t)$ и энтальпия $i_{TC}(t)$.

В таком представлении построение цифрового двойника сушилки семян сводится к определению вида и параметров операторов моделей A_1 и A_2. Одним из наиболее удобных способов построения цифрового двойника рассматриваемых моделей является метод статистической идентификации [2]. Для этого расчетную схему сушилки семян (рис. 3) можно описать следующими символическими выражениями:

$$T_{AC} = A_1\{B_o;\ Q_T;\ H_T\}$$
$$T_{TC} = A_2^{(TC)}\{B_o;\ T_{AC};\ H_o;\ H_C\}$$
$$З_К = A_2^{(ЗК)}\{B_o;\ З_Н;\ H_o;\ H_C\}$$

Для статистической идентификации моделей достаточно будет выполнить условия:

$$A_1 = \frac{T_{AC}}{B_o;\ Q_T;\ H_T}$$

$$A_2^{TC} = \frac{T_{TC}}{B_o;\ З_Н;\ H_O;\ H_C}$$

$$A_2^{ЗК} = \frac{З_К}{B_o;\ З_Н;\ H_O;\ H_C}$$

И в соответствии с построенной схемой на рис. 3 справедлива будет запись:

$$A_C = A_1 \cdot \begin{vmatrix} A_2^{TC} \\ A_2^{ЗК} \end{vmatrix}$$

или

$$A_C = \frac{T_{AC}}{B_o;\ Q_T;\ H_T} \cdot \begin{vmatrix} \frac{T_{TC}}{B_o;\ З_Н;\ H_O;\ H_C} \\ \frac{З_К}{B_o;\ З_Н;\ H_O;\ H_C} \end{vmatrix}$$

Получение математических моделей на основании представленных зависимостей сводится к нахождению наиболее оптимальных операторов по результатам синхронной экспериментальной информации о входных и выходных процессах по методике, изложенной в работах [1, 2].

Результаты и обсуждение. Одной из существенных особенностей процесса сушки зерна и семян, затрудняющих статистическую обработку и идентификацию является их нестационарность. В качестве примера, на рис. 4 представлена экспериментальная реализация процесса изменения влажности $w_{зк}(t)$ органических семян тимофеевки при сушке с шагом дискретизации $\Delta t = 1$ мин. Как изложено в работах [2, 14], наиболее целесообразным в данном случае будет приведение нестационарного процесса к стационарному виду путем разложения его на составляющие: низкочастотную $w_{зк}(t)_{(1)}$ и высокочастотную $w_{зк}(t)_{(2)}$, таким образом, что:

$$w_{зк}(t) = w_{зк}(t)_{(1)} + w_{зк}(t)_{(2)} \qquad (1)$$

где $w_{зк}(t)$ - процесса изменения влажности семян присушке, $w_{зк}(t)_{(1)}$ – низкочастотная составляющая процесса влажности, $w_{зк}(t)_{(2)}$ – высокочастотная составляющая процесса сушки семян.

Низкочастотная составляющую процесса изменения влажности семян $w_{зк}(t)_{(1)}$ представлена на графике (рис. 4) в виде кривой, описываемой уравнением:

$$w_{зк}(t)_{(1)}=13{,}095-0{,}0552t+0{,}0001t^2, R^2=0{,}85 \quad (2)$$

где t – время сушки, мин., R^2 – коэффициент детерминации.

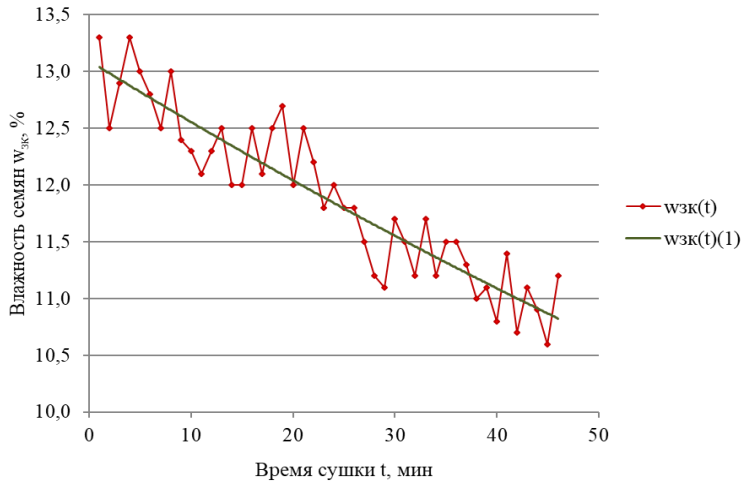


Рис. 4 – Нестационарная реализация процесса изменения влажности семян при сушке $w_{зк}(t)$ и её низкочастотная составляющая $w_{зк}(t)_{(1)}$

Стационарная высокочастотная составляющая процесса изменения влажности семян $w_{зк}(t)_{(2)}$, рассчитанная относительно низкочастотной составляющей $w_{зк}(t)_{(1)}$ за период наблюдения T представлена на рис. 5.



Рис. 5 – Стационарная высокочастотная составляющая $w_{зк}(t)_{(2)}$ изменения влажности семян в период сушки

Представленная на рис. 5 кривая высокочастотной составляющей изменения влажности семян $w_{зк}(t)_{(2)}$, свидетельствует о случайном (в вероятностно-статистическом смысле) характере процесса. Дискретные значения высокочастотной составляющей изменения влажности семян $w_{зк}(t)_{(2)}$, полученные с заданным шагом $\Delta t = 1$ мин, колеблются вокруг выбранной за базу отсчета низкочастотной составляющей $w_{зк}(t)_{(1)}$, что позволяет принять гипотезу о стационарности процесса.

Методики расчета статистических характеристик стационарных случайных процессов достаточно хорошо известны и широко применяются в исследованиях [1, 2]. Построение цифровых двойников объектов для использования их, в том числе, для целей имитационного моделирования удобно выполнять на основе экспериментальных корреляционных функций процессов:

$$R_{wзк}(t_1; t_{i+1})_{(2)} = R_{wзк}(\tau)_{(2)=} =$$
$$= M\{[w_{зк}(t_1)_{(2)} - m_{wзк(2)}][w_{зк}(t_{i+1})_{(2)} - m_{wзк(2)}]\} =$$
$$= \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} [w_{зк}(t_1)_{(2)} - m_{wзк(2)}][w_{зк}(t_{i+1})_{(2)} - m_{wзк(2)}]\, dt_1 dt_{i+1}, \quad (3)$$

где $m_{wзк(2)}$ – математическое ожидание высокочастотной составляющей процесса влажности семян; $R_{wзк(2)}(t_1; t_{i+1}) = R_{wзк(2)}(\tau)$ – корреляционная функция высокочастотной составляющей процесса изменения влажности семян; τ – время корреляции; M – условное обозначение моментной функции.

В прикладных решениях удобнее использовать нормированную корреляционную функцию:

$$\rho_{wзк}(\tau)_{(2)} = R_{wзк}(\tau)_{(2)} / D_{wзк(2)}, \quad (4)$$

где $\rho_{wзк}(\tau)_{(2)}$ - нормированная корреляционная функция высокочастотной

составляющей процесса изменения влажности семян; $D_{wзк(2)}$ - дисперсия исследуемого процесса.

Для целей статистической идентификации цифрового двойника исследуемого случайного процесса экспериментальную корреляционную функцию достаточно аппроксимировать одним из известных и наиболее соответствующих математических выражений [2].

Экспериментальная корреляционная функция высокочастотной составляющей процесса изменения влажности семян $w_{зк}(t)_{(2)}$ с достаточной точностью аппроксимируется следующим экспоненциально-косинусным выражением [1, 2]:

$$R_{wзк}(\tau)_{(2)} = D_{wзк(2)} \cdot e^{-\alpha|\tau|} cos\beta\tau \quad (5)$$

где α и β- коэффициенты аппроксимации.

Или после нормирования:

$$\rho_{wзк}(\tau)_{(2)} = e^{-\alpha|\tau|} cos\beta\tau, \quad (6)$$

где $\rho_{wзк}(\tau)_{(2)}$– нормированная корреляционная функция высокочастотной составляющей процесса изменения влажности семян $w_{зк}(t)_{(2)}$.

На рисунке 6 приведены графические зависимости экспериментальной и смоделированной нормированных корреляционных функций одной из реализаций случайного процесса изменения влажности семян тимофеевки в процессе сушки.

Смоделированная корреляционная функция получена при α = 0,16 и β = 0,41.

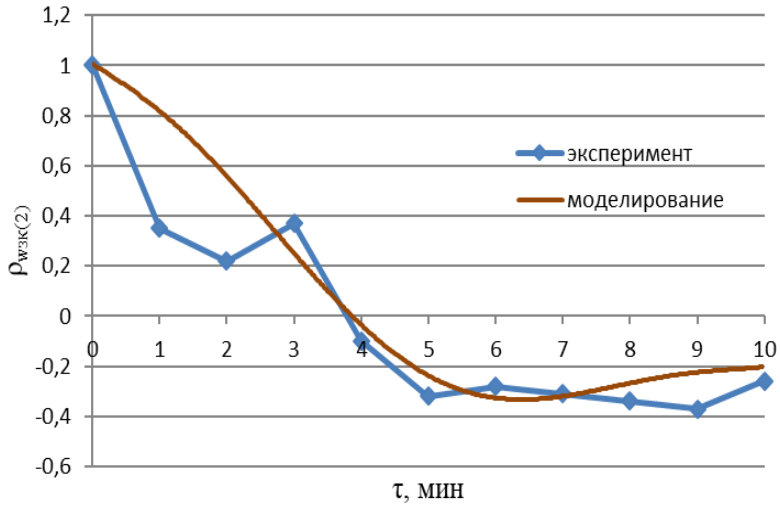


Рис. 6 – Нормированная корреляционная функция $\rho_{wзк}(\tau)_{(2)}$ высокочастотной составляющей одной из реализаций процесса сушки в ходе эксперимента и по результатам моделирования

Представленные на графике (рис. 6) кривые нормированной корреляционной функции, полученные по экспериментальным данным и по результатам моделирования, имеют близкие характеристики. Время спада кривых (первое пересечение оси абсцис) одинаково и составляет τ_0 = 4 мин, а время их затухания около 10 минут, что наглядно подтверждает точность результатов моделирования.

Обратным преобразованием корреляционных функций (5) и (6) при известных коэффициентах α и β возможно генерировать высокочастотную составляющую процесса влажности семян $w_{зк}(t)_{(2)}$ неограниченной длительности и на основании уравнений (1) и (2) имитационным моделированием оптимизировать параметры и режимы сушки семян тимофеевки.

Полученные математические модели являются частью цифрового двойника исследуемого процесса сушки семян тимофеевки, которые могут быть использованы в обучаемых системах искусственного интеллекта (ИИ), построенных на основе нейронных сетей для контроля и безлюдного управления производством семян.

Выводы. Предложена методика построения цифрового двойника, отличительной особенностью которой является то, что она учитывает нестационарность случайных (в вероятностно-статистическом смысле) процессов. Методика апробирована на примере технологического процесса сушки семян тимофеевки. Наиболее удобным в данном случае является метод идентификации по результатам экспериментальных исследований, который при современном развитии систем искусственного интеллекта составляет основу обучения нейронных сетей. Для получения экспериментальной информации проведены исследования на лабораторной установке при сушке органических семян тимофеевки луговой, требующих соблюдения особых «мягких» режимов. Для синхронной регистрации экспериментальных данных с необходимым шагом дискретизации использовались современные цифровые

приборы и аппаратура. Экспериментальные исследования проводились на основе информационных моделей, построенных в виде блок-схем по принципу «вход-выход», входами которых были условия функционирования, а выходом результаты работы. Нестационарные случайные процессы приведены к стационарному виду путём разложения процесса на низкочастотную и высокочастотную составляющие. Рассчитанные корреляционные функции аппроксимированы известными экспоненциально-косинусными выражениями, которые позволяют воспроизводить аналоги исследуемых процессов методами имитационного моделирования неограниченной продолжительности. Полученные уравнения являются частью цифрового двойника исследуемого процесса, с помощью которых возможно решать задачи по оптимизации, контролю и управлению режимами работы сушки семян тимофеевки. Предложенная методика применима для моделирования и других нестационарных процессов, имеющих место в сельскохозяйственном производстве. Причем, нестационарный процесс возможно разложить на другое число составляющих, по методике, изложенной в исследовании [2]. При увеличении количества составляющих случайного процесса точность моделирования увеличивается.

Литература

1. Лурье А.Б. Основы теории эффективности функционирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин и их систем управления // Сборник научных трудов ЛСХИ. Совершенствование рабочих органов и повышение эффективности технологических процессов и систем управления сельскохозяйственных машин. Т.415. Л., 1981. - С.3-7.

2. Смелик В.А. Технологическая надежность сельскохозяйственных агрегатов и средства ее обеспечения. - Ярославль, 1999. - 230 с.

3. Smelik V.A., Perekopskiy A.N., Dobrinov A.V., Chugunov S.V. Study of the efficiency of drying grass seeds for forage crops on a rotary dryer / E3S Web of Conferences 262, 01037 (2021), 01037. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201037

4. Perekopskiy A.N., Smelik V.A. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer // British Journal of Innovation in Science and Technology. 2016. Vol. 1, No. 2. P. 11-20.

5. Stanisavljević R., Milenković J., Djokić D., Terzić D., Petrović D., Djukanović L., Dodig D. Drying of meadow fescue seeds of different moisture contents: changes in dormancy and germination // Plant Soil and Environment, February 2013, 59 (1), p. 37–43 https://doi.org/10.17221/551/2012-PSE

6. Валге А.М., Сухопаров А.И. Формализация технологий растениеводства как динамических систем // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 3(100). С. 47-53. https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10184.

7. Холопов В.А., Антонов С.В., Курнасов Е.В., Каширская Е.Н. Разработка и применение цифрового двойника машиностроительного технологического процесса // Вестник машиностроения. 2019. № 9. С. 37-43.

8. Дорохов А.С., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С. Технология цифровых двойников в сельском хозяйстве: перспективы применения // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 14-25.

9. Лобачевский Я.П., Миронов Д.А., Кислицкий М.М., Миронова А.В. Эффекты от применения цифровых двойников в сельском хозяйстве // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 103. С. 71-78.

10. Кондратьева О.В., Мишуров Н.П., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Федоренко В.Ф. Лучшие практики использования информационных технологий в АПК: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 84 с.

11. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. 2022. №4. С. 2-8.

12. Мударисов С.Г., Фархутдинов И.М., Имангулов В.Х. и др. Оценка значимости и выбор параметров контактной модели при моделировании семян гороха методом дискретных элементов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 1(73). С.54-60.https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-54-60.

13. Каштаева С. В. Методика планирования продовольственной безопасности с использованием экономико-математических методов // Техноуклад 6.0. Цифровая трансформация АПК и продовольственная безопасность. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2021. – С. 355-362.

14. Ширяев А.С. Повышение эффективности сушки урожая зерновых, кормовых культур и их грубоизмельченной массы в установках с неподвижным слоем сушимого материала за счет совершенствования сушильной камеры. Дис. … канд.техн.наук, Ярославль, 2002, 183 с.

15. Смелик В.А., Перекопский А.Н., Шушков Р.А., Чугунов С В. Математические зависимости обоснования режимов сушки органических семян тимофеевки луговой // АгроЭкоИнженерия. 2024. № 1(118). С. 82-96. https://doi.org/10.24412/2713-2641-2024-1118-82-95

16. Zakharov A., Zykov A., Yunin V. Effect of initial moisture content of wheat grain on its drying time in a rotary dryer // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021. Vol. 16, No. 19. P. 1991-1996.

17. Чугунов С.В. Специальная камера к универсальной сушилке // Сельский механизатор. 2010. № 9. С. 26.

18. Зиганшин Б.Г., Семушкин Н.И., Семушкин Д.Н. и др. Повышение результативности научно-технических разработок для органического земледелия // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 3(71). С. 84-91. https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-84-91.

19. Rasi J. R., Neto M. and Bernardo R. 2021. Bibliographic prospecting for dryeration process system evaluation in the face of the conventional grain drying. Int. J. Innov. Educ. Res. 9 410-424. https://doi.org/10.31686/ijier.vol9.iss1.2914.

Сведения об авторах:
Смелик Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, e-mail: smelik_va@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. АН РТ, ректор, e-mail: ayratvaliev@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия
Добринов Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом агроэкологии в растениеводстве, e-mail: a.v.dobrinov@yandex.ru
Перекопский Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, e-mail: aperekopskii@mail.ru
Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Россия.

TO THE METHOD OF FORMING A DIGITAL TWIN OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF DRYING ORGANIC TIMOTHY SEEDS

V. A. Smelik, A. R. Valiev, A. V. Dobrinov, A. N. Perekopskiy

Abstract. An important specific feature of the functioning of machines and equipment in the technologies of post-harvest processing of grain and seeds is the probabilistic variability of external conditions that negatively affect the efficiency of their work. The drying process is also characterized by non-stationarity in its probabilistic and statistical characteristics. The methods of forming digital twins of stationary processes are quite well mastered, but the construction of digital twins of non-stationary processes is a much more complex task, the solution of which requires taking into account the nature of non-stationarity, as well as the features and internal structure of the processes being modeled. The purpose of the research is to build a digital twin of the non-stationary process of drying timothy seeds and assess the reliability of the resulting model. The experimental data were obtained by drying Leningradskaya 204 timothy grass seeds from the field organic crop rotation using a universal drying unit with a Fauna PMDR4 digital seed moisture meter equipped with submersible flow sensors. As a result of the experimental studies, realizations of random processes of change in seed moisture content at the final stage of drying were obtained for constructing mathematical models using statistical identification methods. Discrete analogs of the processes under study were constructed using experimental correlation functions approximated by the corresponding functions to obtain the parameters of the modeling recurrent equations. The considered algorithm for modeling the dryer operation allows reproducing processes of unlimited length and modeling various conditions and operating modes to find the specified optima for quality, energy consumption and environmental friendliness. The accuracy of the simulation results was determined based on the convergence of the moment functions of the experimental and modeled technological processes. Estimates of statistical characteristics of the simulated process of drying timothy grass seeds with 95% probability correspond to statistical estimates of the drying process obtained in the course of experimental studies, and the graphs of their normalized correlation functions clearly confirm the identity of the processes. The obtained mathematical dependencies of the technological process of drying organic timothy grass seeds are its digital twin, allowing the methods of simulation modeling to solve optimization problems.

Key words: digital twin, technological process, seed drying, identification, simulation modeling.

References

1. Lure AB. [Fundamentals of the theory of efficiency of functioning of working processes of agricultural machines and their control systems]. Sbornik nauchnykh trudov LSKhI. Sovershenstvovanie rabochikh organov i povyshenie effektivnosti tekhnologicheskikh protsessov i sistem upravleniya selskokhozyaistvennykh mashin. Vol.415. Leningrad. 1981; 3-7 p.

2. Smelik VA. Tekhnologicheskaya nadezhnost selskokhozyaystvennykh agregatov i sredstva ee obespecheniya. [Technological reliability of agricultural units and means of ensuring it[. Yaroslavl. 1999; 230 p.

3. Smelik VA, Perekopskiy AN, Dobrinov AV, Chugunov SV. Study of the efficiency of drying grass seeds for forage crops on a rotary dryer. E3S Web of Conferences 262. 2021; 01037 p. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201037

4. Perekopskiy AN, Smelik VA. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer. British Journal of Innovation in Science and Technology. 2016; Vol.1. 2. 11-20 p.

5. Stanisavljević R, Milenković J, Djokić D, Terzić D, Petrović D, Djukanović L, Dodig D. Drying of meadow fescue seeds of different moisture contents: changes in dormancy and germination. Plant Soil and Environment. February 2013; 59 (1). 37-43 p. https://doi.org/10.17221/551/2012-PSE

6. Valge AM, Sukhoparov AI. [Formalization of plant growing technologies as dynamic systems]. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2019; 3 (100). 47-53 p. https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10184.

7. Kholopov VA, Antonov SV, Kurnasov EV, Kashirskaya EN. [Development and application of a digital twin of a mechanical engineering technological process]. Vestnik mashinostroeniya. 2019; 9. 37-43 p.

8. Dorokhov AS, Pavkin DYu, Yurochka SS. [Digital twin technology in agriculture: application prospects]. Agroinzheneriya. 2023; Vol.25. 4. 14-25 p.

9. Lobachevskiy YaP, Mironov DA, Kislitskiy MM, Mironova AV. [Effects of using digital twins in agriculture]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 103. 71-78 p.

10. Kondrateva OV, Mishurov NP, Fedorov AD, Slinko OV, Voytyuk VA, Fedorenko VF. Luchshie praktiki ispolzovaniya informatsionnykh tekhnologii v APK: analit.obzor. [Best practices in using information technologies in the agro-industrial complex: analytical review]. Moscow: FGBNU Rosinformagrotekh. 2023; 84 p.

11. Lachuga YuF, Izmaylov AYu, Lobachevskiy YaP, Shogenov YuKh. [Results of scientific research of agroengineering scientific organizations on the development of digital systems in agriculture]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2022; 4. 2-8 p.

12. Mudarisov SG, Farkhutdinov IM, Imangulov VKh. [Assessment of the significance and selection of parameters of the contact model in modeling pea seeds using the discrete element method]. Vestnik Kazanskogo

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 1(73). 54-60 p. https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-54-60.

13. Kashtaeva SV. Metodika planirovaniya prodovolstvennoy bezopasnosti s ispolzovaniem ekonomiko-matematicheskikh metodov. Tekhnouklad 6.0. Tsifrovaya transformatsiya APK i prodovolstvennaya bezopasnost. [Methodology for planning food security using economic and mathematical methods. Technouklad 6.0. Digital transformation of the agro-industrial complex and food security]. Perm: IPTs Prokrost. 2021; 355-362 p.

14. Shiryaev AS. Povyshenie effektivnosti sushki urozhaya zernovykh, kormovykh kultur i ikh gruboizmelchennoy massy v ustanovkakh s nepodvizhnym sloem sushimogo materiala za schet sovershenstvovaniya sushilnoy kamery. Dis. … kand.tekhn.nauk. [Improving the efficiency of drying grain crops, forage crops and their coarsely ground mass in installations with a fixed bed of drying material by improving the drying chamber: dissertation for a degree of Ph.D. of Technical sciences]. Yaroslavl. 2002; 183 p.

15. Smelik VA, Perekopskiy AN, Shushkov RA, Chugunov SV. [Mathematical dependencies for substantiating drying modes for organic timothy grass seeds]. AgroEkoInzheneriya. 2024; 1(118). 82-96 p. https://doi.org/10.24412/2713-2641-2024-1118-82-95

16. Zakharov A, Zykov A, Yunin V. Effect of initial moisture content of wheat grain on its drying time in a rotary dryer. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021; Vol.16. 19. 1991-1996 p.

17. Chugunov SV. [Special chamber for a universal dryer]. Selskiy mekhanizator. 2010; 9. 26 p.

18. Ziganshin BG, Semushkin NI, Semushkin DN. [Improving the effectiveness of scientific and technical developments for organic farming]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 3 (71). 84-91 p. https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-84-91.

19. Rasi JR, Neto M, Bernardo R. 2021. Bibliographic prospecting for dryeration process system evaluation in the face of the conventional grain drying. Int. J. Innov. Educ. Res. 9. 410-424 p. https://doi.org/10.31686/ijier.vol9.iss1.2914.

Authors:

Smelik Viktor Aleksandrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Technical Systems in Agribusiness Department, e-mail: smelik_va@mail.ru

Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

Valiev Ayrat Rasimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, corresponding member of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Rector, e-mail: ayratvaliev@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Dobrinov Aleksandr Vladimirovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Agroecology in Crop Production Department, e-mail: a.v.dobrinov@yandex.ru

Perekopskiy Aleksandr Nikolaevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of Agroecology in Crop Production Department, e-mail: aperekopskii@mail.ru

Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production- branch of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of VIM, St. Petersburg, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-84-92
УДК 631.3

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО МЯСОРЕЗАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОЦЕНКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОЛЧКОВ

А. В. Старунов, А. В. Гриценко, А. А. Лукин, С. В. Ганенко, И. Н. Старунова

Реферат. На основе анализа конструкций современного мясорезательного оборудования, используемого перерабатывающими предприятиями, установлено их большое многообразие, обоснованное конструкционными и технологическими требованиями, предъявляемыми к данному виду машин. Цель исследования – установить признаки, характеризующие промышленные волчки, составить их классификацию, определить основные неисправности и степень их влияния на работоспособность промышленных волчков. Определены конструктивные и технологические требования к промышленным волчкам. Проведен анализ и выявлены основные причины возникновения неисправностей промышленных волчков. Установлены структурные параметры, характеризующие техническое состояние промышленных волчков. Выбрана методика априорного ранжирования на основе экспертной оценки специалистов основных неисправностей узлов промышленного волчка. Установлены признаки, характеризующие промышленные волчки, на основе этого составлена их классификация. Представлена структурная схема технической системы «Промышленный волчок». Определены основные неисправности и степень их влияния на потерю работоспособности, рассматриваемых устройств в процессе эксплуатации. Вся совокупность неисправностей промышленных волчков сгруппирована относительно трех подсистем: режущей, подающей и приводной. При анализе неисправностей было выделено 10 самых важных из них, влияющих на работоспособность волчка и выполнение им технологического процесса. Вся совокупность представленных неисправностей промышленных волчков была ранжирована по весу. Для их оценки применялась 10 бальная система и расставлялись баллы в соответствии со сложностью в пределах от 1 до 10. В первую группу были сгруппированы неисправности с рангами более 238 (неисправности с более высокой вероятностью появления). Во-вторую группу вошли неисправности с значением ранга менее 150 (неисправности с меньшей вероятностью появления). Установлено, что максимальный вес имеют неисправности, обозначенные как n6, n10, n9. Они характеризуют техническое состояние режущей подсистемы и подающей. Приоритет обслуживания и контроля следует уделить данным подсистемам.

Ключевые слова: промышленные волчки, измельчение, техническая система, устройство, классификация, априорное ранжирование, надежность, работоспособность, неисправности, отказ, вероятность отказа.

Введение. Современное сельское хозяйство и перерабатывающие производства активно используют информационные технологии для повышения эффективности производства [1, 2, 3]. Их внедрение происходит как в технике, так и в технологических линиях производства [4, 5, 6]. История потребления мясных изделий напрямую связана с разработкой и модернизацией специализированных машин, обеспечивающих измельчение и однородность структуры данной продукции [7, 8]. Одним из первых устройств для получения мясного фарша была механическая мясорубка, изобретённая в 19 веке Карлом Дрезом.

Более чем за полуторавековой период устройство трансформировалось из простого двуручного с изогнутым полукругом ножом устройства в сложную техническую систему [9, 10, 11]. Благодаря широкому применению данные устройства подвергались постоянному конструктивному совершенствованию: изменялись пространственное расположение и количество составляющих узлов и элементов, усложнялся механизм измельчения, видоизменялся его привод [12, 13, 14].

Анализ конструкций современных машин, используемых в условиях перерабатывающих предприятий, позволил составить их общую классификацию (рис. 1) и сделать вывод, что в настоящее время данный сектор изобилует разнообразными по степени измельчения машинами [15].

В процессе обработки современные мясорезательные машины обеспечивают дисперсность частиц в довольно широком диапазоне, со средней величиной в зависимости от вида измельчения (крупное, среднее, мелкое, тонкое и коллоидное) от 0,01 до 100 мм [16, 17].

Среднее и мелкое измельчение охлажденного и замороженного мяса, жира, жиросодержащих материалов, субпродуктов в условиях перерабатывающего производства осуществляют с помощью волчков. Высокая производительность, простота конструкции основных механизмов, удобство в эксплуатации, обслуживании и ремонте, проведении санитарной обработки и многое другое являются основными причинами массового их использования [10, 14].

Ведущими зарубежными и отечественными компаниями по производству промышленных волчков в настоящее время являются: «Seydelmann», «Kolbe», «Kramer + Grebe» (Германия), Hualian Machinery (Китай), «Laska» (Австрия), Inwestpol (Польша), «Wolfking» (Дания), «Palmia» (Швеция), ОМЗ (г. Павлово, РФ), ОАО «Торгмаш» (г. Пермь, РФ),

ОАО "Торгмаш" (г. Барановичи, РБ), НПО «ДВА+К» (г. Воронеж, РФ) и ряд др. [4, 5]. Выпускаемые изделия имеют различные схемы исполнения, отличаются конструктивными и режимными параметрами.

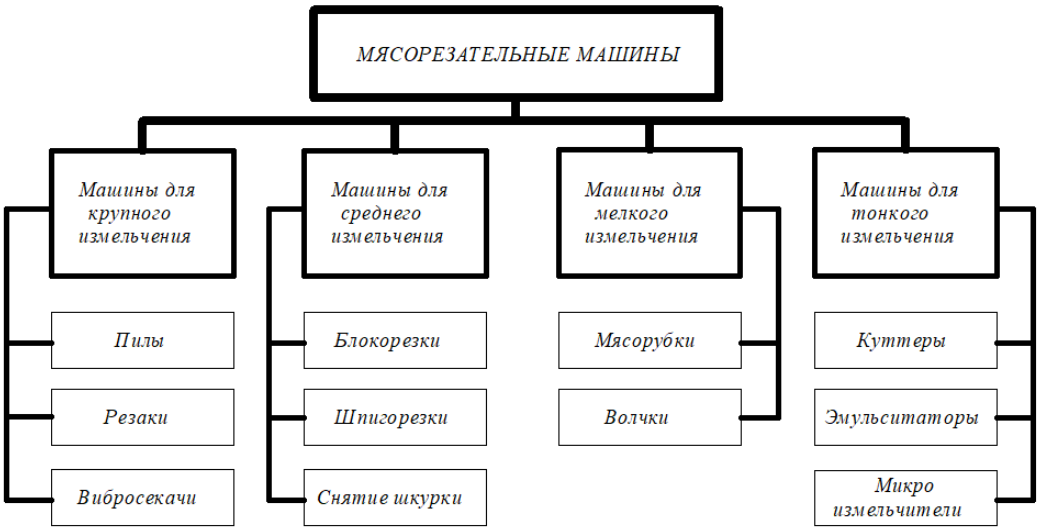


Рис. 1 – Классификация мясорезательных машин

Такая разнотипность конструкций усложняет их подбор к условиям конкретных предприятий. Многолетнее изучение процесса измельчения и устройств для его реализации позволили сформулировать основные конструкционные и технологические требования, предъявляемые к данным машинам (рис. 2) [4, 5].



Рис. 2 – Требования, предъявляемые к промышленным волчкам

Широта и многогранность конструкционных и технологических требований, предъявляемых к данному виду машин и приводит к значительному многообразию существующих конструкций.

Эксплуатация данных устройств показала,

что в процессе измельчения мясного сырья, фарш на выходе не всегда представляет из себя гомогенизированную систему. Одной из причин такой неоднородности фарша является неравномерное распределение мяса по всему объёму рабочей камеры. Это приводит к снижению качества продукта, повышению нагрузки на режущий механизм и другие элементы конструкции, способствуя возникновению отказов в работе устройств [4, 5, 9].

Цель исследований – установить признаки, характеризующие промышленные волчки; составить их классификацию; определить основные неисправности и степень их влияния на работоспособность промышленных волчков.

Материалы и методы. В работе на основе анализа патентной и научно-технической литературы в области процесса измельчения и современных конструкций мясорезательных машин определены: конструкционные и технологические требования, предъявляемые к промышленным волчкам, выявлены их группировочные признаки, составлена их классификация.

Первичная работа по организации наблюдений по выявлению неисправностей технической системы «Промышленный волчок» проведена на базе кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» ЮУрГАУ. Выдача задания на проведение наблюдений выполнена при выходе магистрантов, обущающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» на летнюю производственную практику. Наблюдения проводились в условиях действующих мясоперерабатывающих предприятий г. Челябинска и Челябинской области: Агрохолдинг «Равис», ООО «Агрофирма Ариант», ООО «Чебаркульская птица», ООО МПК «Ромкор». Наблюдения проходили в течении 50 смен, продолжительность смены составляла 8 часов. Под наблюдением находились промышленные волчки следующих марок: Seydelmann AU 200 – 3 шт., Laska WW 200 – 4 шт., Laska WW 400G – 1 шт., Kilia WW-200 – 3 шт.

Проведённые наблюдения, позволили установить основные неисправности системы «промышленный волчок», изучить структурные параметры её состояния, отображающие степень развития неисправностей данных устройств во время эксплуатации. На основе полученной информации, используя методику априорного ранжирования, была сформирована анкета для последующей обработки данных. Проведены анкетирование специалистов, участвующих в наблюдениях, и статистическая обработка результатов [18].

Суть метода заключается в проведении экспертной оценки данных группой респондентов, являющихся специалистами в исследуемой области. Оценка влияния каждой неисправности на работоспособность промышленных волчков проводилась на основе личного опыта респондентов и анализа производственных ситуаций.

В анкетировании участвовали специалисты, работающие на выше перечисленных перерабатывающих предприятиях, ведущие преподаватели в области переработки мясного сырья кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» и магистранты, проходившие производственную практику.

По результатам обработки 35 анкет построена матрица рангов неисправностей и определена степень их влияния на потерю работоспособности данных устройств.

Результаты и обсуждение. Разработанная классификация промышленных волчков (рис. 3) включает следующие характерные группировочные признаки: назначение, по конструкции и расположению рабочего шнека питающего механизма, по виду рабочего органа, по способу подачи сырья, по числу оборотов привода, по способу управления и организации волчка, по типу ребра на рабочей поверхности барабана, по виду характеристики и функциям привода, по форме размещения барабана и шнека [4, 19, 20].

Выявленное разнообразие конструкций промышленных волчков обусловлено наличием представленных конструкционных и технологических требований, предъявляемых к ним и получаемому продукту [14, 15]. Это способствует постоянному поиску оптимальных конструктивных решений. Совершенствование конструкций осуществляется в направлении обеспечения принудительной подачи и ухода от свободной подачи сырья из бункера в рабочую зону за счет выпуска волчков со шнековой подачей, как обеспечивающих равномерность и непрерывность процесса измельчения.

В предложенной классификации предпринята попытка объединить разрозненные существующие сведения о данной группе машин [21, 22]. Классификация позволяет упростить выбор представителям производства данного оборудования и может служить концептуальной основой процесса моделирования рассматриваемых устройств [23].

С позиции надежности промышленные волчки представляют сложную техническую систему, состоящую из трех взаимосвязанных подсистем с последовательным расположением элементов [8, 9].

Первая подсистема – приводная, содержит электросистему и силовые агрегаты, приводящие в движение все механизмы волчка.

Вторая подсистема – режущая, включает крестовые ножи и неподвижные решетки с отверстиями, установленными в определенной последовательности. Проходя через режущий узел, сырье приобретает необходимую дисперсность для дальнейшего производства продукции.

Третья подсистема – подающая, включает в себя бункер, корпус шнека и шнек. Обеспечивает перемещение сырья к режущему механизму, как правило включает один рабочий (подающий) шнек и один, реже два, питающих шнека, принудительно осуществляющих

подачу сырья на рабочий шнек. Представленные подсистемы находятся в постоянном взаимодействии между собой и образуют определенную общность.

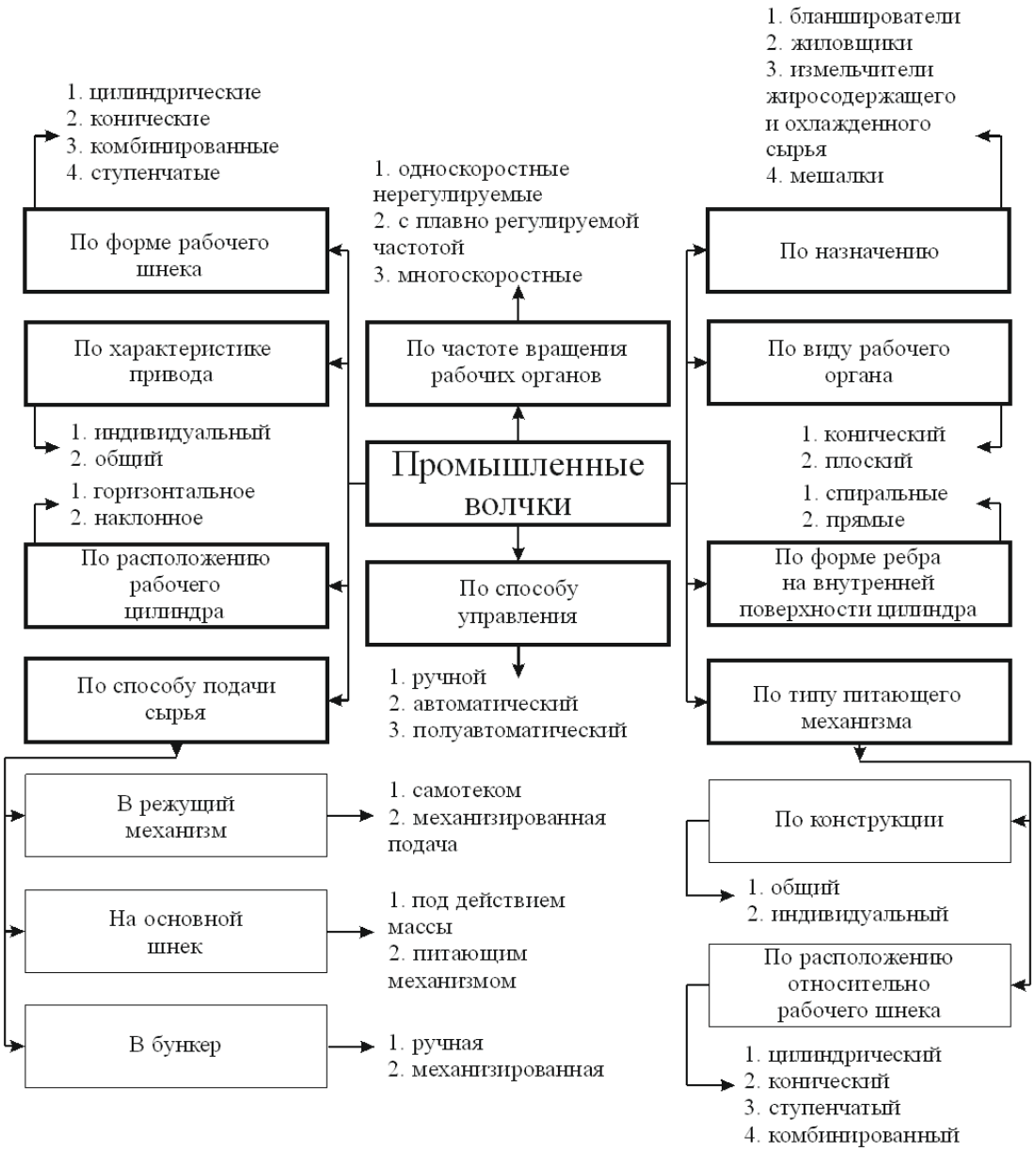


Рис. 3 – Классификация промышленных волчков

При этом неисправности отдельных элементов волчка влияют на работу всей системы целиком, выражаясь либо в снижении производительности устройства, либо в ухудшении качества продукции.

Структурная схема и функциональные связи технической системы «промышленный волчок», представлены на рис. 4.

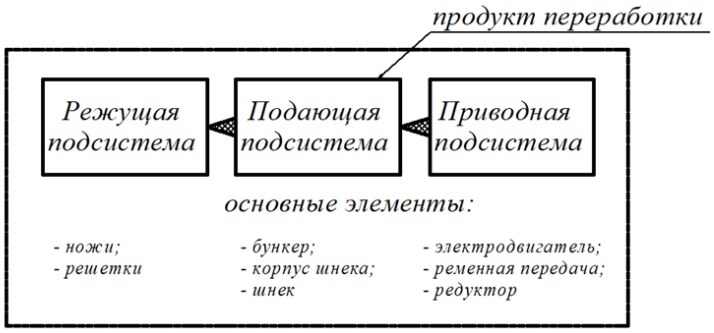


Рис. 4 – Комплекс технических взаимосвязей в промышленной измельчающей машине

Любая техническая система в процессе эксплуатации подвергается знакопеременным нагрузкам. Со временем накапливаются мелкие неисправности, которые со временем могут перерасти в сложный отказ или полную утрату работоспособности. По мере появления мелких неисправностей наблюдаются изменения в выходных рабочих показателях волчка: существенно падает производительность, ухудшается качество конечного продукта, растут затраты энергии и возрастает время выполнения рабочего процесса [8, 9].

Проявления неисправностей можно легко наблюдать в процессе эксплуатации технологического оборудования. Однако, со временем любая неисправность переходит в резкую потерю производительности и полную утрату работоспособности. Нередко базовые узлы подлежат полной замене на аналогичные новые.

Анализ информационных источников и результатов эксплуатационных наблюдений за работой промышленных волчков позволили определить перечень наиболее часто возникающих неисправностей, которые в случае интенсификации дальнейших процессов вызывают аварийные случаи. Условно, все неисправности можно разделить на три группы с учетом принадлежности к базовому узлу: режущему, приводному и подающему. Всего можно выделить 10 разнообразных неисправностей (табл.).

Таблица – Анализ наиболее сложных неисправностей по составляющим подсистемам промышленных волчков

Подсистема волчка	Наиболее сложные неисправности промышленных волчков и их обозначение
Питающие и подающие узлы	n_5 – Обратный вынос измельченного мяса в подающий бункер
Приводные механизмы	n_1 – Приводной электродвигатель существенно греется и срабатывает защита
	n_2 - Возникновение посторонних звуков в электродвигателе
	n_3 – Возникновение посторонних звуков в редукторе
	n_4 – Буксование привода при передаче вращения
Режущий аппарат	n_6 – Мясо недостаточно измельчается, при этом значительно нагреваясь
	n_7 – Забивание решетки измельченным мясом
	n_8 – Удары и шум внутри рабочего барабана
	n_9 – Снижение пропускной способности отверстий ножевых решеток
	n_{10} – Эффект смятия мяса, вместо резания

Как видно из таблицы неисправности распределяются неравномерно. Так, например, на питающий и подающий узел приходится одна характерная неисправность – n_5. В то время как видно из таблицы, наибольшее число неисправностей сконцентрировано на режущем аппарате – n_6, n_7, n_8, n_9 и n_{10}. Режущий аппарат является наиболее нагруженным узлом промышленного волчка, этим объясняется доминирующее число неисправностей. На втором месте по числу неисправностей – приводные механизмы. В приводе обнаруживаются четыре характерных неисправности: n_1, n_2, n_3 и n_4. Привод промышленного волчка испытывает значительные нагрузки, среди них: передача максимального крутящего момента, неравномерность нагрузки, динамические колебания и др.

Вся совокупность представленных неисправностей промышленных волчков может быть ранжирована по весу. Для их оценки можно применить 10 бальную систему и расставить баллы в соответствии со сложностью в пределах от 1 до 10. Последующая статистическая оценка позволит грамотно корректировать технологические воздействия, вовремя определять зреющие отказы, производить своевременную замену неисправных элементов [8].

При исследовании технического состояния сельскохозяйственных машин часто прибегают к методам статистики. В случае, когда нет конкретных данных о наработке, а присутствует техническая информация по отдельным неисправностям, уместно применить методику априорного ранжирования [18]. Проверка согласованности мнений респондентов осуществлялась с помощью коэффициента конкордации, значение которого составило 0,75 [18]. Близость значения данного коэффициента к единице говорит о высокой связи и совпадении оценок большинства респондентов. Проведенные исследования по априорному ранжированию оценок респондентов при распределении неисправностей промышленных волчков представлены на (рис. 5).

Полученное эмпирическое распределение рангов неисправностей, позволяет рассматриваемые неисправности разбить на две группы. В первую группу отнести неисправности с рангами более 238, и характеризовать их как неисправности с более высокой вероятностью их появления, и во-вторую группу, неисправности с значением ранга менее 150, и характеризовать их как неисправности с меньшей вероятностью появления.

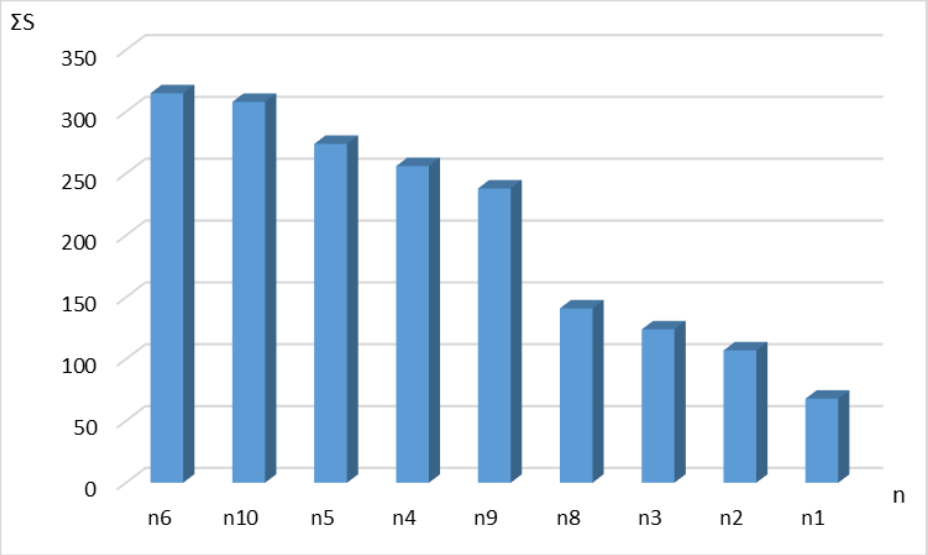


Рис. 5 – Априорная гистограмма рангов (зависимость суммы априорных оценок всеми респондентами ΣS от вида неисправности промышленного волчка n)

Необходимо отметить, что появление неисправностей n_6, n_{10}, n_9 характеризует состояние режущей подсистемы. Как видно из рис. 5, эти неисправности имеют максимальный вес. Их появление влечет за собой отказ всей технологической машины.

В зависимости от вида сырья (говядина, свинина, конина, мясо курицы) и его состава (соотношение соединительной ткани к мышечной) затупление режущих элементов происходит с разной интенсивностью, что влияет на периодичность заточки. Установлено, что периодичность заточки составляла 16…24 часа. При переработке говядины заточка режущих элементов требовалась каждые 16…18 часов, свинины, конины – 20…22 часа и мяса курицы – 24 часа.

В рядовой эксплуатации следует уделить особое внимание контролю параметров работоспособности режущих элементов. При назначении сроков технического обслуживания рекомендуется в первую очередь выполнять работы по поддержанию работоспособного состояния режущих элементов промышленного волчка.

Третья по порядку сложности – неисправность n_5, которая проявляется в обратном выносе измельченного мяса в подающий бункер. Это единственная неисправность питающих и подающих узлов, однако приводящая к отказу первичной технологической цепочки промышленного волчка. Для контроля неисправности n_5 предлагается производить замер зазора в подающем механизме и в случае достижения им предпредельной величины – проведении регулировки. При невозможности регулировки – процедуры замены элементов питающего и подающего узла.

Четвертая по рангу неисправность n_4 относится к приводному механизму. Буксование привода при передаче вращения устраняется путем регулировки степени провисания ремней под действием нагружения устройством контроля. В практике эксплуатации следует особое внимание уделять поддержанию чистоты ремней, отсутствию на них разрывов, попадания масел и др.

Для назначения правильных и своевременных технологических воздействий, а также повышения надежности промышленных волчков требуется дальнейшая работа:

- провести дополнительные исследования по определению вероятности появления неисправностей n_6, n_{10}, n_5, n_4 и n_9;
- усовершенствовать режущую подсистему данных устройств;
- разработать мероприятия, направленные на совершенствование процессов диагностирования, обслуживания и ремонта волчков, работающих в различных условиях промышленных предприятий и небольших ферм.

С учетом проведенного ранжирования предлагается внедрение системы контроля технического состояния промышленных волчков с группировкой обслуживаемых узлов по степени сложности отказов. В первую очередь это подсистема режущего узла. В настоящее время на кафедре «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского ГАУ, авторским коллективом, производится проектирование, разработка и опытное испытание нескольких обваловочных измельчающих машин, включая машины по перетиранию кабачка, в которых наблюдаются подобные процессы [17]. В результате проведенных исследований за счет своевременных технологических воздействий (заточка и регулировка зазора) удалось повысить техническую готовность режущих машин до 0,95, при исключении сложных отказов. Исключены остановки волчков по технологическим причинам за счет своевременного контроля и обнаружения предотказных состояний. Разработаны рекомендации производству по контролю узлов и механизмов промышленных волчков.

Выводы. Первые механические измельчители и их конструкции известны с 19 века. Однако, до сих пор ведется их активная доработка с целью обеспечения высокой надежности и безотказности. Для формирования возможных направлений совершенствования промышленных волчков произведена их классификация. Широкий разбег по мелкости измельчения мяса от 0,01 до 100 мм требует значительного разнообразия конструкций и узлов отдельных волчков. С этой целью сформулированы основные конструктивные и технологические требования, в которых указаны пределы достижимых параметров и уровни их варьирования. В методической части статьи выявлены группировочные признаки промышленных волчков. Намечены методики анализа причин возникновения неисправностей системы «промышленный волчок». Выбрана методика априорного ранжирования с последующим анализом статистических данных и определением веса каждой выявленной неисправности. Основой результатов работы является систематизация группировочных признаков промышленных волчков и составление классификационной схемы. Промышленный волчок состоит из трех подсистем: приводной, режущей и подающей. Каждая подсистема является продолжением технической системы «промышленный волчок» и имеет свои характерные неисправности. Выявлен комплекс технических взаимосвязей в промышленной измельчающей машине.

Проведен анализ наиболее сложных неисправностей по составляющим подсистемам промышленных волчков. Выявлено 10 основных неисправностей, значительно влияющих на технологический процесс измельчения мяса. При рассмотрении работы питающего и подающего узлов выявлена одна неисправность - обратный вынос измельченного мяса в подающий бункер (обозначена через символ n_5). Контроль неисправностей приводного механизма обнаружил четыре наиболее значительные из них: приводной электродвигатель существенно греется и срабатывает защита, возникновение посторонних звуков в электродвигателе, возникновение посторонних звуков в редукторе, буксование привода при передаче вращения (обозначенные через символы n_1, n_2, n_3 и n_4). Самой ответственной подсистемой промышленных волчков является режущий аппарат, который обнаруживает пять неисправностей: мясо недостаточно измельчается, при этом значительно нагреваясь, забивание решетки измельченным мясом, удары и шум внутри рабочего барабана, снижение пропускной способности отверстий ножевых решеток, эффект смятия мяса, вместо резания (обозначенные через символы n_6, n_7, n_8, n_9 и n_{10}).

Проведенный априорный анализ рангов показал, что наибольший вес обнаруживают неисправности режущего аппарата (ранг выше 238). В качестве меры контроля следует принять регламентные действия по поддержанию высокого технологического и технического уровня режущего аппарата в процессе эксплуатации промышленных волчков. Остальные неисправности уступающие по степени веса режущему аппарату следует контролировать в меньшей степени.

Таким образом, проведенная работа может быть использована предприятиями перерабатывающей промышленности для дальнейшего совершенствования системы контроля волчков и обеспечения их надежности.

Литература

1. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве (окончание) / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. 2022. №4 (298). С. 2-6.

2. Ценч Ю. С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 4-13. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13.

3. Ронжин А. Л. Савельев А. И. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 22-29. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29.

4. Максимов Д. А., Жуков В. Г. Современное оборудование для измельчения замороженных мясных блоков // Мясная индустрия. 2019. № 1. С. 38-41.

5. Дерина Е. А., Катусов Д. Н. Анализ измельчающего оборудования мясной отрасли // Приднепровский научный вестник. 2022. Т. 1. № 4. С. 20-22.

6. Теоретические основы повышения качества и эффективности процесса тонкого измельчения мясного сырья на эмульситаторах / В. Я. Груданов, А. А. Бренч, А. Б. Торган и др. // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. Т. 15. № 2(56). С. 45-55. DOI 10.47612/2073-4794-2022-15-2(56)-45-55.

7. Файвишевский М. Л. Особенности производства влажных животных кормов // Мясные технологии. 2020. № 8(212). С. 52-55.

8. Оптимальные параметры элементов деталей механизма измельчителя пищевых продуктов / О. В. Исламова, А. З. Токов, А. А. Жиляев и др. // Качество. Инновации. Образование. 2022. № 4(180). С. 23-28. DOI 10.31145/1999-513x-2022-4-23-28.

9. Вербицкий С. Б. Материалы и конструкция рабочих органов установки для тонкого измельчения мясного сырья // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1(20). С. 44-51.

10. Исламова О. В., Токов А. З., Атаева Ф. А. Энергоэффективность - важнейший показатель качества пищевых измельчителей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 2(80). С. 56-62. DOI 10.20914/2310-1202-2019-2-56-62.

11. Влияние комбинированного измельчения на технологические характеристики мясного фарша /

Г. Б. Бекешова, Н. К. Ибрагимов, А. К. Какимов и др. // Все о мясе. 2022. № 5. С. 32-37. DOI 10.21323/20/1-2499-2022-5-32-37.

12. Конструктивные особенности устройств для оценки усилия резания корнеклубнеплодов при их измельчении / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, Р. В. Шарипов и др. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. №1(46). С.38-43.

13. Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. №4(45). С. 45-50.

14. Смык К. Волчки для измельчения замороженных мясных блоков // Мясные технологии. 2023. № 6 (246). С. 32-33.

15. Моисеев А. В., Березин М. А. Повышение эффективности работы мясорезательных машин // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 47. С. 1958-1963.

16. Морозов Н. М. Инновационная техника и цифровые технологии - важные факторы повышения эффективности производства продукции животноводства // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 2. С. 15-23.

17. Разработка вертикальной протирочной установки и определение ее основных параметров / А. В. Богданов, А. В. Гриценко, М. В. Ческидов и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 1. С. 62-69. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-62-69.

18. Старунов А. В. Отбор значимых факторов при исследовании процесса продавливания навоза через перфорированную поверхность отделителя твердых примесей // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2007. № 8. С. 61-63.

19. Research of ways of preserving the quality of grinded food products in the process of grinding / U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O. V. Islamova, et al. // Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies». IT and QM and IS 2017. St. Petersburg. 2017. P. 312-314. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085821.

20. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O. V. Islamova et al. // Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies». IT and QM and IS 2017. St. Petersburg. 2017. P. 309-311. DOI 10.1109/ ITMQIS.2017.8085820.

21. Food safety knowledge, attitude and practices of meat handlers in Khulna City, Bangladesh / G. Biswas, Md. S. Islam, S. M. M. Rahman et al. // Theory and Practice of Meat Processing. 2024. Vol. 9, No. 1. P. 24-31. DOI 10.21323/2414-438X-2024-9-1-24-31.

22. Flow cutters for raw meats: technical / technological features and feasibility of normalization / S. B. Verbytskyi, O. I. Kuts, O. B. Kozachenko et al. // Science and Education. 2023. No. S2-2(71). P. 612-620.

23. Prevalence, antibiotic resistance, toxin-typing and genotyping of clostridium perfringens in raw beef meats obtained from Qazvin city, Iran / S. Hassani, B. Pakbin, R. Mahmoudi et al. // Antibiotics. 2022. Vol. 11. No. 3. DOI 10.3390/antibiotics11030340.

Сведения об авторах:

Старунов Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности[1], e-mail: alex_starunov68@mail.ru

Гриценко Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильный транспорт[2]; профессор кафедры технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности[1]; e-mail: alexgrits13@mail.ru

Лукин Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности[1], e-mail: lukin3415@gmail.com

Ганенко Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности[1], e-mail: serganix@mail.ru

Старунова Ирина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов, сельскохозяйственных машин и земледелия[1], e-mail: irina.starunova.66@mail.ru

[1]Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия

[2]Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

SYSTEMATIZATION OF MODERN MEAT CUTTING EQUIPMENT AND ASSESSMENT OF MALFUNCTIONS OF INDUSTRIAL GRINDERS

A. V. Starunov, A. V. Gritsenko, A. A. Lukin, S. V. Ganenko, I. N. Starunova

Abstract. Based on the analysis of the designs of modern meat cutting equipment used by processing plants, their great diversity has been established, justified by the design and technological requirements for this type of machines. (Objective of the study) To establish the features characterizing industrial grinders, compile their classification, determine the main faults and the degree of their influence on the operability of industrial grinders. (Materials and methods) Design and technological requirements for industrial grinders have been determined. An analysis has been carried out and the main causes of malfunctions of industrial grinders have been identified. Structural parameters characterizing the technical condition of industrial grinders have been established. A priori ranking technique has been selected based on an expert assessment by specialists of the main faults of industrial grinder units. (Results and discussion) The features characterizing industrial grinders have been established, based on this, their classification has been compiled. A structural diagram of the "Industrial grinder" technical system is presented. The main faults and the degree of their influence on the loss of operability of the devices under consideration during operation have been determined. The entire set of industrial grinding machine malfunctions is grouped relative to three subsystems: cutting, feeding and driving. During the malfunction analysis, 10 most important of them were identified, affecting the grinder operability and its technological process performance. (Conclusions) The entire set of presented industrial grinding machine malfunctions was ranked by weight. A 10-point system was used for their assessment and points were assigned in accordance with complexity within the range from 1 to 10. The first group included malfunctions with ranks higher than 238 (malfunctions with a higher probability of occurrence). The second group included malfunctions with a rank value lower than 150 (malfunctions with a lower probability of occurrence). It was found that the maximum weight has malfunctions designated as n6, n10, n9. They characterize the

technical condition of the cutting and feeding subsystems. Priority for maintenance and control should be given to these subsystems.

Key words: industrial grinders, grinding, technical system, device, classification, a priori ranking, reliability, performance, malfunctions, failure, probability of failure.

References

1. Lachuga YuF, Izmaylov AYu, Lobachevskiy YaP, Shogenov YuKh. [Results of scientific research of agroengineering research organizations on the development of digital systems in agriculture (continued)]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2022; 4 (298). 2-6 p.

2. Tsench YuS. [Scientific and technical potential as the main factor in the development of agricultural mechanization]. Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2022; Vol.16. 2. 4-13 p. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13.

3. Ronzhin AL, Savelev AI. [Artificial intelligence systems in solving problems of digitalization and robotization of the agro-industrial complex]. Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2022; Vol.16. 2. 22-29 p. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29 p.

4. Maksimov DA, Zhukov VG. [Modern equipment for grinding frozen meat blocks]. Myasnaya industriya. 2019; 1. 38-41 p.

5. Derina EA, Katusov DN. [Analysis of grinding equipment for the meat industry]. Pridneprovskiy nauchnuy vestnik. 2022; Vol.1. 4. 20-22 p.

6. Grudanov VYa, Brench AA, Torgan AB. [Theoretical foundations for improving the quality and efficiency of the process of fine grinding of meat raw materials on emulsifiers]. Pishchevaya promyshlennost: nauka i tekhnologii. 2022; Vol.15. 2(56). 45-55 p. DOI 10.47612/2073-4794-2022-15-2(56)-45-55.

7. Fayvishevskiy ML. [Features of wet animal feed production]. Myasnye tekhnologii. 2020; 8(212). 52-55 p.

8. Islamova OV, Tokov AZ, Zhilyaev AA. [Optimal parameters of the elements of the parts of the food grinder mechanism]. Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2022; 4(180). 23-28 p. DOI 10.31145/1999-513x-2022-4-23-28.

9. Verbitskiy SB. [Materials and design of working units of the installation for fine grinding of raw meat]. Konstruirovanie, ispolzovanie i nadezhnost mashin selskokhozyaystvennogo naznacheniya. 2021; 1(20). 44-51 p.

10. Islamova OV, Tokov AZ, Ataeva FA. [Energy efficiency is the most important indicator of the quality of food grinders]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii. 2019; Vol.81. 2(80). 56-62 p. DOI 10.20914/2310-1202-2019-2-56-62.

11. Bekeshova GB, Ibragimov NK, Kakimov AK. [The influence of combined grinding on the technological characteristics of minced meat]. Vse o myase. 2022; 5. 32-37 p. DOI 10.21323/20/1-2499-2022-5-32-37.

12. Ryadnov AI, Fedorova OA, Sharipov RV. [Design features of devices for assessing the cutting force of root crops during their grinding]. Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2022; Vol.69. 1(46). 38-43 p.

13. Ryadnov AI, Fedorova OA, Mamakhay AK. [Selection of private indicators for a comprehensive assessment of the efficiency of using a root crop chopper]. Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2021; Vol.68. 4(45). 45-50 p.

14. Smyk K. [Grinders for grinding frozen meat blocks]. Myasnye tekhnologii. 2023; 6(246). 32-33 p.

15. Moiseev AV, Berezin MA. [Improving the efficiency of meat cutting machines]. Innovatsii. Nauka. Obrazovanie. 2021; 47. 1958-1963 p.

16. Morozov NM. [Innovative equipment and digital technologies are important factors in increasing the efficiency of livestock production]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2018; 2. 15-23 p.

17. Bogdanov AV, Gritsenko AV, Cheskidov MV. [Development of a vertical wiping unit and determination of its main parameters]. Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2023; Vol.17. 1. 62-69 p. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-62-69.

18. Starunov AV. [Selection of significant factors in the study of the process of squeezing manure through perforated surface of solid separators]. Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana. 2007; 8. 61-63 p.

19. Batyrov UD, Ataev PL, Islamova OV. Research of ways of preserving the quality of grinded food products in the process of grinding. Proceedings of 2017 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”. IT and QM and IS 2017. St.Petersburg. 2017; 312-314 p. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085821.

20. Batyrov UD, Ataev PL, Islamova OV. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife. Proceedings of 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies». IT and QM and IS 2017; St.Petersburg. 2017; 309-311 p. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085820.

21. Biswas G, Islam MdSS, Rahman MM. Food safety knowledge, attitude and practices of meat handlers in Khulna City, Bangladesh. Theory and practice of meat processing. 2024; Vol. 9, No. 1. P. 24-31 p. DOI 10.21323/2414-438X-2024-9-1-24-31.

22. Verbytskyi SB, Kuts OI, Kozachenko OB. Flow cutters for raw meats: technical / technological features and feasibility of normalization. Science and Education. 2023; S2-2(71). P. 612-620 p.

23. Hassani S, Pakbin B, Mahmoudi R. Prevalence, antibiotic resistance, toxin-typing and genotyping of clostridium perfringens in raw beef meats obtained from Qazvin city, Iran. Antibiotics. 2022; Vol.11. 3. DOI 10.3390/antibiotics11030340.

Authors:

Starunov Aleksandr Vladimirovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Technical service of machines, equipment and life safety[1]; e-mail: alex_starunov68@mail.ru

Gritsenko Aleksandr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences,Professor of Department of Automobile Transport[2]; Professor of Department of Technical service of machines, equipment and life safety[1]; e-mail: alexgrits13@mail.ru

Lukin Aleksandr Anatolyevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety[1]; e-mail: lukin3415@gmail.com

Ganenko Sergey Vladimirovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety[1]; e-mail: serganix@mail.ru

Starunova Irina Nikolaevna – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Tractors, Agricultural Machinery and Agriculture[1]; e-mail: irina.starunova.66@mail.ru

[1]South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

[2]South Ural State University, Cheiyabinsk, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-93-104
УДК 338.43:631.15

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

И. Г. Гайнутдинов, Ф. Н. Мухаметгалиев, М. М. Хисматуллин, Ф. Н. Авхадиев, Н. Р. Александрова

Реферат. Сельское хозяйство играет критическую роль в обеспечении экономической и социальной стабильности общества, так как производство отечественной сельскохозяйственной продукции и обеспечение ими потребности населения, создает основу продовольственной безопасности, рабочие места, способствует развитию сельских территорий и оказывает влияние на экономический рост страны. Стоимостные и натуральные показатели развития аграрной сферы Республики Татарстан, её эффективности показывают неоднозначные тренды. Так, стоимость валовой продукции сельского хозяйства в республике за 2018-2023 годы увеличилась с ежегодными темпами роста в 22,88 млрд. руб. Однако, натуральные объемы производства растениеводческой продукции снижаются, производство основных видов животноводческой продукции, напротив, имеет тенденцию роста. Уровень рентабельности растениеводства снижается, животноводства – незначительно повысилась. В целом, обеспеченность основными продуктами сельского хозяйства по республике остается стабильно высокой. Но такой результат обеспечивается за счет использования внутренних резервов сельскохозяйственных предприятий, которые могут быть исчерпаны, так как имеющаяся рентабельность по основным отраслям сельского хозяйства не позволяет вести хозяйственную деятельность на уровне самоокупаемости. Социально-экономическая эффективность сельского хозяйства региона остается на достаточно низком уровне, что находит отражение в дальнейшем снижении численности сельского населения, рождаемости и превышения смертности над рождаемостью в сельских территориях и как следствие в старении сельского населения. Выходом из этой ситуации может быть изменение макроэкономической политики внутри страны, направленной на обеспечение роста инвестиций в инновационное развитие отраслей реального сектора экономики.

Ключевые слова: региональное сельское хозяйство, продовольственная безопасность, устойчивое развитие, социально-экономическая эффективность.

Введение. В условиях неблагоприятных погодно-климатических условий, проявившихся в 2023 году, агропромышленный комплекс Республики Татарстан имеет относительно неплохие результаты. Так, объем валовой продукции, включая пищевую промышленность, составил 590,5 млрд. руб., а доля АПК в валовом региональном продукте республики составил 6,5%, что на 0,5 процентных пункта ниже показателя предыдущего года. Удельный вес пищевой промышленности в объеме валовой продукции АПК составил 51,0% или 301,3 млрд. руб., сельского хозяйства 48,9% или 289,2 млрд. руб. Индекс производства за 2023 год составил 92,1%. Благодаря увеличению объемов производства животноводческой продукции удалось сохранить объемы валовой продукции на уровне средних показателей за последние годы. По результатам 2023 года, по объему валовой продукции сельского хозяйства Республика Татарстан занимает пятое место среди регионов страны, а среди регионов Приволжского федерального округа находится на первом месте. По производству молока и говядины Татарстан занимает первое место, картофеля и зерна – соответственно вторые и четвертые места среди регионов Российской Федерации. В то же время, эффективность производства сельскохозяйственной продукции остается низкой. Так, уровень рентабельности с учетом мер государственной поддержки составляет примерно 8,9%, а без учета дотаций и субсидий, менее 3,0%. В 2023 году доля прибыльных сельскохозяйственных предприятий республики снизилась на 1,7 процентных пункта по сравнению с предыдущим годом.

Вопросы производства сельскохозяйственной продукции, эффективности производства в отдельных отраслях сельского хозяйства, обеспечения продовольственной безопасности, роль и значение сельского хозяйства в формировании валовой внутренней продукции, внешние и внутренние факторы эффективности сельскохозяйственного производства, вопросы качества и уровня жизни сельских жителей – эти и ряд другие вопросы рассмотрены рядом авторов на региональном уровне [1, 2, 3]. В частности, отмечается, что «угрозы, связанные с развитием сельского хозяйства», а значит и экономической безопасности государства, могут быть причиной низкого уровня жизни в сельской местности. Все это может ускорить процессы урбанизации и трудовой миграции сельского населения [4, 5, 6].

Выполняя одну из важных задач развития общества – обеспечение продовольствием населения страны, сельское хозяйство само нуждается в государственной поддержке, так как, в этой сфере решаются задачи как экономического, так и социального развития. Особенно остро стоят вопросы социального и территориального развития: расселения, занятости, создания новых видов производств и услуг, демографические вопросы и ряд других. Целью исследований является анализ показателей, характеризующих

социально-экономическую эффективность сельского хозяйства, уровня социально-экономического развития на примере Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. В процессе исследования были использованы методы абстрактно-логического анализа (для выявления основных проблем и закономерностей функционирования аграрного сектора экономики), экономико-статистический (для анализа статистических данных и оценки текущего состояния аграрного бизнеса), монографический (для изучения литературы и научных работ по проблемам развития региональных агроэкономических систем), методы ситуационного и структурного анализа (для выявления основных проблем и вызовов развития аграрного бизнеса). Были использованы результаты исследований современных отечественных и зарубежных ученых по вопросам обеспечения устойчивого развитиям аграрного сектора, официальные источники статистических данных. Объект исследования – региональное сельское хозяйство как фактор обеспечения экономической и социальной стабильности общества.

Результаты и обсуждение. Значение сельского хозяйства, являющегося второй сферой и основным звеном агропромышленного комплекса страны, наиболее полно раскрывается его предназначением, среди которых можно выделить экономические и социальные составляющие. К социальным аспектам сельского хозяйства относятся:

1) производство продукции сельского хозяйства и обеспечение продуктами питания всевозрастающие потребности населения страны;

2) обеспечение полной занятости сельского населения на основе формирования дополнительных высокооплачиваемых рабочих мест в сферах производства и оказания услуг населению;

3) обеспечение роста уровня получаемых доходов работников сельскохозяйственных предприятий, с целью дальнейшего повышения уровня жизни в сельской местности;

4) обеспечение пространственной (территориальной) рассредоточенности сельскохозяйственного производства на основе оптимального расселения сельских территорий, за счет улучшения миграционной политики;

5) дальнейшее инфраструктурное развитие и другие.

К экономическим составляющим сельского хозяйства можно отнести:

1) обеспечение продовольственной безопасности и независимости страны;

2) повышение эффективности использования земельных ресурсов, используемых в качестве основного средства производства при одновременном росте естественного и искусственного плодородия почв;

3) сохранение инвестиционной привлекательности аграрного бизнеса в условиях нестабильности аграрного рынка;

4) рост экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Как же решаются эти и другие вопросы в сельском хозяйстве Республики Татарстан? Для этого, нами проанализирована динамика производства продукции сельского хозяйства и по отдельным отраслям, в стоимостном и в натуральном выражении. Одним из основных показателей, характеризующих результативность производственной деятельности, является валовая продукция сельского хозяйства в действующих ценах (табл. 1).

Таблица 1 – Объем валовой продукции сельского хозяйства по отраслям и категориям хозяйств Республики Татарстан

Показатели	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2022 год в % к 2018 году
Валовая продукция сельского хозяйства в действующих ценах, млрд. руб.	226,0	248,8	264,3	245,5	317,5	140,4
в т.ч. растениеводства	110,7	124,3	136,5	102,3	154,4	139,4
животноводства	115,3	124,5	127,9	143,2	163,1	141,4
Индекс к предыдущему году – всего, %	97,0	110,1	106,2	92,88	129,3	х
в т.ч. растениеводства	92,8	112,3	109,8	74,9	150,9	х
животноводства	101,2	107,9	102,7	111,9	113,9	х
Валовая продукция СХО, млрд. руб.	108,3	124,6	132,8	125,6	179,9	166,1
Индекс к предыдущему году, %	92,6	115,0	106,6	94,6	143,2	х
Валовая продукция КФХ, млрд. руб.	19,0	25,4	29,1	24,3	36,7	193,2
Индекс к предыдущему году, %	91,1	133,7	114,6	83,5	151,0	х
Валовая продукция ЛПХ, млрд. руб.	98,7	98,8	102,4	95,5	100,9	102,2
Индекс роста к предыдущему году, %	103,1	100,1	103,6	93,3	105,7	х
Уровень инфляции, %	4,27	3,05	4,91	8,39	11,92	32,54

За анализируемый период наблюдается рост объемов производства валовой продукции сельского хозяйства республики в текущих ценах во всех категориях хозяйств с ежегодными темпами 22,87 млрд. руб., в том числе продукции растениеводства – 10,92 млрд. руб., животноводческой продукции – 11,95 млрд. руб. По категориям хозяйств наибольший рост объемов производства валовой продукции, за данный период, обеспечивали крестьянские (фермерские) хозяйства (93,2 % к уровню 2018 года). Общий прирост валовой продукции сельскохозяйственных предприятий различной формы собственности составил 66,1%. В хозяйствах населения рост стоимости валовой продукции ниже, чем темпы инфляции, что означает реальное снижение объемов производства по данной категории хозяйств. В 2018 и 2021 годах индексы роста объемов валовой продукции по всем категориям хозяйств были ниже уровня инфляции, что указывает на ещё большее снижение стоимости валовой продукции.

Объемы производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Республике Татарстан представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Производство основных видов сельскохозяйственной продукции в хозяйствах всех категорий Республики Татарстан (тыс. тонн)

Показатели	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год*	2023 год в % к к 2018году
Зерно в весе после доработки	3657,6	4167,9	5200,8	2353,0	5213,5	3603,0	98,5
Картофель	1189,6	1214,1	1174,2	871,3	920,1	879,2	73,9
Сахарная свекла	2109,1	2804,4	2150,8	1341,0	1921,9	1758,2	83,4
Овощи	327,7	343,9	325,8	258,6	279,6	264,3	80,7
Молоко	1847,9	1893,1	1935,2	1958,7	2033,5	2190,0	118,5
Скот и птица на убой (в живом весе)	502,2	516,9	528,6	538,2	525,9	512,9	102,1
Яйцо, млн. шт.	1387,4	1491,8	1475,4	1512,8	1539,2	1562,6	112,6

**предварительные данные*

За 2018-2023 годы объемы производства растениеводческой продукции снижаются со следующими среднегодовыми темпами: зерна – 10,92 тыс. тонн, сахарной свеклы – 70,18 тыс. тонн, картофеля – 62,08 тыс. тонн, овощей – 12,68 тыс. тонн. Нестабильность объемов производства продукции растениеводства во многом обусловлена сильным влиянием на рост и развитие сельскохозяйственных культур, таких стрессовых факторов погодно-климатических условий, как: засуха, ранние весенние заморозки. Вследствие этого, наблюдались затягивание процесса появления всходов и развития растений весной и вначале лета, гибель яровых культур раннего сева и ряд других.

Производство основных видов животноводческой продукции, напротив, имеет тенденцию роста. Так, объемы производства молока и скота и птицы на убой в живом весе выросли за 6 лет соответственно на 18,5 и 2,1%. Производство яиц увеличилось в 2023 году по сравнению с 2018 годом на 12,6%. Дальнейшие резервы роста производства животноводческой продукции будут определяться сбором и заготовкой кормов в 2024 году, так как, основной запас кормов предыдущих лет было израсходован в период зимовки 2023-2024 года. Расчеты показывают, что объемы производства продукции животноводства при ежегодном снижении поголовья животных, в основном определяются продуктивностью животных, которая в свою очередь находится в сильной зависимости от обеспеченности сельскохозяйственных животных сбалансированными и высокоэнергетическими кормами, а также от количества племенных хозяйств, приходящихся на один муниципальный район. Сбалансированность кормов можно обеспечить, при условии выращивании их в достаточном количестве и ассортименте, что в свою очередь зависит от видов и продуктивности кормовых угодий, включая условия вегетаций растений. Засушливые условия 2023 года не позволяли производить корма в достаточном объеме [7].

Кроме того, объемы производства сельскохозяйственной продукции, зависят от организационно-управленческих и технологических факторов [8]. Данные о средней урожайности основных товарных сельскохозяйственных культур и продуктивности некоторых видов животных и птиц показаны в таблице 3.

Анализ данных, показывает, что за 2018-2023 годы урожайность сельскохозяйственных культур повысилась со следующими среднегодовыми темпами: зерновых культур – 0,12 ц/га, картофеля – 46 ц/га, сахарной свеклы – 16 ц/га, овощей – 25 ц/га. Сопоставление темпов изменения валовых сборов и

урожайности сельскохозяйственных культур позволяет сделать вывод о том, что динамика изменения объема производства продукции растениеводства, обусловлена сокращением площадей их возделывания, при небольшом росте урожайности сельскохозяйственных культур.

Таблица 3 – Урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животных (по данным сводного годового отчета МСХиП РТ)

Показатели	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2023 год к 2018 году, ±
Урожайность, ц/га: зерновых в весе после доработки	24,8	28,1	33,5	14,9	35,0	25,4	0,6
картофеля	220	217	231	168	211	266	46
сахарной свеклы	330	434	437	263	387	346	16
овощей	275	252	276	253	264	300	25
Средний удой молока на 1 корову, кг	5595	5899	6348	6730	7234	7837	2242
Яйценоскость, шт.	310	325	314	318	321	322	12

Относительно стабильные объемы производства продукции животноводства достигаются также за счет роста продуктивности скота и птицы. Так, за 2018-2023 годы средняя продуктивность коров выросла на 2242 кг молока или рост составил 40,1%, яйценоскость повысилась на 12 шт. или 3,9%.

Сравнение показателей индекса производства продукции к предыдущему году со значениями индикаторов, определенных Стратегией развития АПК РТ [9], показывают, что по производству продукции растениеводства индикаторы достигнуты в 2019, 2020 и 2022 годах. По животноводству индексы роста производства в хозяйствах всех категорий достигнуты индикаторные значения только в 2019 году, а по сельскохозяйственным организациям во все годы, за исключением 2021 года.

На эффективность производства и реализации продукции растениеводства большое влияние оказывают нестабильные рыночные цены на сельскохозяйственную продукцию и изменчивая конъюнктура аграрного рынка [10, 11, 12].

За 2019-2023 годы наблюдается тенденция снижения цены реализации на зерно, картофель и рапс. За этот же период стабильный рост цены реализации наблюдается только по корнеплодам сахарной свеклы. В целом причиной снижения рентабельности является рост себестоимости и снижение цены реализации.

Уровень рентабельности у большинства видов товарной продукции растениеводства снижается: зерна на 21,3 процентных пункта, рапса – на 23,1 процентных пункта (табл. 4). В целом, по отрасли растениеводства рентабельность производства за анализируемый период снизилась на 12,2 процентных пункта.

Таблица 4 – Рентабельность основных видов продукции и отраслей сельского хозяйства (по данным сводного годового отчета МСХиП РТ)

Показатели	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2023 год к 2019год, +/-
Зерно	20,8	27,8	15,0	13,4	-0,5	-21,3
Картофель	7,9	4,3	44,5	12,5	16,1	8,2
Сахарная свекла	7,1	27,0	5,4	37,2	27,6	20,5
Рапс	19,5	31,6	11,9	16,3	-3,6	-23,1
Растениеводство в целом	16,0	25,0	17,5	18,2	3,9	-12,2
Молоко	22,9	24,7	22,1	31,4	14,2	-8,7
Мясо КРС	-3,2	-23,0	-19,8	-11,3	-18,5	-21,7
Мясо свиней	12,6	31,1	35,5	8,3	33,0	20,4
Мясо птицы	-9,6	4,8	8,9	-58,4	-62,0	-71,6
Яйцо (тыс. шт.)	22,7	26,1	33,5	22,4	69,3	56,6
Животноводство в целом	7,6	9,2	11,5	13,5	8,0	0,4
Растениеводство + животноводство	10,8	14,9	13,3	17,5	6,3	-4,5

По животноводству по основным видам товарной продукции наблюдается такая же динамика. Значительное опережение темпов роста себестоимости продукции над темпами роста цены реализации по мясу КРС, почти трехкратное снижение цены реализации на мясо птицы по сравнению с 2019 годом, несмотря на снижение себестоимости на 24%, обусловили убыточность производства и реализации данных видов продукции. Уровень рентабельности от реализации молока за 5 лет снизился на 8,7 процентных пункта. В целом рентабельность отрасли животноводства имела небольшой рост – в 0,4 процентных пункта.

Уровень рентабельности отраслей растениеводства и животноводства в 2023 году составил 6,3%, что на 4,5 процентных пункта ниже, по сравнению с 2019 годом.

Показатели экономической эффективности производства и реализации отдельных видов продукции сельского хозяйства представлены в таблицах 4-6.

В 2023 году реализация зерновых культур стала нерентабельным для большинства сельскохозяйственных организаций. Основной причиной выступает рост себестоимости производства, низкая урожайность, снижение цены реализации (табл. 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность производства зерновых культур (по данным сводного годового отчета МСХиП РТ)

Показатели	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2023 год к 2018 году, ±
Урожайность, ц/га	29,0	34,0	15,0	36,1	25,4	-3,6
Трудоемкость 1ц, чел.-час	0,43	0,37	0,71	0,31	0,41	-0,02
Уровень товарности, %	59,1	69,1	78,9	54,2	77,6	18,5
Реализационная цена 1ц, руб.	921,50	1002,07	1367,88	1111,46	978,79	57,29
Себестоимость реализованной продукции, руб.	763,10	784,14	1189,54	974,63	983,84	220,74
Прибыль на 1ц, руб.	158,40	217,92	178,35	136,83	-5,06	-163,46
Уровень рентабельности, %	20,8	27,8	15,0	14,0	-0,5	-21,3

За анализируемый период, превышение темпов роста себестоимости над ценой реализации, обусловили снижение рентабельности зерна до отрицательного значения. Рост продуктивности молочного скота и повышение производительности труда, позволили обеспечить рентабельность отрасли. Однако, опережающие темпы роста себестоимости, по сравнению с ценой реализации, привели к снижению объемов прибыли и рентабельности от реализации молока (табл. 6).

Таблица 6 – Экономическая эффективность производства молока (по данным сводного годового отчета МСХиП РТ)

Показатели	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2023 год к 2018 году, ±
Продуктивность, кг с 1гол.	5957	6568	6836	7411	7837	1880
Трудоемкость 1ц, чел.-час	1,46	1,24	1,17	1,02	0,91	-0,55
Себестоимость 1ц, руб.	1855,60	1906,00	2129,72	2480,51	2516,62	660,6
Уровень товарности, %	89,6	90,8	90,8	91,9	92,0	2,4
Реализационная цена 1ц, руб.	2322,27	2416,91	2665,37	3369,81	2915,82	590,55
Себестоимость реализованной продукции, руб.	1890,22	1934,61	2179,74	2563,10	2553,83	663,61
Прибыль на 1ц, руб.	435,05	482,29	485,63	806,71	361,99	-73,06
Уровень рентабельности, %	23,0	24,9	22,3	31,5	14,2	-8,8

Те же причины, наблюдавшиеся в отрасли молочного скотоводства, определили убыточность в мясном скотоводстве. Следует отметить, что в этой отрасли отмечается некоторая положительная динамика снижения уровня убыточности выращивания и реализации скота (табл. 7).

Таблица 7 – Экономическая эффективность выращивания скота (по данным сводного годового отчета МСХиП РТ)

Показатели	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2023 год к 2018году, ±
Продуктивность, кг на 1 гол.	201,5	216	222	224	241	39,5
Трудоемкость 1ц, чел.-час	14,22	12,83	12,28	11,27	9,91	-4,31
Уровень товарности, %	122,2	127,6	144,8	134,5	132,5	10,3
Реализационная цена 1ц, руб.	11452,40	11492,20	12002,80	14105,80	14494,30	3041,90
Себестоимость реализованной продукции, руб.	14276,30	14870,23	14977,34	17373,43	18035,48	3759,18
Убыток на 1ц, руб.	2823,90	3378,08	2974,56	3267,67	3541,23	717,33
Уровень убыточности, %	-19,8	-22,7	-19,9	-18,8	-19,6	-0,2

Таким образом, несмотря на некоторые улучшение показателей производства продукции растениеводства и животноводства, за последние годы экономическая эффективность производства и реализации сельскохозяйственной продукции у сельскохозяйственных организаций республики снизилась. В целом, продовольственная обеспеченность по Республике Татарстан остается стабильно высокой (рис.1).

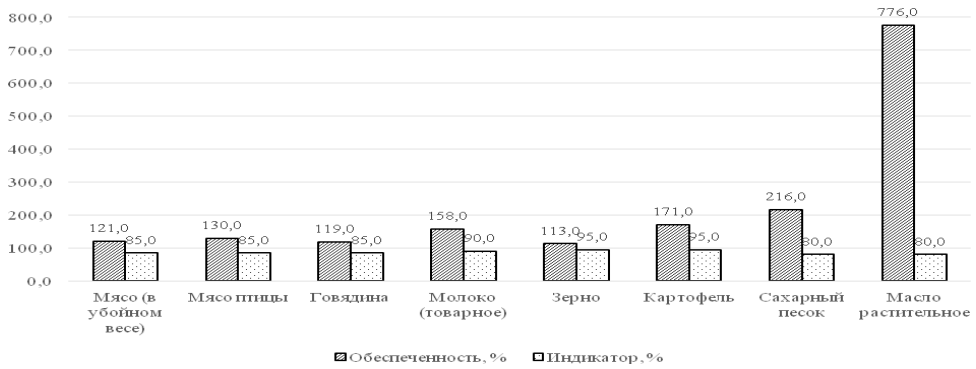


Рисунок 1 – Уровень обеспеченности населения Республики Татарстан основными продуктами питания (%)

Но, такой результат, за последние два года, в основном обеспечивается за счет использования внутренних резервов сельскохозяйственных предприятий, которые могут быть исчерпаны. Так как, имеющаяся рентабельность по основным отраслям сельского хозяйства не позволяет вести хозяйственную деятельность на уровне самоокупаемости.

Критерии оценки состояния продовольственной безопасности региона установлены законом Республики Татарстан от 22 июня 2017 года «О продовольственной безопасности Республики Татарстан» [13]. Предельные значения удельного веса основных видов сельскохозяйственной продукции собственного производства в общих объемах товарных ресурсов, а также их выполнение, представлены на рисунке 1.

Жители Республики Татарстан более чем достаточно обеспечены основными продуктами питания. Так, обеспеченность мясом скота и птицы превышает индикаторы на 34-45 процентных пункта, соответственно, молоком на 68 процентных пункта. Обеспеченность республики зерном, картофелем и сахарным песком, также превышает пороговые значения. Масло растительное производится в кратном размере, превышающем потребное количество, и является одним из востребованных видов продукции на экспорт.

Как видно из анализа объемов производства и тенденции их изменения, несмотря на снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции в отдельных отраслях сельского хозяйства республики в определенные годы, агропромышленный комплекс в целом обеспечивает так называемую, физическую доступность пищевых продуктов.

Физическая доступность пищевых продуктов зависит от производственной и экономической эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций. Экономическая доступность продуктов питания в основном обуславливает социально-экономическую эффективность сельского хозяйства, как для сельских жителей, так и городских, и в основном определяется наличием рабочих мест, величиной заработной платы и иных видов дохода на одного работника. Установлено, что социальные факторы оказывают двоякое воздействие на уровень затрат предприятия, взаимодействуя между собой экономические и социальные процессы на уровне сельского муниципального района, определяют уровень качества жизни сельского населения [14, 15, 16].

Социально-экономическая эффективность сельского хозяйства республики, а также индикаторы показаны в таблице 8.

Таблица 8 – Социально-экономическая эффективность сельского хозяйства Республики Татарстан

Показатели	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	Индикатор
Среднесписочная численность работников, чел.	47374	41192	39733	37453	36509	х
Темпы роста, в % к предыдущему	101,2	87,0	96,0	94,0	97,5	110,0
Среднемесячная заработная плата, руб.	24123	27293	31275	38023	46697	х
Темпы роста, в % к предыдущему	110,7	113,1	114,6	121,6	122,8	115,0
Денежная выручка на 1 работника, тыс. руб.	2150,4	2728,9	2977,0	3781,6	4217,7	х
Темпы роста, в % к предыдущему	116,2	126,9	109,1	127,0	111,5	115,0

За 2019-2023 годы, среднесписочная численность работников в сельскохозяйственных организациях республики снизилась на 10865 человек (на 22,9%). Стратегией развития агропромышленного комплекса Республики Татарстан на период 2016-2021 годов с перспективой до 2030 года предусмотрено, что, количество высокопроизводительных рабочих мест должно ежегодно увеличиваться на 10 процентов, а уровень занятости сельского населения должен быть доведен до 85 процентов. Задача ежегодного повышения уровня среднемесячной номинальной заработной платы на одного работника на 15%, также не было выполнено в три года из пяти анализируемых лет. Если в качестве показателя производительности труда взять величину денежной выручки на одного работника, то индикатор ежегодного увеличения производительности труда на 15% выполняется только по трем годам из пяти. Таким образом, социально-экономическая эффективность сельского хозяйства Республики Татарстан за анализируемый период остается на достаточно низком уровне, что находит отражение в дальнейшем снижении численности сельского населения и рождаемости, превышения смертности над рождаемостью в сельских территориях, и как следствие в старении сельского населения (табл. 9).

Таблица 9 – Муниципальные районы Республики Татарстан с максимальным изменением численности сельского населения (человек)

Наименование муниципального района	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2022 год в % к 2018 год
Республика Татарстан – всего	901933	900432	900712	899670	899721	99,8
районы с максимальным сокращением численности населения						
Агрызский	15408	15145	15003	14703	14308	92,9
Азнакаевский	18047	17659	17482	17094	16608	92,0
Аксубаевский	18836	18449	18259	17851	17386	92,3
Бавлинский	12721	12433	12322	12105	11824	92,9
Буинский	21940	21416	21171	20661	20136	91,8
Заинский	14603	14253	14067	13706	13391	91,7
Камско-Устьинский	7445	7298	7217	7106	6918	92,9
Лениногорский	19943	19548	19374	18912	18412	92,3
Мензелинский	11126	10871	10770	10505	10249	92,1
Новошешминский	13127	12913	12782	12469	12046	91,8
Спасский	10714	10495	10369	10232	9920	92,6
Тетюшский	11040	10750	10593	10256	9923	89,9
Чистопольский	16824	16403	16229	15920	15538	92,4
Ютазинский	9860	9674	9615	9417	9160	92,9
районы с увеличением численности населения						
Высокогорский	49894	51047	51567	52683	54511	109,3
Зеленодольский	41170	41334	41382	41320	41646	101,2
Лаишевский	35021	37231	38650	42050	46741	133,5
Пестречинский	38416	42612	45054	49263	53730	139,9
Тукаевский	40991	41930	42511	43653	45514	111,0

Количество сельских жителей республики за 5 лет снизилась на 2212 человек. За исследуемый период, среди всех 43-х муниципальных районов Республики Татарстан количество населения увеличилась только в пяти 5 муниципальных районах, которые являются пригородными по отношению к городу Казани и Набережные Челны. Большая часть жителей этих районов работают в городских промышленных предприятиях или в сфере оказания услуг. На остальных 38 муниципальных районах количество сельского населения уменьшилось на 5-10%. Несмотря на снижение количество сельского населения, его доля в общей численности населения Республики Татарстан за 5 лет остается неизменной и составляет 23,2% (табл. 10). Снижение сельского населения идет в возрастной категории «моложе трудоспособного» и «старше трудоспособного», соответственно: 0,3 и 1,3 процентных пункта.

Таблица 10 – Численность сельского населения и его распределение по возрастным группам (на начало года)

Показатели	Годы					2022 год в % к 2018 год
	2018	2019	2020	2021	2022	
Сельское население: - тыс. человек	901,9	900,2	900,7	899,7	899,7	99,8
- удельный вес сельского населения, %	23,2	23,1	23,1	23,1	23,2	100,0
Из общей численности сельского населения население в возрасте моложе трудоспособного: - тыс. человек	157,1	154,8	153,6	153,6	154,2	98,2
- в %	17,4	17,2	17,1	17,1	17,1	-0,3 п. п.
в трудоспособном возрасте:						
- тыс. человек	491,2	485,1	495,8	491,6	502,9	102,4
- в %	54,3	53,9	55,0	54,6	55,9	1,6 п. п.
старше трудоспособного:						
- тыс. человек	255,4	260,2	251,3	254,5	242,6	95,0
- в %	28,3	28,9	27,9	28,3	27,0	-1,3 п. п.

Считаем, что основная причина сложившейся тенденции заключается в ухудшении финансово-экономического положения сельскохозяйственных организаций, обусловленного низкой экономической эффективностью производства, а также отставанием уровня государственной поддержки сельского хозяйства, по сравнению с уровнем повышения цен на потребляемые в процессе производства продукции материально-технические ресурсы [17]. На уровень социально-экономического развития сельской местности также отрицательно влияют осуществляемая на федеральном уровне финансово-экономическим блоком Правительства РФ политика урбанизации населения страны и отсутствие долгосрочной стабильной программы по территориальному расселению населения. Нельзя не согласиться с мнением ведущего экономиста России Сергея Глазьева, что «… Россия также находится на одном из самых высоких уровней эксплуатации труда по уровню заработных плат. За текущую заработную плату работник производит в 3 раза больше продукции, чем в Европе и США, а доля оплаты труда в сравнении с национальным доходом ниже, чем в большинстве стран «двадцатки»» [18]. В мировом масштабе, по мнению ученых, наблюдается спад объемов производства и пессимизм в экономическом развитии сельского хозяйства [19, 20, 21]. Выходом из этой ситуации может быть изменение макроэкономической политики внутри страны, обеспечивая рост инвестиций в инновационное развитие отраслей реального сектора экономики с помощью доступных кредитов, включая развитие мелиорации, как способа стабильного производства кормовых культур в часто повторяющиеся засушливые годы, а также регулирование вопросов ценообразования на сельскохозяйственную продукцию [22, 23, 24]. Реализация на практике целевого кредитования по низким ставкам инвестиций в развитие сельского хозяйства, в части приобретения новой техники и оборудования, племенного скота, минеральных и биологических удобрений, семян высокой репродукции отечественного производства, научное развитие АПК, что приведет к росту объемов производства и снижению издержек, обеспечит стабилизацию цен к 2030 году.

Выводы. Сельское хозяйство играет ключевую роль в обеспечении экономической и социальной стабильности общества. Обеспечивая население отечественными продуктами питания, отрасль сельского хозяйства создает основу продовольственной независимости страны, а производимое в отраслях

сельского хозяйства сельскохозяйственное сырье (значительная часть зерновых, технических культур, продукции животноводства и т.д.), для сфер переработки, промышленного, химического производства, пищевкусовой промышленности, способствует созданию дополнительных рабочих мест в них. Значительная часть готовой продукции идет на экспорт, наращивая экспортный потенциал страны. Все это в совокупности способствует развитию региональной экономики.

Анализ производственно-экономических показателей по сельскому хозяйству Республики Татарстан за 2018-2023 годы, показывает снижение объемов производства растениеводческой продукции, что во многом объясняется сильным влиянием стрессовых условий (засуха, ранневесенние заморозки и т.д.) произрастания растений.

Относительно стабильные объемы производства продукции животноводства достигаются за счет роста продуктивности скота и птицы. Сравнение показателей индекса производства продукции к предыдущему году со значениями индикаторов, определенных Стратегией развития АПК РТ показывают, что по производству продукции растениеводства индикаторы достигнуты в 2019, 2020 и 2022 годах. По животноводству индексы роста производства в хозяйствах всех категорий достигнуты индикаторные значения только в 2019 году, а по сельскохозяйственным организациям во все годы, за исключением 2021 года.

В целом, обеспеченность основными продуктами питания населения Республики Татарстан остается стабильно высокой. Так, обеспеченность мясом скота и птицы превышает индикаторы на 34-45 процентных пункта, соответственно, молоком на 68 процентных пункта. Обеспеченность республики зерном, картофелем и сахарным песком, также превышает пороговые значения. Масло растительное производится в кратном размере, превышающем потребное количество, и является одним из востребованных видов продукции на экспорт. Экономическая эффективность производства и реализации сельскохозяйственной продукции у сельскохозяйственных организаций республики снижается. Имеющаяся рентабельность по основным отраслям сельского хозяйства (в 2023 году – 6,3%) не позволяет вести хозяйственную деятельность на уровне самоокупаемости.

Социально-экономическая эффективность сельского хозяйства Республики Татарстан за анализируемый период остается на достаточно низком уровне, что находит отражение в снижении численности сельского населения и рождаемости, превышения смертности над рождаемостью в сельских территориях, и как следствие в старении сельского населения. Наибольшее снижение численности сельского населения наблюдается в отдаленных муниципальных районах республики – от 8 до 10%.

Основная причина сложившейся тенденции заключается в ухудшении финансово-экономического положения сельскохозяйственных организаций, обусловленного низкой экономической эффективностью производства, а также отставанием уровня государственной поддержки сельского хозяйства, по сравнению с уровнем повышения цен на потребляемые в процессе производства продукции материально-технические ресурсы. На уровень социально-экономического развития сельской местности также отрицательно влияют осуществляемая на федеральном уровне финансово-экономическим блоком Правительства РФ политика урбанизации населения страны и отсутствие долгосрочной стабильной программы по территориальному расселению населения.

Таким образом, важно понимать, что сельское хозяйство необходимо не только для обеспечения продовольственной безопасности, но и для поддержания экономического и социального развития общества. Его значение нельзя недооценивать, и необходимо продолжать инвестировать в эту отрасль и разрабатывать стратегии для устойчивого развития сельских территорий.

Литература

1. Государственное регулирование аграрного сектора в условиях санкций и развития цифровой экономики / Э. Ф. Амирова, И. Н. Сафиуллин, Л. Г. Ибрагимов, Н. В. Карпова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 3(54). С. 133-137.

2. Прохоренков П.А., Кирсанова О.Г., Регер Т.В. Обеспечение продовольственной безопасности как важнейший фактор социально-экономического развития регионов//Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. №6. С.26-31

3. Захарова Г. П., Амирова Э.Ф. Государственное регулирование рынка зерна в условиях импортозамещения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 3(37). С. 15-17.

4. Трубилин А.И., Тюпаков К.Э., Аламенко А.А. Вызовы и современные ответы на проблемы устойчивого развития сельских территорий//Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. №100. С.7-14.

5. Тюпаков К.Э., Хорольская Т.Е., Костанян А.А. Роль человеческого капитала в реализации стратегии инновационного развития//Вестник Академии знаний. 2021. №43(2). С.244.

6. Тюпаков К.Э., Курносов В.С. Формирование и развитие ресурсного потенциала регионального агропромышленного комплекса//Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 38 (6). С. 316-321.

7. Гайнутдинов И. Г., Мухаметгалиев Ф. Н., Авхадиев Ф. Н. Состояние и особенности развития животноводческих отраслей в России и за рубежом //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2(62). С. 86-95.

8. Гайнутдинов И.Г. Малый аграрный бизнес: понятие, организационно-правовые формы и критерии классификации// Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 6-9.

9. Стратегия развития агропромышленного комплекса Республики Татарстан на период 2016-2021 годов с перспективой до 2030 года. Утверждено Приказом Минсельхозпрода Республики Татарстан от 21 июля 2017 года N 165/2-пр Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан. Интернет-ресурс. Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/446492546 (дата обращения 26.05.2024 г.)

10. Problems of regional grain market development / F. N. Mukhametgaliev, L. F. Sitdikova, F. N. Avkhadiev [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00082.

11. Beet production efficiency and ways to increase it in case of negative market conditions in the commodity market / I. Gainutdinov, L. Mikhailova, F. Avkhadiev, N. Asadullin // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 ìàÿ 2020 ãîäà. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00108.

12. Солопов В. А., Анциферова О. Ю., Акиндинов В. В. Регулирование затрат и формирование себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т.15. № 2(73). С. 172-179. – doi 10.53914/issn2071-2243_2022_1_172.

13. Закон Республики Татарстан от 13 июля 2017 года №53-ЗРТ «О продовольственной безопасности Республики Татарстан» (с изменениями на 6 апреля 2023 года) (в ред. Закона РТ от 06.04.2023 N 33-ЗРТ). Интернет-источник. Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/446461607 (дата обращения 26.05.2024 г.)

14. Шарипов С.А., Гайнутдинов И.Г. Научное, кадровое и информационное обеспечение регулирования земельных отношений // АПК: Экономика, управление. 2009. № 6. С. 15-19.

15. Ситдикова Л.Ф. Приоритеты и критерии устойчивого развития региональных агроэкономических систем//Финансовый менеджмент. 2023. №4-2. С. 159-166.

16. Моделирование производственной структуры предприятий малого и среднего предпринимательства в аграрном секторе экономики / М.Х. Газетдинов, Р.М. Гильфанов, Ш.М. Газетдинов, О.С. Семичева //
Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2 (44). С. 98-102.

17. Роль государственной поддержки в технической и технологической модернизации развития сельского хозяйства в регионах Приволжского федерального округа / А. К. Субаева, Н. Р. Александрова, Л. М. Мавлиева, М. М. Низамутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4(46). С. 126-131.

18. Сергей Глазьев: «В РФ самая высокая эксплуатация труда в Евразии». Интернет-источник. Режим доступа: https://worldrussia.com/2024/04/05 (дата обращения 31.05.2024 г.)

19. Meijerink, G. & P. Roza. 2007. The role of agriculture in development. Markets, Chains and Sustainable Development Strategy and Policy Paper, no. 5. Stichting DLO: Wageningen. Available at: http://www.boci.wur.nl/UK/Publications/

20. Christiaensen, L., Demery, L., & Kuhl, J. (2011). The (evolving) role of agriculture in poverty reduction—An empirical perspective. Journal of development economics, 96(2), 239-254.

21. Development of the agricultural sector in the Republic of Tatarstan/Asadullin N., Avkhadiev F., Gainutdinov I., Mikhailova L.// BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. С. 00117.

22. Implementation of government support measures for reclamation as an incentive for the development of the agricultural industry: Experience of the Republic of Tatarstan / N.M. Asadullin, F.N.Avkhadiev, R.Ullah // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00080.

23. Авхадиев Ф.Н., Михайлова Л.В. Инвестиций как один из способов регулирования аграрного сектора в России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 1 (27). С. 5-7

24.Амирова, Э.Ф., Сафиуллин, И.Н. Особенности ценообразования на рынке зерна/Э.Ф. Амирова, И.Н. Сафиуллин, Е.В. Губанова, М.М. Ханнанов//Аграрная наука. 2023. №7. С.163-167

Сведения об авторах:

Гайнутдинов Ильгизар Гильмутдинович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: ilgizar-gg@mail.ru

Мухаметгалиев Фарит Нургалиевич – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства, e-mail: fem59@mail.ru

Хисматуллин Марсель Мансурович – доктор сельскохозяйственных наук, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: marselmansurovic@mail.ru

Авхадиев Фаяз Нурисламович - кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: fn1973@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Александрова Наталья Родионовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики организации и управления на предприятии, e-mail: aleksandrova_nr@mail.ru

Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия

THE ROLE AND IMPORTANCE OF AGRICULTURE IN ENSURING THE ECONOMIC AND SOCIAL STABILITY OF SOCIETY (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

I. G. Gaynutdinov, F. N. Mukhametgaliev, M. M. Khismatullin, F. N. Avkhadiev, N. R. Aleksandrova

Abstract. Agriculture plays a critical role in ensuring the economic and social stability of society, since the production of domestic agricultural products and their provision to the needs of the population creates the basis for food security, jobs, contributes to the development of rural areas and influences the economic growth of the country. The cost and natural indicators of the development of the agricultural sector of the Republic of Tatarstan, its effectiveness show ambiguous trends. Thus, the value of gross agricultural output in the republic for 2018-2023 increased with an annual growth rate of 22.88 billion rubles. However, the natural volumes of crop production are decreasing, while the production of the main types of livestock products, on the contrary, has a growth trend. The level of profitability of crop production is decreasing, while livestock production has increased slightly. In general, the provision of the main agricultural products in the republic remains stably high. But this result is achieved through the use of internal reserves of agricultural enterprises, which can be exhausted, since the existing profitability in the main branches of agriculture does not allow conducting economic activity at the level of self-sufficiency. The socio-economic efficiency of agriculture in the region remains at a fairly low level, which is reflected in a further decrease in the rural population, birth rate and excess of mortality over birth rate in rural areas and, as a consequence, in the aging of the rural population. A way out of this situation may be a change in macroeconomic policy within the country aimed at ensuring the growth of investment in the innovative development of industries of the real sector of the economy.

Key words: regional agriculture, food security, sustainable development, socio-economic efficiency.

References

1. Amirova EF, Safiullin IN, Ibragimov LG, Karpova NV. [State regulation of the agricultural sector in the context of sanctions and digital economy development]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. № 3(54). S. 133-137 p.

2. Prokhorenkov PA, Kirsanova OG, Reger TV. [Ensuring food security as the most important factor in the social and economic development of regions]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2023; 6. 26-31 p.

3. Zakharova GP, Amirova EF. [State regulation of the grain market in the context of import substitution]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; Vol.10. 3(37). 15-17 p.

4. Trubilin AI, Tyupakov KE, Alamenko AA. [Challenges and modern responses to the problems of sustainable development of rural areas]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; 100. 7-14 p.

5. Tyupakov KE, Khorolskaya TE, Kostanyan AA. [The role of human capital in implementation of the innovative development strategy]. Vestnik Akademii znaniy. 2021; 43(2). 244 p.

6. Tyupakov KE, Kurnosov VS. [Formation and development of the resource potential of the regional agro-industrial complex]. Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya. 2021; 38 (6). 316-321 p.

7. Gaynutdinov IG, Mukhametgaliev FN, Avkhadiev FN. [State and features of development of livestock industries in Russia and abroad]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 2(62). 86-95 p.

8. Gaynutdinov IG. [Small agricultural business: concept, organizational and legal forms and classification criteria]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012; 2. 6-9 p.

9. Strategy for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Tatarstan for the period 2016-2021 with a perspective up to 2030. Approved by Order of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan dated July 21, 2017 No. 165/2-pr Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan. [Internet]. [cited 2024, May 26]. Available from: https://docs.cntd.ru/document/446492546

10. Mukhametgaliev FN, Sitdikova LF, Avkhadiev FN. Problems of regional grain market development. BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13-14 noyabrya 2019 goda. Kazan: EDP Sciences. 2020; 00082 p.

11. Gaynutdinov I, Mikhaylova L, Avkhadiev F, Asadullin N. Beet production efficiency and ways to increase it in case of negative market conditions in the commodity market. Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28-30 maya 2020 goda. Kazan: EDP Sciences. 2020; 00108 p.

12. Solopov VA, Antsiferova OYu, Akindinov VV. [Regulation of costs and formation of the cost of plant products using economic and mathematical methods]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.15. 2(73). 172-179 p. – doi 10.53914/issn2071-2243_2022_1_172.

13. Law of the Republic of Tatarstan dated July 13, 2017 No. 53-ZRT “On food security of the Republic of Tatarstan” (as amended on April 6, 2023) (as amended by Law of the Republic of Tatarstan dated 04/06/2023 N 33-ZRT). [Internet]. [cited 2024, May 26]. Available from: https://docs.cntd.ru/document/446461607

14. Sharipov SA, Gaynutdinov IG. [Scientific, personnel and information support for the regulation of land relations]. APK: Ekonomika, upravlenie. 2009; 6. 15-19 p.

15. Sitdikova LF. [Priorities and criteria for sustainable development of regional agro-economic systems]. Finansovuy menedzhment. 2023; 4-2. 159-166 p.

16. Gazetdinov MKh, Gilfanov RM, Gazetdinov ShM, Semicheva OS. [Modeling the production structure

of small and medium-sized enterprises in the agricultural sector of the economy]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 2 (44). 98-102 p.

17. Subaeva AK, Aleksandrova NR, Mavlieva LM, Nizamutdinov MM. [The role of state support in technical and technological modernization of agricultural development in the regions of Volga federal district]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 4(46). 126-131 p.

18. Sergey Glazyev: "The Russian Federation has the highest labor exploitation in Eurasia". [Internet]. [cited 2024, May 31]. Available from: https://worldrussia.com/2024/04/05

19. Meijerink G&P. Roza. 2007. The role of agriculture in development. Markets, chains and sustainable development strategy and policy paper, no. 5. Stichting DLO: Wageningen. Available from: http:// www.boci.wur.nl/UK/Publications/

20. Christiaensen L, Demery L&Kuhl J. (2011). The (evolving) role of agriculture in poverty reduction. An empirical perspective. Journal of development economics, 96(2). 239-254 p.

21. Asadullin N, Avkhadiev F, Gaynutdinov I, Mikhaylova L. Development of the agricultural sector in the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28-30 maya 2020 goda. Kazan: EDP Sciences. 2020; 00117 p.

22. Asadullin NM, Avkhadiev FN, Ullah R. Implementation of government support measures for reclamation as an incentive for the development of the agricultural industry: Experience of the Republic of Tatarstan. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. Vol. 37. Kazan: EDP Sciences. 2021; 00080 p.

23. Avkhadiev FN, Mikhaylova LV. [Investments as one of the ways to regulate the agricultural sector in Russia]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013; Vol.8. 1 (27). 5-7 p.

24. Amirova EF, Safiullin IN, Gubanova EV, Khannanov MM. [Features of pricing on the grain market]. Agrarnaya nauka. 2023; 7. 163-167 p.

Authors:

Gaynutdinov Ilgizar Gilmutdinovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Production, e-mail: ilgizar-gg@mail.ru

Mukhametgaliev Farit Nurgalievich – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Economics and Organization of Production, e-mail: fem59@mail.ru

Khismatullin Marsel Mansurovich – Doctor of Agricultural Sciences, Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Production, e-mail: marselmansurovic@mail.ru

Avkhadiev Fayaz Nurislamovich - Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Production, e-mail: fn1973@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Aleksandrova Natalya Rodionovna – Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Organization and Management at the Enterprise, e-mail: aleksandrova_nr@mail.ru

Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A.Stolypin, Ulyanovsk, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-105-111
УДК 332

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Г. П. Захарова, И. Н. Сафиуллин, Л. И. Рахматуллина, Е. П. Огородникова

Реферат. Одним из определяющих условий конкурентоспособного отечественного аграрного производства на внешних рынках выступает технико-технологическая модернизация отрасли. Однако, на всю значимость проблемы, за последние два десятилетия по всем видам сельхозтехники сложилась устойчивая тенденция сокращения численного состава в сельскохозяйственных организациях России. Наиболее высокие темпы сокращения сельскохозяйственной техники прослеживались до 2010 года, а в последующие периоды тенденция уменьшения значительно снизилась. При этом однозначно оценивать сложившуюся ситуацию не совсем правильно, поскольку уменьшение парка техники и оборудования в сельскохозяйственных организациях обусловлены и определенными объективными обстоятельствами и условиями: сократились площади обрабатываемых земель и возделывания конкретных культур; уменьшилось поголовье животных; применяемые технические средства стали более энергонасыщенными и производительными, что особенно важно в условиях дефицита кадров на селе. За 2018-2022 годы производство отечественной сельскохозяйственной техники в стоимостной оценке увеличилось почти в 2,5 раза, в то же время в натуральном выражении изменения не существенные. При этом отечественное машиностроение практически не производит машины и оборудование для свиноводства, птицеводства, для переработки молока, картофелеуборочные комбайны, свеклоуборочную технику, технику для садоводства, овощеводства. В результате опережающих темпов выбывания сельхозтехники и оборудования над темпами их производства и пополнения энергетические мощности отрасли сокращаются. Введенные санкции против российской экономики привели к повышению рисков неполучения критически важных комплектующих и запчастей; разрыву устойчивых логистических и сбытовых цепочек, функционировавших на протяжении длительного времени, их удорожание; пересмотру условий контрактов, срыву сроков поставок. Негативно сказываются на развитии АПК санкционные меры в отношении использования зарубежных высоких технологий, применяемых в точном земледелии, генетике, селекции, управлении предприятиями и т.д.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, энергообеспеченность, лизинг, финансирование, санкции, отечественное машиностроение.

Введение. Устойчивое социально-экономическое развитие России в значительной степени определяется развитием агропромышленного комплекса и обеспечением продовольственной безопасности страны.

Важнейшей задачей государства в области агропродовольственной политики является создание условий для формирования высокотехнологичного, конкурентоспособного аграрного сектора, способного обеспечить население необходимыми продуктами питания, комфортные условия труда и жизни сельских жителей, наращивание экспорта национальных агропродуктов.

Состояние и эффективность сельского хозяйства зависят от множества внешних и внутренних факторов, изучению которых посвящены многие работы отечественных экономистов, в частности, вопросам обеспечения продовольственной безопасности и развития отдельных отраслей АПК [1, 2]; инвестиционного климата в сельском хозяйстве и внедрения инноваций [3, 4, 5]; регулирования и совершенствования земельных отношений [6, 7]; обеспеченности сельского хозяйства кадрами и направлениям улучшения их использования [8]; устойчивого развития и благоустройства сельских территорий [9, 10]; цифровой трансформации отрасли [11, 12]; государственной поддержки и ее эффективности [13]; многообразия форм хозяйствования [14, 15, 16] и др. аспектам. Одними из главных факторов, позволяющих получать высокие и стабильные результаты в сельском хозяйстве, обеспечить конкурентоспособность продукции отрасли на мировых рынках, выступают научно обоснованное оснащение средствами производства и их рациональное использование, что выступает одним основных элементов ресурсного потенциала сельскохозяйственных формирований. В связи с этим достаточное внимание уделяется проблемам обеспеченности производственными факторами и эффективности их использования [17, 18, 19], поскольку в соответствии с принятой Правительством РФ Стратегии социально-экономического развития РФ до 2030 года в области АПК [20], повышение обеспеченности аграрного сектора материально-техническими ресурсами, а также его технико-технологическая модернизация выдвигаются в качестве ключевых векторов развития в современных условиях.

Целью исследования является оценка состояния материально-технического обеспечения сельского хозяйства и обоснование направлений его совершенствования.

Условия, материалы и методы исследования. В ходе исследования были использованы труды отечественных учёных-экономистов в области экономики аграрного сектора и его материально-технического обеспечения, данные Госкомстата РФ и его территориальных органов, материалы профильных министерств и ведомств, результаты собственных исследований и наблюдений. Для сбора и

обработки информации применялись различные методы и их приёмы (статистический, балансовый и других).

Результаты и обсуждение. По сравнению с другими отраслями народного хозяйства, материально-техническая база (МТБ) аграрной сферы всегда имела определенные особенности, которые определялись наличием в её составе биологических средств производства, её тесной взаимосвязью со специализацией и размещением производства. В настоящее время требования к ней усложняются, что вызвано усилением процессов цифровизации производства в отрасли. Однако, современное её состояние оставляет желать лучшего: сохранение тенденций сокращения техники, оборудования, значительная технико-технологическая отсталость и ряд других моментов отрицательно сказываются на результатах производственно-финансовой деятельности сельхозтоваропроизводителей. В конечном итоге, данные неблагоприятные факторы могут создать угрозу обеспечения продовольственной безопасности страны и, тем самым, препятствовать реализации новой экономической политики импортозамещения.

За последние два десятилетия парк тракторов, зерноуборочных комбайнов и других технических средств в сельскохозяйственных организациях России сократился более чем на 2/3 (рис. 1). Наиболее высокие темпы сокращения сельскохозяйственной техники прослеживались до 2010 года, а в последующие периоды тенденция уменьшения значительно снизилась. Однако около половины используемых тракторов, комбайнов, кормоуборочной

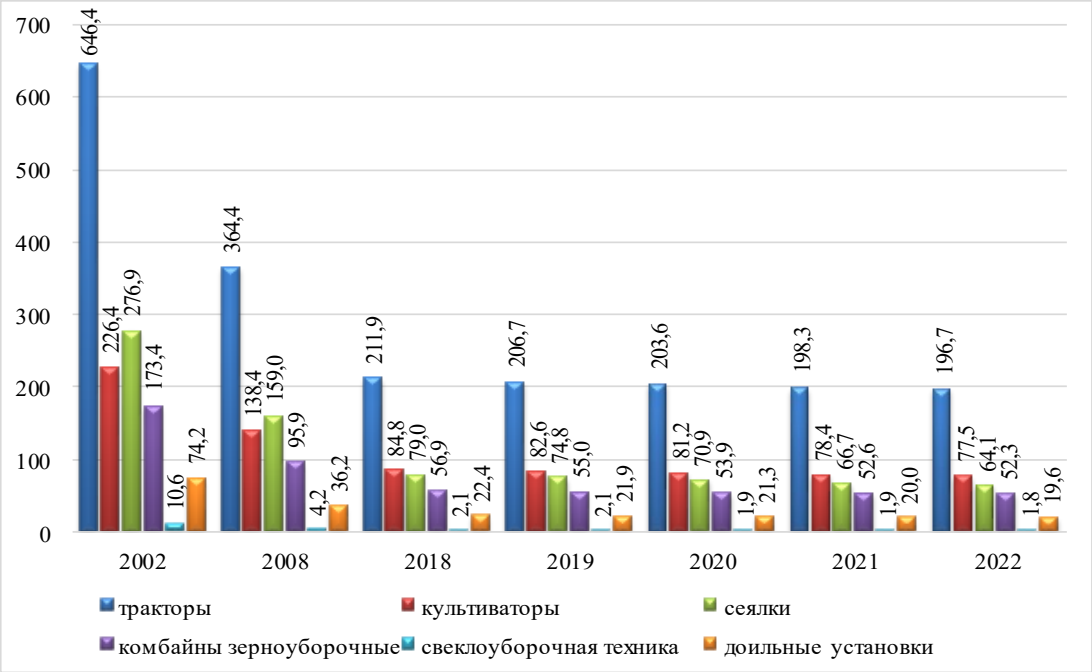


Рис. 1 – Парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях РФ

При этом однозначно оценивать сложившуюся ситуацию не совсем правильно, поскольку уменьшение парка техники и оборудования в сельскохозяйственных организациях обусловлены и определенными объективными обстоятельствами и условиями:

- сократились площади обрабатываемых земель и возделывания конкретных культур в силу расширения площадей в крестьянских (фермерских) хозяйствах [21, 22];

- к сожалению, за рассматриваемых период существенно уменьшилось поголовье животных, к примеру, уменьшение численности крупного рогатого скота составляет более 40%;

- применяемые технические средства стали более энергонасыщенными и производительными, что особенно важно в условиях дефицита кадров на селе.

Одним из лидеров в развитии сельского хозяйства является Республики Татарстан, однако, несмотря на высокие социально-экономические показатели региона, проблемы материально-технического обеспечения характерны и его (табл.1).

Оценка состояния технической оснащенности сельхозпредприятий, как в целом по России, так и по республике, в частности, позволяет утверждать, что энергетические мощности отрасли сокращаются [23, 24]. Несмотря на это, за 2012-2022 годы уровень энергооснащенности по РТ возрос на 6,6% и составил 193 л.с., а энерговооруженности труда – почти на 2/3 и 103 л.с. соответственно. Сложившаяся ситуация с одной стороны объясняется сокращением обрабатываемых площадей в сельскохозяйственных организациях, а с другой – уменьшением численности работников.

Количество сельхозтехники по всем видам сокращается. Большая часть используемой в настоящее время техники сильно изношена (по отдельным видам износ достигает 60% и

более) и морально устарела. Большая часть из них эксплуатируется за пределами амортизационного срока службы. Данные факторы отрицательно сказываются на сроках и качестве проведения сельскохозяйственных работ.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика динамики энергообеспеченности в сельскохозяйственных организациях РФ и РТ

Показатели	Годы					
	2012	2018	2019	2020	2021	2022
Энергооснащенность, л.с. в расчете на 100 га посевной площади: по РФ	304	234	227	227	212	211
по РТ	181	184	190	193	194	193
Энерговооруженность труда, л.с. в расчете на 1 работника: по РФ	54	63	61	67	69	70
по РТ	63	79	81	92	96	104

Снижение уровня обеспеченности материально-техническими ресурсами – это следствие уменьшения количества приобретаемой техники. Отсутствие финансовых средств, усиление диспаритета цен, монопольное положение производителей сельхозтехники, сокращение объемов отечественного производства техники, ослабление уровня государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей – вот основные причины создавшейся ситуации. Обновление парка техники происходит, в основном, за счет заёмных средств, в том числе за счет лизинга.

В 2022 году на условиях лизинга в республике было закуплено 600 ед. сельскохозяйственной техники на сумму более чем 3 млрд. руб. В 2023 году на обновление МТП из бюджета республики было потрачено 10 млрд.руб. Было закуплено 382 трактора, 132 зерноуборочных и 36 кормоуборочных комбайнов и порядка 2444 ед. прочей техники. Однако, и этих мер пока недостаточно для улучшения технической оснащенности.

Определяющим фактором технического обеспечения аграрного сектора выступает состояние отечественного сельскохозяйственного машиностроения, которое на сегодняшний день представляет собой единство высокотехнологичного производства и, сохранившихся со времен Советского Союза, низкоконкурентных технологий. Сохраняется зависимость отрасли от комплектующих, запчастей, материалов, программного обеспечения импортного производства. Однако имеются и некоторые положительные тенденции в развитии отрасли (табл. 2).

Таблица 2 – Производство сельскохозяйственной техники в России

Показатели	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Производство сельхозтехники в России, млрд.руб. (с учётом НДС)	108,2	115,0	149,0	217,7	250,6
Доля российской сельхозтехники на внутреннем рынке, %	49,0	54,0	58,0	51,0	61,0

Источник: по данным Минсельхоза РФ, «Росспецмаш», «Росагролизинг»

За последние годы производство российской сельхозтехники значительно увеличилось в стоимостной оценки, и в 2022 году составило более 250 млрд. руб. с учётом НДС, что почти в 2,5 раза больше, чем в 2018 году. Одновременно складывается положительная тенденция роста доли отечественных сельхозмашин на внутреннем рынке: если этот показатель до 2014 года не достигал и четверти, то в 2022 году равнялся 61%.

Вместе с тем увеличение суммарной оценки объемов производства отечественной техники вызван, в первую очередь, ростом цен, поскольку количество производимых машин и оборудования в натуральном выражении увеличивается меньшими темпами, а в некоторых случаях вообще уменьшается (рисунок 2).

В течение 2018-2022 годов наблюдались значительные темпы роста производства косилок (почти в 2,5 раза), сеялок (на 52,8%), тракторов (на 49,3%) и культиваторов (на 30,0%), тогда как производство зерноуборочных комбайнов и дробилок для кормов осталось практически на том же уровне, а доильных установок уменьшилось на 15,2%.

Рост цен на технику объясняется существенным удорожанием комплектующих и сырья, кредитных ресурсов. По данным АО «Росгролизинг» в 2021 году было закупило 10,2 тыс. единиц сельхозтехники на сумму 46 млрд. руб., а в 2022 году для приобретения 11 тыс. единиц было уже потрачено 100 млрд. руб.

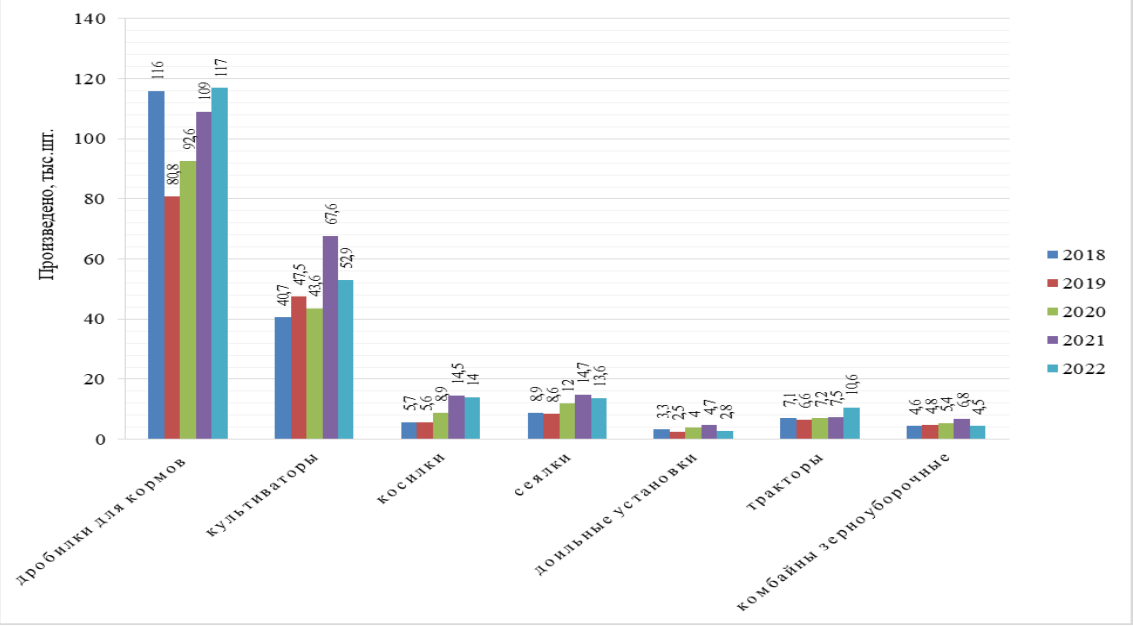


Рис. 2 – Видовой состав произведённой техники в РФ за 2018-2022 годы [25]

Обеспокоенность производителей и потребителей сельскохозяйственной продукции вызывает тот факт, что повышение стоимости техники однозначно приведёт к росту себестоимости продукции отрасли. К примеру, в стоимости зерна около 25% приходится на затраты, связанные с техникой. Помимо этого, рост цен на технические средства снижает их доступность для сельскохозяйственных товаропроизводителей, что ведет к уменьшению обеспеченности техникой и нарушению агротехнических сроков выполнения сельскохозяйственных работ.

Введённые США и странами Запада беспрецедентные санкции против российской экономики выявили ряд «болевых точек» - направлений, которые критически важны для аграрной сферы и в значительной степени зависимы от импорта. Для отраслей растениеводства это касается производства таких ресурсов, как семена, средства защиты растений, для животноводства – вакцин, ветпрепаратов, генетического материала животных, кормовых добавок и витаминов.

Данная ситуация коснулась и сельскохозяйственного машиностроения: риски неполучения критически важных комплектующих и запчастей для имеющихся средств производства; разрыв устойчивых логистических и сбытовых цепочек, функционировавших на протяжении длительного времени или их удорожание; пересмотр условий контрактов, срыв сроков поставок; требования предоплаты т.п., также негативно сказываются на развитии АПК санкционные меры в отношении использования зарубежных высоких технологий, применяемых в точном земледелии, генетике, селекции, управлении предприятиями и т.д.

Несмотря на имеющиеся трудности, инертность сельского хозяйства, наличие определенных запасов производственных ресурсов, достаточно неплохое состояние отрасли к моменту введения санкций, позволили предприятиям выиграть определённое время для того, чтобы адаптироваться к изменившимся условиям. Одни виды сырья, материалов, запчастей, комплектующих стали производить у себя, другие - стали завозить через дружественные страны, на замену западной технике стали её закупать у Индии и Китая.

Меняющиеся экономические условия, а именно повышение рисков в аграрном секторе, способствовали тому, что среди сельхозпроизводителей, стало востребованным агрострахование. Предприятия стараются максимально обезопасить себя от нежелательных рисков. Увеличился спрос на страхование недвижимости, транспорта, спецтехники. Популярным стало страхование животных и посевов сельхозкультур.

В республике в условиях инновационного процесса возводятся новые животноводческие комплексы. За последние годы в Татарстане построено и введено в эксплуатацию около 40 животноводческих ферм и комплексов, которые способны вместить порядка 30 тыс.голов скота. По оценкам специалистов, строительство новых, современных комплексов позволит ежегодно наращивать объемы производства молока в 2-3% [4].

Для обеспечения животноводства собственными кормами Татарстан на протяжении последних лет осуществляет строительство кормовых центров. В 2021 году 30 кормовых центров заработали в 15 районах республики. Они способны обслужить более 100 тыс.голов КРС. В 2022 году было построено ещё 7 таких кормовых центров.

Оказание государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей, направленной на улучшение обеспечения их материально-техническими ресурсами, должно носить адресный характер [26, 27]. Её необходимо сочетать с инструментами лизинга. В этой связи,

целесообразно применять методику оказания адресной помощи, где в качестве отборочного критерия выступал бы интегральный коэффициент, учитывающий эффективность использования ресурсного потенциала и рентабельность производственной деятельности. Рассчитанная таким образом государственная помощь будет доступна всем товаропроизводителям, однако, её размер будет определяться достигнутыми производственными показателями. Применение данной методики будет иметь стимулирующее воздействие на сельхозпредприятия.

Немаловажным факторов является создание условий для подготовки молодых специалистов инженерных, технических специальностей [28]. Для этой цели необходимо более тесное сотрудничество научных центров, вузов, целевая подготовка специалистов.

Выводы. Материально-техническое обеспечение сельхозтоваропроизводителей важный и необходимый элемент в системе устойчивого и эффективного функционирования аграрного сектора. Проведенное исследование показывает, что для его совершенствования необходим комплекс различных способов и инструментов. В условиях дефицита финансовых средств и низких инвестиционных возможностей, жестких рамок производственно-ресурсных ограничений у большинства предприятий, именно государство должно создать условия для модернизации материально-технической базы сельского хозяйства.

В первую очередь на государственном уровне должны быть разработаны уточнённые методики по планированию инвестиций. В их основу должны быть заложены нормативы по расчёту потребности товаропроизводителей в соответствующих видах техники. Это позволит максимально точно рассчитать объемы нового строительства, технического перевооружения, модернизации производства.

Приоритетным направлением должно стать восстановление отечественного производства конкурентоспособной техники и других средств производства, наращивание объемов их производства. Развитие системы сертификации и продвижения научно-технических разработок позволит шире использоваться отечественные инновационные технологии.

Таким образом, главным направлением обеспечения национальной и продовольственной безопасности России должно стать формирование конкурентоспособного отечественного рынка материально-технических ресурсов. В создавшихся условиях очень важно изыскивать и правильно использовать все имеющиеся возможности, максимально гибко подходить к выстраиванию бизнес-процессов и логистике.

Литература

1. Санникова И. Н., Приходько Е. А. О некоторых аспектах оценки продовольственной безопасности // ЭКО. 2022. № 9(579). С. 149-165.

2. Уланова О. И. Животноводство как важнейшее направление сельскохозяйственного производства России // Сурский вестник. 2023. № 2(22). С. 76-80.

3. Авхадиев Ф.Н., Михайлова Л.В. Инвестиций как один из способов регулирования аграрного сектора в России //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 1 (27). С. 5-7.

4. Артамонычева А. Р., Гатина Ф. Ф. Инвестиционная деятельность Республики Татарстан в аграрном секторе экономики // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2008. № 7. С. 50-52.

5. Шарипов С. А., Харисов Г. А. Направления формирования институциональной среды инновационного развития сельского хозяйства // АПК: экономика, управление. 2018. № 1. С. 35-43.

6. Полунин Г. А., Горин А. Д. Об особенностях организации оборота земельных участков сельскохозяйственного назначения в Нечерноземье // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 1(83). С. 115-120.

7. Ибрагимов Л. Г., Сафиуллин И. Н., Амирова Э. Ф. Основные проблемы проведения кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения на примере Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 3(50). С. 116-121.

8. Докальская В. К., Солодовник А. И. Социально-экономические особенности и региональные различия формирования трудовых ресурсов сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 7. С. 28-31.

9. Оценка перспектив экономического роста регионов России в условиях санкционных ограничений импорта / М. Р. Сафиуллин, Р. Т. Бурганов, Л. А. Ельшин, А. М. Мингулов // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 4. С. 1003-1017.

10. Меренкова И. Н. Теоретико-методические аспекты мониторинга экономического пространства сельских территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 2(81). С. 149-158. – doi: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_149.

11. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 4. С. 6-10.

12. Ситдиков Ф. Ф., Цой Ю. А., Зиганшин Б. Г. Основные направления и проблемы цифровизации агропромышленного комплекса // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 3(54). С. 112-115.

13. Захарова Г. П. Стратегические векторы развития аграрного сектора РФ // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2(53). С. 139-143. – doi: 10.12737/article_5d3e1732366a74.99146672.

14. Якушкин Н. М., Гайнутдинов И. Г., Губайдуллин Р. Г. Малые формы хозяйствования в Республике Татарстан: состояние, тенденции и проблемы развития // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 12. С. 72-77.

15. Шагайда Н. И. Подходы к оценке размеров агрохолдингов // Вопросы экономики. 2020. № 10. С. 105-116.

16. Зиннатов А. М., Михайлова Л. В. Теоретические основы формирования малого бизнеса на селе // Вектор экономики. 2021. № 4(58).

17. Калимуллин М. Н., Гумерова Г. Г. Улучшение качества продукции в агропромышленных комплексах // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. Т. 3. С. 140-143.

18. Богапова М. Р., Дозорова Т. А. Эффективность использования ресурсного потенциала: оценка и направле-

ния повышения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1(48). С. 152-156. – doi: 10.12737/article_5afc1ecb894414.85062392.

19. Лукьянов В. И., Белицкая О. В. Ресурсное обеспечение как фактор устойчивого социально-экономического развития региона. – Краснодар: Кубанский социально-экономический институт, 2017. 97 с. – ISBN 978-5-91276-162-1.

20. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwip-aPc1umEAxURHRAIHc3xADoQFnoECBQQAQ&url=http%3A%2F%2Fstatic.government.ru%2Fmedia%2Ffiles%2FG3hzRyrGPbmFAfBFgmEhxTrec694MaHp.pdf&usg=AOvVaw2WvragLovJmiBEQipphrE8&opi=89978449(дата обращения 03.03.2024).

21. Шарапова В. М., Воронина Я. В. Земельные отношения крестьянских (фермерских) хозяйств// Аграрный вестник Урала. 2016. № 6(148). С. 20.

22. Шарипов С. А., Афанасьев В. И. Малый аграрный бизнес в Татарстане: состояние и перспективы развития // Агропродовольственная политика России. 2017. № 5(65). С. 11-17.

23. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения 03.03.2024)

24. Минаков И. А. Развитие материально-технической базы сельского хозяйства: проблемы и перспективы // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 11. С. 46-50. – doi: 10.32651/2111-46.

25. Промышленное производство в России. 2023: Стат.сб./Росстат. – М., 2023. – 259 с.

26. Захарова Г. П. Повышение эффективности мер государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей в условиях кризиса // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4(38). С. 16-19.

27. Криничная Е. П. Организационно-экономический механизм адаптации субъектов агробизнеса к новым условиям хозяйствования // АПК: экономика, управление. 2023. № 10. С. 38-48. – doi: 10.33305/2310-38.

28. Бутырин В. В., Бутырина Ю. А., Черненко Е. В. Повышение качества практической подготовки в профессиональном агрообразовании // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 12. С. 23-28. – doi:10.32651/2012-23.

Сведения об авторах:

Захарова Галина Петровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: chugunovagalya@mail.ru

Сафиуллин Ильнур Наилевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: sin.ek.09@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Рахматуллина Ляйсана Ильдаровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и управления, e-mail: sun244@mail.ru

Огородникова Елена Петровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и управления, e-mail: lena-dozent@mail.ru

Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия

MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT OF AGRICULTURE: STATE, PROBLEMS, IMPROVEMENT DIRECTIONS

G. P. Zakharova, I. N. Safiullin, L. I. Rakhmatullina, E. P. Ogorodnikova

Abstract. One of the determining conditions for competitive domestic agricultural production in foreign markets is the technical and technological modernization of the industry. However, despite the significance of the problem, over the past two decades, a stable trend of reduction in the number of employees in agricultural organizations in Russia has developed for all types of agricultural machinery. The highest rates of reduction in agricultural machinery were observed until 2010, and in subsequent periods the downward trend has significantly decreased. At the same time, it is not entirely correct to assess the current situation unambiguously, since the reduction in the fleet of machinery and equipment in agricultural organizations is due to certain objective circumstances and conditions: the area of cultivated land and cultivation of specific crops has decreased; the number of animals has decreased; the technical means used have become more energy-intensive and productive, which is especially important in the context of a shortage of personnel in rural areas. In 2018-2022 the production of domestic agricultural machinery in value terms increased by almost 2.5 times, while in physical terms the changes are insignificant. At the same time, domestic mechanical engineering practically does not produce machinery and equipment for pig farming, poultry farming, milk processing, potato harvesters, beet harvesting equipment, equipment for gardening, vegetable growing. As a result of the outstripping rate of disposal of agricultural machinery and equipment over the rate of their production and replenishment, the energy capacity of the industry is declining. The sanctions imposed on the Russian economy have led to increased risks of non-receipt of critical components and spare parts; disruption of stable logistics and distribution chains that have functioned for a long time, their rise in price; revision of contract terms, failure to meet delivery deadlines. Sanctions against the use of foreign high technologies used in precision farming, genetics, selection, enterprise management, etc. have a negative impact on the development of the agro-industrial complex.

Key words: agricultural machinery, energy supply, leasing, financing, sanctions, domestic mechanical engineering.

References

1. Sannikova IN, Prikhodko EA. [On some aspects of food security assessment]. EKO. 2022; 9(579). 149-165 p.

2. Ulanova OI. [Animal husbandry as the most important direction of agricultural production in Russia]. Surskiy vestnik. 2023; 2(22). 76-80 p.

3. Avkhadiev FN, Mikhaylova LV. [Investments as one of the ways to regulate the agricultural sector in Russia]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013; Vol.8. 1 (27). 5-7 p.

4. Artamonucheva AR, Gatina FF. [Investment activities of the Republic of Tatarstan in the agricultural sector of the economy]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2008; 7. 50-52 p.

5. Sharipov SA, Kharisov GA. [Directions for the formation of the institutional environment for innovative development of agriculture]. APK: ekonomika, upravlenie. 2018; 1. 35-43 p.

6. Polunin GA, Gorin AD. [On the specifics of organizing the turnover of agricultural land plots in Non-Black earth region]. Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve. 2022; 1(83). 115-120 p.

7. Ibragimov LG, Safiullin IN, Amirova EF. [The main problems of cadastral valuation of agricultural lands on the

example of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 3 (50). 116-121 p.

8. Dokalskaya VK, Solodovnik AI. [Social and economic characteristics and regional differences in the formation of labor resources in agriculture]. Ekonomika selskogo khozyaistva Rossii. 2022; 7. 28-31 p.

9. Safiullin MR, Burganov RT, Elshin LA, Mingulov AM. [Assessment of the prospects for economic growth of Russian regions in the context of sanction restrictions on imports]. Ekonomika regiona. 2023; Vol.19. 4. 1003-1017 p.

10. Merenkova IN. [Theoretical and methodological aspects of monitoring the economic space of rural areas]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.17. 2(81). 149-158 p. – doi: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_149.

11. Lobachevskiy YaP, Dorokhov AS. [Digital technologies and robotic technical means for agriculture]. Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2021; Vol.15. 4. 6-10 p.

12. Sitdikov FF, Tsoy YuA, Ziganshin BG. [Main directions and problems of digitalization of the agro-industrial complex]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3(54). 112-115 p.

13. Zakharova GP. [Strategic vectors of agricultural sector development of the Russian Federation]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 2(53). 139-143 p. – doi: 10.12737/article_5d3e1732366a74.99146672.

14. Yakushkin NM, Gaynutdinov IG, Gubaydullin RG. [Small farms in the Republic of Tatarstan: state, trends and development problems]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; Vol.31. 12. 72-77 p.

15. Shagayda NI. [Approaches to assessing the size of agricultural holdings]. Voprosy ekonomiki. 2020; 10. 105-116 p.

16. Zinnatov AM, Mikhaylova LV. [Theoretical foundations of small business formation in rural areas]. Vektor ekonomiki. 2021; 4(58).

17. Kalimullin MN, Gumerova GG. [Improving product quality in agro-industrial complexes]. Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2013; Vol.3. 140-143 p.

18. Bogapova MR, Dozorova TA. [Efficiency of using resource potential: assessment and directions for improvement]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 1(48). 152-156 p. – doi: 10.12737/article_5afc1ecb894414.85062392.

19. Lukyanov VI, Belitskaya OV. Resursnoe obespechenie kak faktor ustoychivogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya regiona. [Resource provision as a factor in sustainable social and economic development of a region]. Krasnodar: Kubanskiy sotsialno-ekonomicheskiy institute. 2017; 97 p. – ISBN 978-5-91276-162-1.

20. Strategy for the development of the agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030 [cited 2024, March 03]. Available from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwip-aPc1umEAxURHRAIHc3xADoQFnoECBQQAQ&url=http%3A%2F%2Fstatic.government.ru%2Fmedia%2Ffiles%2FG3hzRyrGPbmFAfBFgmEhxTrec694MaHp.pdf&usg=AOvVaw2WvragLovJmiBEQipphrE8&opi=89978449.

21. Sharapova VM, Voronina YaV. [Land relations of peasant (farmer) households]. Agrarnuy vestnik Urala. 2016; 6 (148). 20 p.

22. Sharipov SA, Afanasev VI. [Small agricultural business in Tatarstan: state and development prospects]. Agroprodovolstvennaya politika Rossii. 2017; 5(65). 11-17 p.

23. Federal State Statistics Service. [cited 2024, March 03]. Available from: https://rosstat.gov.ru/

24. Minakov IA. [Development of the material and technical base of agriculture: problems and prospects]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2021; 11. 46-50 p. – doi: 10.32651/2111-46.

25. Promyshlennoe proizvodstvo v Rossii 2023: Stat.sb. [Industrial production in Russia 2023: statistical collection]. Rosstat. Mosocw. 2023; 259 p.

26. Zakharova GP. [Increasing the efficiency of state support measures for agricultural producers in times of crisis]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; Vol.10. 4(38). 16-19 p.

27. Krinichnaya EP. [Organizational and economic mechanism for adaptation of agribusiness entities to new business conditions]. APK: ekonomika, upravlenie. 2023; 10. 38-48 p. – doi: 10.33305/2310-38.

28. Butyrin VV, Butyrina YuA, Chernenko EV. [Improving the quality of practical training in professional agricultural education]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2020; 12. 23-28 p. – doi:10.32651/2012-23.

Authors:

Zakharova Galina Petrovna – Ph.D. of Economic sciences, associate professor of Department of Economics and organization of production, e-mail: chugunovagalya@mail.ru

Safiullin Ilnur Nailevich – Ph.D. of Economic sciences, associate professor of Department of Economics and organization of production, e-mail: sin.ek.09@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Rakhmatullina Laysana Ildarovna – Ph.D. of Economic sciences, associate professor of Economic theory and management Department, e-mail: sun244@mail.ru

Ogorodnikova Elena Petrovna – Ph.D. of Economic sciences, associate professor of Economic theory and management Department, e-mail: lena-dozent@mail.ru

Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-112-119
УДК 333.79

НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕМЕЙНЫХ ФОРМ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С. В. Кальченко

Реферат. В современных условиях вопросы обеспечения эффективного функционирования малых форм хозяйственной деятельности имеют важное значение для эффективного функционирования сельских территорий в социально-экономическом и административном аспектах. В этой связи возникает потребность обоснования эффективных моделей хозяйственной деятельности для семейных форм аграрного производства. Особую актуальность приобретают данные вопросы для новых регионов Российской Федерации. В процессе исследования установлено, что крестьянские хозяйства Запорожской области, входящие в кооператив, дифференцируются по товарному признаку. Представители товарной группы являются наименее численными, однако используют более 50% от общей площади сельскохозяйственных угодий. С целью повышения эффективности использования ресурсного потенциала, увеличения количества хозяйств товарного типа и повышения уровня благосостояния их членов было предложено оптимизировать структуру землепользования. Предлагаемая структура землепользования имеет следующий вид: черешня – 48%, абрикос – 15%, прочие плодовые – 7%, картофель – 21%, томаты – 5%, прочие культуры – 4% от общего объема сельскохозяйственных угодий. Практическая реализация предлагаемых рекомендаций позволит снизить на 32,7% объем трудозатрат, однако при этом на 71,4% возрастают финансовые расходы. Снижение трудоинтенсивности аграрного производства повышает привлекательность этой модели для семейных форм хозяйствования. По результатам исследований отмечается рост условного уровня рентабельности на 269 пунктов, а также уровня доходов семей на 16,2%, что доказывает социальный эффект от реализации данного проекта для жителей сельских территорий. Научно обоснованная модель взаимовыгодного сотрудничества семейных форм аграрного производства является стимулом для их участия в деятельности интеграционных образований кооперативного типа.

Ключевые слова: семейно-трудовое хозяйство, аграрное производство, социальный эффект, устойчивое развитие.

Введение. В условиях современных реалий важное значение имеет развитие малого и среднего бизнеса как фактора, позитивно воздействующего на процесс устойчивого регионального развития. Особую роль данный сегмент предпринимательского сообщества имеет в новых территориях Российской Федерации, где система социально-экономических отношений находится в стадии восстановления. В этой связи следует отметить влияние малых форм хозяйственной деятельности на обеспечение развития сельских населенных пунктов, где аграрное направление является приоритетной формой предпринимательской самореализации. В то же время характер осуществления производственно-хозяйственной деятельности преимущественного большинства представителей данного сегмента сельскохозяйственного производства не позволяет им эффективно использовать имеющийся ресурсный потенциал. Необходимость обоснования путей оптимизации функционирования малых форм аграрного производства в новых регионах Российской Федерации обусловила актуальность выбранной темы и формулировку цели исследования.

Вопросы обеспечения эффективной деятельности малых форм хозяйствования в аграрном секторе экономики нашли свое отражение в трудах отечественных и зарубежных ученых. Теоретико-методологические аспекты функционирования семейных форм аграрного производства были сформулированы в трудах Н. П. Макарова [1], А. В. Чаянова [2], А.Н. Челинцева [3]. В процессе исследования акцентируется внимание на субъективном характере оценивания результативности использования рабочей силы. Также указывается на необходимость консолидации семейно-трудовых хозяйств для обеспечения их дальнейшего эффективного функционирования.

Современные особенности развития малых аграрных формирований рассматривались в работах А. Н. Адуковой [4], А. С. Волченковой [5], Г. Ф. Габдрахмановой [6], А. С. Елагиной [7, 8], А. Х. Ефстафьевой [9], Н. М. Светлова [10], И. М. Суркова [11], А. Сурпкеловой [12], М. С. Трунова [13] и др. Отмечается важность семейных форм организации сельскохозяйственного производства на современном этапе развития национальной хозяйственной системы. В качестве путей повышений эффективности их деятельности в экономическом и социальном аспектах рассматриваются возможности активизации процесса кооперативного строительства как способа концентрации имеющегося ресурсного потенциала.

Социальные аспекты функционирования семейных форм сельскохозяйственного производства нашли свое отражение в трудах О. А. Кислого [14], Л. В. Михайловой [15], А.Р. Набиевой [16, 17], П. И. Пыжиковой [18], А. С. Чучкаловой [19], М. Д. Шапсугова [20] и др. Отмечается роль крестьянских хозяйств в качестве фактора социально-экономического оздоровления региона, повышения уровня благосостояния местного населения.

Зарубежный опыт исследования деятельности сельскохозяйственных предприятий

семейного типа представлен в работах D. Gallardo Vázquez [21], A.-I. García-Agüero [22], О.Гуторова [23], Е.А. Рахимовой [24] и др. Указывается на значительный потенциал данной категории хозяйствующих субъектов в плане возможной диверсификации хозяйственной деятельности. В качестве возможных направлений рассматривается сельский туризм, как форма привлечения дополнительных инвестиций в сельскую местность.

В то же время, по нашему мнению, требуют дальнейшего изучения вопросы, связанные с обоснованием практических рекомендаций по повышению эффективности деятельности малых форм аграрного производства с учетом их социально-экономической природы.

Целью исследования является обоснование форм организации производства сельскохозяйственной продукции в крестьянских хозяйствах Запорожской области.

Условия, материалы и методы. Методологической основой исследования были положения теории семейно-трудового хозяйства, разработанные А.В. Чаяновым. В частности, была обоснована интеграция социально-экономическая природа семейно-трудового хозяйства. К числу основных его отличий от классического субъекта аграрного предпринимательства необходимо отнести следующие:

1.Необходимость синхронизации экономических, биологических и демографических процессов для эффективного использования ресурсного потенциала крестьянской семьи в сфере аграрного производства.

2.Семейно-трудовой баланс и принцип основного равновесия как основы механизмов использования рабочей силы членов крестьянского хозяйства и характера оценивания результативности данного процесса.

3.Социально-экономическая эффективность как неотъемлемое условие длительного функционирования семейно-трудового хозяйства.

4.Обоснование оптимизации организационно-технологического обеспечения производственной деятельности крестьянских хозяйств.

Используя данные принципы как теоретическую основу, нами была разработана методика оценки результативности деятельности малых аграрных формирований крестьянского типа. Принимая во внимание субъективный характер оценивания затрат трудовых ресурсов в семейно-трудовых хозяйствах, использовались показатели «условная заработная плата», «условная прибыль» и «условный уровень рентабельности», расчет которых производился по следующим формулам:

$$ВД = В - Зпр \quad (1)$$

$$ЧДУ = ВД - Зплу \quad (2)$$

$$Ру = ЧДУ /(Зпр + Зплу) \quad (3),$$

где ВД - валовый доход; Зпр – производственные затраты; ЧДУ - условный чистый доход; Зплу – условная заработная плата; Ру – условный уровень рентабельности [25].

Размер условной заработной платы рассчитывался, исходя из стоимости 1 человеко-часа неквалифицированной работы в регионе. С целью оценки социальной эффективности предлагаемых результатов рассчитывался показатель удельного веса стоимости произведенной продукции в структуре семейного бюджета. Таким образом, по нашему мнению, обеспечивается условие демонстрации практической ценности научных рекомендаций для данной категории аграриев.

Результаты и обсуждение. Специфика современного состояния сферы малого аграрного производства в Запорожской области во многом обуславливается тем, что данная отрасль в регионе находится в стадии восстановления. Причем следует отметить, что восстановительные процессы необходимо осуществлять не только по причине военных действий, но и для ликвидации последствий политики украинского руководства в аграрной сфере. В результате совмещения либерализации экономической среды с евроинтеграционными процессами отрасль перешла в стадию глубокого кризиса. По целому ряду сегментов внутреннего продовольственного рынка (молоко, плодово-ягодные и овощные культуры, картофель и др.) лидирующие позиции были у личных подсобных хозяйств, которые не имели статуса юридического лица и где уровень технологического обеспечения производственного процесса был достаточно низок.

Данная категория аграриев в системе сельских территорий в современных условиях имеет существенный потенциал для дальнейшего развития. Однако разработка практических рекомендаций, направленных на повышение экономической эффективности их деятельности, требует соответствующего научного обоснования. В качестве объекта исследования нами были выбраны личные подсобные хозяйства Запорожской области, интегрированные в обслуживающий кооператив «Ягодка МДПМК-162». Сельскохозяйственные угодия составляют 1,2 га или 63,1% от общей площади земель членов кооператива. При этом около 0,1 га (5,3%) не используются в силу различных обстоятельств. Около 0,7 га заняты для выращивания садовых культур, а 0,5 га отведены под огороды.

Следует отметить, что состав участников кооператива не является однородным, большая часть личных подсобных хозяйств, хотя и являются крестьянскими по сути, не ориентированы на товарный способ производственной деятельности (табл.1). Хозяйства товарной группы занимают около 50% от общего объема земельных ресурсов, одновременно оставаясь наименьшей по численности. Причиной этого является тот факт, что, пытаясь повысить уровень эффективности использования

своего собственного труда, они получили земельные участки, которые не использовались.

Представители этой категории ЛПХ активно используют средства малой механизации, минеральные и органические удобрения, средства защиты растений. В последнем случае следует отметить, что борьба с вредителями является важным элементом товарных хозяйств с учетом их специализации в садоводстве. Однако интенсивные методы в сельскохозяйственном производстве позволяют получить положительные результаты. В частности, показатель реализованной продукции в расчете на 0,01 га превышает среднее значение на 78,7%. Аграрии потребительско-товарной ориентации занимают промежуточные позиции. Они продают только 45% выращенных продуктов (излишки овощей, плодов и ягод). В то же время, в силу разных причин, они не стремятся к полной переориентации на предпринимательские принципы.

Таблица 1 – Сравнительный анализ землепользования в категориях членов ОК Ягодка «МДПМК-162» в среднем за 2017-2023годы*

Наименование показателей	Категории хозяйств			Итого
	Потребительские	Потребительско-товарные	Товарные	
Количество хозяйств	17	12	9	38
Приходится на 0,01 га членов домохозяйства, чел.	0,7	0,8	0,5	0,7
производственных затрат, руб.**	1548	2313,6	2892,8	2278,8
затрат труда, чел.-ч	54,7	57	28,9	45,2
произведенной продукции, руб.**	3039,6	7789,6	18562	10386
реализованной продукции, руб.**	375,2	3530	12516,4	5972

*Источник: результаты анонимного анкетирования
**В ценах реализации 2020 года

В этой связи с целью повышения эффективности использования имеющегося ресурсного потенциала, предлагается оптимизировать технологию производства путем активного использования малой механизации в физически затратных операциях (обработка почвы, борьба с вредителями и болезнями и прочее). По нашему мнению, это не только повысит качество соответствующих технологических операций, но и положительно повлияет на характер нагрузки на членов семьи, что, в свою очередь, позволит использовать трудовые ресурсы крестьянской семьи более рационально.

Также, предполагается оптимизировать структуру землепользования для хозяйств, ориентированных на товарные принципы производства аграрной продукции. Предлагается следующее соотношение характера использования земельных угодий: черешня – 48%, абрикос – 15%, прочие плодовые (персик, груша, яблоня и др.) – 7%, картофель – 21%, томаты – 5%, прочие культуры – 4% от общего объема сельскохозяйственных угодий. Результаты сравнительного анализа материалов и затрат на рабочую силу в результате оптимизации структуры землепользования указывают на то, что для хозяйств, участвующих в проекте, экономия затрат рабочей силы составит 570,2 человеко-час (32,7%), в то время как финансовые затраты увеличатся на 75,6 тыс. руб. (71,4%) (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика результатов оптимизации структуры земельных площадей ОК Ягодка «МДПМК-162»

Показатели	Существующая технология	Проектная технология	Проектная к существующей, +-
Количество домохозяйств, ед.	17	17	0
Земельная площадь, га	0,63	0,63	0
Затраты труда, чел-ч	1743,0	1172,8	-570,2
Затраты на производство, руб.	105840	181440	75600
Приходится на 1 хозяйство			
- затрат труда, чел-ч	102,5	69,0	-33,5
- затрат на производство, руб.	6225,9	10672,9	4447,1
Приходится на 1 га			
- затрат труда, чел-ч	2766,7	1861,6	-905,1
- затрат на производство, руб.	168000	288000	120000

В расчете на 1 хозяйство сокращение трудозатрат составит 33,5 человека-часа при увеличении денежных затрат на 4,4 тыс. руб. Как мы можем видеть, увеличение денежных затрат не является значительным и позволяет участвовать в этом проекте большинство крестьянских хозяйств. Учитывая неоднородность участников кооператива, мы проанализировали результаты применения предлагаемой схемы производства сельскохозяйственной продукции для фермерских хозяйств товаров и потребительских товаров. Согласно результатам анонимного опроса, определяются ориентировочные аспекты затрат рабочей силы, материальных и денежных ресурсов для каждой из категорий аграриев. Так, хозяйства товарной группы изъявили большую готовность компенсировать собственные физические усилия.

В то же время следует отметить, что практическая реализация предлагаемых мер для оптимизации производственной и экономической активности позволяет не только значительно повысить уровень эффективности, но и положительное влияет на общий характер благополучия членов кооператива.

Результаты анализа данных таблицы 3 показывают, что вследствие оптимизации отраслевой структуры, а также за счет улучшения технической и технологической поддержки и повышения уровня производительности труда достигается увеличение валового дохода на 621,3 тыс. руб. (335,5%), условный чистый доход возрастет на 648,4 тыс. руб. (427,7%), а условный уровень рентабельности – на 269,1 пункта.

Таблица 3 - Анализ результатов оптимизации деятельности ОК Ягодка «МДПМК-162»

№	Показатели	Существующая технология*	Проектная технология	Проектная к существующей	
				+ -	%
1	Затраты труда, чел.-ч	1743,0	1172,8	-570,2	67,3
2	Затраты на производство, руб.	105840	181440	75600,0	171,4
3	Стоимость произведенной продукции, руб.	699408,0	1508137,6	808729,6	215,6
4	Выручка, руб.	369676,0	1066594,0	696918,0	288,5
5	Условная заработная плата, руб.	65944,8	38816,4	-27128,4	58,9
6	Валовый доход, руб. (с.4-с.2)	263836,0	885154,0	621318,0	335,5
7	Условный чистый доход, руб. (с.6-с.5)	197891,2	846337,6	648446,4	427,7
8	Условный уровень рентабельности, % (100Хс.7/(с.2+с.5))	115,2	384,3	269,1	Х
9	Уровень товарности, % (100Хс.4/с.3)	52,9	70,7	17,9	Х
10	Общий семейный доход, руб.	3681916,7	4281618,4	599701,7	116,3
11	Удельный вес продукции в доходе семьи, % (100Хс.3/с.10)	19,0	35,2	16,2	Х

*Расчитано на основе анкетных данных

Особую значимость в этой связи приобретает социальная составляющая. В частности, на 32,7% снижаются объем физических затрат, что, по нашему мнению, делает эту форму самореализации более привлекательной для населения. Кроме того, на 16,3% возрастает общий объем доходов крестьянских домохозяйств – участников проекта. Поскольку целью предлагаемых мер было обеспечение оптимизации существующего социально-экономического ритма жизни членов кооператива, то данный результат может быть оценен в позитивном аспекте. В будущем это может стать стимулом для других членов кооператива в качестве альтернативной формы самозанятости.

Следует также отметить, что в качестве объектов исследования нами рассматривались только товарные и потребительско-товарные хозяйства, как наиболее ориентированные на предпринимательскую форму производственной деятельности. В этом

аспекте были приняты во внимание не только различные начальные условия экономической активности, но и специфика в использовании трудовых ресурсов, характер технико-технологического обеспечения. В этом аспекте значительные перспективы включают в себя установление конструктивных отношений с ЛПХ потребительского направления, которые до этого не планировали участвовать в сельскохозяйственном производстве на товарных основах. Учитывая неоднородность этой категории членов, мы провели его дифференциацию в соответствии с потенциальной предпринимательской деятельностью, а также с возможным участием в системе социально-экономических отношений на уровне кооперативной организации:

- зажиточные семьи, имеющие постоянный источник несельскохозяйственного дохода, в большинстве случаев члены не планируют самореализовываться в сфере сельскохозяйственного производства;

- семьи со средним достатком, которые имеют постоянный источник дохода, потенциально готовы принимать участие в совместных проектах;

- семьи с уровнем дохода ниже среднего, не имеющие физической способности участвовать в совместных экономических проектах кооператива, в большинстве случаев рассматриваются как собственники неиспользуемых земельных участков.

Важным компонентом успешной реализации этого проекта является обеспечение гарантированных продаж изготовленных продуктов. Следует отметить, что специфичность решения этой проблемы определяется влиянием ряда факторов:

1. Наличие существующих каналов реализации. В товариществе уже функционируют хозяйства, осуществляющие сбыт производимой продукции по разным направлениям. Более того, если представители товарной группы специализируются на отношениях с посредниками местных мелкооптовых рынков, то организации, работающие на потребительско-товарных основах, направляют свои продукты на местные базары. Небольшая часть результатов производства распределяется среди родственников и знакомых (главным образом на основе бартера). Важно отметить, что во всех случаях процесс реализации осуществляется без регистрации договорных отношений, что указывает на его случайность и непредсказуемость соглашения с обеих сторон.

2. Необходимость координации экономической активности участников проекта для формирования оптовых партий. Продажа продуктов на небольших рынках осуществляется только партиями, минимальный объем которых определяется как самой культурой, так и спросом на нее в конкретный момент времени. Аналогичные требования предпринимаются торговыми организациями и заведениями общественного питания, интегрированными в определенные сети. Учитывая эти обстоятельства, чрезвычайно важным является обеспечение синхронности операций сбора урожая идентичных сортов. Это, в свою очередь, оптимизирует процесс продажи продукции, сократит его время и потери во время транспортировки и хранения.

3. Необходимое решение проблемы перевозки продукции. Транспортная составляющая является важным компонентом обеспечения оперативной реализации. В этом аспекте мы рассмотрим два основных аспекта решения этой проблемы. Первый включает в себя заключение соглашений с представителями потребителя (посредника), чтобы организовать самовывоз урожая. В этих условиях клиент получает продукт более свежий и может предварительно заказать его объемы с точки зрения существующих культур и сортов. Второй вариант включает использование транспортных средств кооперативных членов. Его использование требует, в свою очередь, возмещения автомобильных операций, затрат на топливо и др.

4. Создание постоянных партнерских отношений с представителями торговых организаций и посредников. Важным компонентом успешного функционирования любого экономического проекта является его предсказуемость и минимизация рисков, связанных с неопределенностью. Ввиду этого чрезвычайно важно обеспечить официальные соглашения о сотрудничестве с региональными заведениями общественного питания.

5. Наличие диверсифицированной системы реализации продукции. Одним из направлений увеличения объема денежных доходов от продажи является оптимизация структуры реализуемой продукции, а также усовершенствование самого процесса сбыта. Учитывая тот факт, что подавляющее большинство культур нельзя хранить в течение длительного времени (вишня, абрикос, персик и т. д.), приобретает особую важность создание сети постоянных деловых контактов.

Выводы. Обеспечение эффективного функционирования крестьянских хозяйств на территории новых регионов Российской Федерации на принципах инноваций требует активного внедрения научно обоснованных методов организации экономической деятельности. Их специфика определяется особенностями использования ресурсного потенциала, характером мотивационного механизма и др. По результатам исследования разработана модель экономической деятельности крестьянских хозяйств, интегрированных в рамках кооперативного объединения.

Как свидетельствуют приведенные расчеты, практическая реализация предлагаемых мероприятий позволяет существенно повысить уровень благосостояния ЛПХ, стимулировать процесс их перехода на товарные принципы аграрного производства. Дальнейшие исследования планируется сосредоточить на разработке рекомендаций для обоснования эффективности различных форм

межхозяйственного сотрудничества малых аграрных формирований как важного фактора развития сельских территорий новых регионов Российской Федерации.

Сведения об источнике финансирования. Статья опубликована в рамках научной темы № FRRS-2023–0033 «Формирование социально-экономических условий эффективного развития малых форм хозяйственной деятельности региона», финансируемой за счет федерального бюджета. Учредитель: Министерство высшего образования и науки Российской Федерации.

Литература

1. Макаров Н.П. Организация крестьянского хозяйства. /Н.П. Макаров. Москва: Экономическая жизнь, 1927. 588с.

2. Чаянов А.В. Крестьянское хозяйство: Избранные труды / [редкол.сер.: Л. И. Абалкин (пред.) и др.]. М.: Экономика, 1989. 492 с.

3. Челинцев А.Н. Теоретические основания организации крестьянского хозяйства./А.Н. Челинцев. - Харьков, 1919. - 178с.

4. Адукова, А. Н. Вклад крестьянских (фермерских) хозяйств в обеспечение продовольственной безопасности России / А. Н. Адукова, М. Ю. Казора // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 11. С. 75-80. DOI 10.31442/0235-2494-2023-0-11-75-80.

5. Волченкова, А. С. Региональные аспекты развития крестьянских (фермерских) хозяйств в условиях государственной поддержки сельского хозяйства / А. С. Волченкова // Вестник сельского развития и социальной политики. 2021. № 1(29). С. 12-14.

6. Габдрахманова, Г. Ф. Особенности развития хозяйствующих субъектов аграрной отрасли Пензенской области и Республики Татарстан / Г. Ф. Габдрахманова, Э. А. Сагдиева // Регион: Экономика и Социология. 2020. № 4(108). С. 175-201. DOI 10.15372/REG20200408.

7. Елагина, А. С. Культурологическое значение экотуризма сельской местности / А. С. Елагина, М. И. Кудусова // Культура и цивилизация. 2022. Т. 12, № 1-2. С. 407-412.

8. Елагина, А. С. Услуги в области сельского хозяйства крестьянским-фермерским хозяйствам: возможности и перспективы (часть 1) / А. С. Елагина, С. Ю. Гендель, В. И. Смирнов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11, № 10-2. С. 389-402.

9. Евстафьева, А. Х. Оценка развития агропромышленного комплекса России и меры стимулирования его инвестиционной активности / А. Х. Евстафьева, О. Н. Боровских // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 3(71). С. 143-153. DOI 10.12737/2073-0462-2023-143-153.

10. Светлов, Н. М. Методика отбора регионов для исследования адаптации сельского хозяйства к изменению климата / Н. М. Светлов // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 2. С. 480-493. DOI 10.17059/ekon.reg.2023-2-14.

11. Сурков, И. М. Развитие молочного скотоводства в малых формах хозяйствования Воронежской области / И. М. Сурков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 4 (67). С. 268-275. DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.4.268.

12. Сурпкелова, А. Экономика диверсификации сельскохозяйственного производства в аграрной политике: на примере рынка органической продукции / А. Сурпкелова // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2023. № 1. С. 256-273.

13. Трунов, М. С. Концептуальный подход к развитию адаптационного механизма сельскохозяйственных производителей / М. С. Трунов, А. В. Улезько // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 2(69). С. 71-80. DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_2_71.

14. Кислый О. А., Исаева М. А. Положение трудовых мигрантов в период пандемии в сельском хозяйстве России // Крестьяноведение. 2021. Т.6. - №4. С. 125-135.

15. Набиева, А. Р. Социально-экономическая значимость количественного и качественного развития сельских территорий / А. Р. Набиева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15, № 3(59). С. 126-132.

16. Набиева, А. Р. Хозяйства населения и крестьянские (фермерские) хозяйства в системе кооперации: преимущества и перспективы / А. Р. Набиева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 1(68). С. 116-126.

17. Михайлова, Л. В. Кластерный подход в развитии субъектов малого агробизнеса / Л. В. Михайлова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 1(69). С. 125-130. DOI 10.12737/2073-0462-2023-125-130.

18. Пыжикова, Н. И. Эффективность грантовой поддержки начинающим фермерам и семейным животноводческим фермам (на примере Красноярского края) / Н. И. Пыжикова, А. Н. Лазаревич // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 3(54). С. 167-172. DOI 10.12737/article_5db9944232ea92.64038789.

19. Чучкалов А. С., Мищук С. Н., Греля Н. К. Факторы трансформации пригородной сельской местности депрессивного региона (на примере Биробиджанского района Еврейской автономной области) // Крестьяноведение. 2021. Т.6. - №4. С. 136-163.

20. Шапсугова, М. Д. Крестьянское (фермерское) хозяйство как форма ведения индивидуальной предпринимательской деятельности в сфере сельского хозяйства / М. Д. Шапсугова // Аграрное и земельное право. 2019. № 5(173). С. 74-77.

21. Gallardo Vázquez, D. (2023). Attributes influencing responsible tourism consumer choices: Sustainable local food and drink, health-related services, and entertainment. Oeconomia Copernicana, 14(2), 645686. https://doi.org/10.24136/oc.2023.018

22. García-Agüero, A.-I., Teran-Yepez, E., Batlles-delaFuente, A., Belmonte-Ureña, L. J., & Camacho-Ferre, F. (2023). Intellectual and cognitive structures of the agricultural competitiveness research under climate change and structural transformation. Oeconomia Copernicana, 14(4), 11751209.

23. Strategic management of the agrarian sector of economy based on the analysis of value chains /

A. O. Hutorov, Y. O. Lupenko, O. A. Yermolenko, O. V. Dorokhov // Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2018. Vol. 11, No. 60. P. 101-114.

24. Rakhimova, E. A. Financial Planning as a Tool for Managing a Peasant (Farm) Economy Based on Digitalization / E. A. Rakhimova // , 0608 июня 2022 года. Vol. 331, 2023. P. 411-421.

25. Managing the socio-economic development of small forms of green tourism / S. V. Kalchenko, T. V. Popova, A. O. Hutorov [et al.] // Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2021. Vol. 14, No. 1(63). P. 141-152.

Сведения об авторах:

Кальченко Сергей Владимирович доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики, e-mail: swk14336@mail.ru

Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия .

DIRECTIONS OF ENSURING EFFICIENT ACTIVITIES OF FAMILY FORMS OF AGRICULTURAL PRODUCTION

S.V. Kalchenko

Abstract. In modern conditions, the issues of ensuring the effective functioning of small forms of economic activity are of great importance for the effective functioning of rural areas in social and economic and administrative aspects. In this regard, there is a need to substantiate effective models of economic activity for family forms of agricultural production. These issues are especially relevant for new regions of the Russian Federation. In the course of the study, it was established that peasant farms of Zaporozhye region, included in the cooperative, are differentiated by commodity. Representatives of the commodity group are the least numerous, but they use more than 50% of the total area of agricultural land. In order to improve the efficiency of using the resource potential, increase the number of commodity-type farms and improve the level of well-being of their members, it was proposed to optimize the structure of land use. The proposed land use structure is as follows: cherries - 48%, apricots - 15%, other fruits - 7%, potatoes - 21%, tomatoes - 5%, other crops - 4% of the total volume of agricultural land. Practical implementation of the proposed recommendations will reduce labor costs by 32.7%, but at the same time financial costs increase by 71.4%. Reducing the labor intensity of agricultural production increases the attractiveness of this model for family forms of farming. According to the research results, an increase in the conditional level of profitability by 269 points, as well as the level of family income by 16.2% is noted, which proves the social effect of the implementation of this project for residents of rural areas. A scientifically substantiated model of mutually beneficial cooperation of family forms of agricultural production is an incentive for their participation in the activities of cooperative integration entities.

Key words: family labor farming, agricultural production, social effect, sustainable development.

References

1. Makarov NP. Organizatsiya krestyanskogo khozyaystva. [Organization of the peasant economy]. Moscow: Ekonomicheskaya zhizn. 1927; 588 p.

2. Chayanov AV. Krestyanskoe khozyaystvo: izbrannye Trudy. [Peasant economy: selected works]. Moscow: Ekonomika. 1989; 492 p.

3. Chelintsev AN. Teoreticheskie osnovaniya organizatsii krestyanskogo khozyaistva. [Theoretical foundations of the organization of the peasant economy]. Kharkov. 1919; 178 p.

4. Adukova AN, Kazora MYu. [The contribution of peasant (farmer) households to ensuring food security of Russia]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2023; 11. 75-80 p. DOI 10.31442/0235-2494-2023-0-11-75-80 p.

5. Volchenkova AS. [Regional aspects of the development of peasant (farm) households in the context of state support for agriculture]. Vestnik selskogo razvitiya i sotsialnoy politiki. 2021; 1(29). 12-14 p.

6. Gabdrakhmanova GF, Sagdieva EA. [Features of the development of economic entities of the agricultural sector of Penza region and the Republic of Tatarstan]. Region: Ekonomika i sotsiologiya. 2020; 4(108). 175-201 p. DOI 10.15372/REG20200408.

7. Elagina AS, Kudusova MI. [Cultural significance of rural ecotourism]. Kultura i tsivilizatsiya. 2022; Vol.12. 1-2. 407-412 p.

8. Elagina AS, Gendel SYu, Smirnov VI. [Agricultural services to peasant farms: opportunities and prospects (part 1)]. Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. 2021; Vol.11. 10-2. 389-402 p.

9. Evstafeva AKh, Borovskikh ON. [Assessment of the development of the agro-industrial complex of Russia and measures to stimulate its investment activity]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 3(71). 143-153 p. DOI 10.12737/2073-0462-2023-143-153.

10. Svetlov NM. [Methodology for selecting regions for studying the adaptation of agriculture to climate change]. Ekonomika regiona. 2023; Vol.19. 2. 480-493 p. DOI 10.17059/ekon.reg.2023-2-14.

11. Surkov IM. [Development of dairy cattle breeding in small farms of Voronezh region]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol.13. 4(67). 268-275 p. DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.4.268.

12. Surpkelova A. [Economics of diversification of agricultural production in agricultural policy: on the example of the organic products market]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika. 2023; 1. 256-273 p.

13. Trunov MS, Ulezko AV. [Conceptual approach to the development of the adaptation mechanism of agricultural producers]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.14. 2(69). 71-80 p. DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_2_71.

14. Kislyi OA, Isaeva MA. [The situation of labor migrants during the pandemic in agriculture in Russia]. Krestyanovedenie. 2021; Vol.6. 4. 125-135 p.

15. Nabieva AR. [Social and economic significance of quantitative and qualitative development of rural areas]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol.15. 3(59). 126-132 p.

16. Nabieva AR. [Households and peasant (farm) households in the cooperative system: advantages and prospects]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.14. 1(68). 116-126 p.

17. Mikhaylova LV. [Cluster approach in the development of small agribusiness entities]. Vestnik Kazanskogo

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 1(69). 125-130 p. DOI 10.12737/2073-0462-2023-125-130.

18. Pyzhikova NI, Lazarevich AN. [Efficiency of grant support for beginning farmers and family livestock farms (on the example of Krasnoyarsk Territory)]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3(54). 167-172 p. DOI 10.12737/article_5db9944232ea92.64038789.

19. Chuchkalov AS, Mishchuk SN, Grelya NK. [Factors of transformation of suburban rural areas of a depressed region (on the example of Birobidzhan district of Jewish Autonomous Region)]. Krestyanovedenie. 2021; Vol.6. 4. 136-163 p.

20. Shapsugova MD. [Peasant (farm) household as a form of individual entrepreneurship in agriculture]. Agrarnoe i zemelnoe pravo. 2019; 5(173). 74-77 p.

21. Gallardo Vazquez D. Attributes influencing responsible tourism consumer choices: Sustainable local food and drink, health-related services, and entertainment. Oeconomia Copernicana. 2023; 14(2). 645-686 p. https://doi.org/10.24136/oc.2023.018

22. García-Agüero AI, Teran-Yepez E, Batlles-delaFuente A, Belmonte-Ureña LJ, & Camacho-Ferre F. Intellectual and cognitive structures of the agricultural competitiveness research under climate change and structural transformation. Oeconomia Copernicana. 2023; 14(4). 1175-1209 p.

23. Hutorov AO, Lupenko YO, Ermolenko OA, Dorokhov OV. Strategic management of the agrarian sector of economy based on the analysis of value chains. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2018; Vol.11. 60. 101-114 p.

24. Rakhimova EA. Financial planning as a tool for managing a peasant (farm) economy based on digitalization. 06-08 iyunya 2022 goda. Vol.331. 2023; 411-421 p.

25. Kalchenko SV, Popova TV, Hutorov AO. Managing the socio-economic development of small forms of green tourism. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2021; Vol.14. 1(63). 141-152 p.

Author:

Kalchenko Sergey Vladimirovich - Doctor of Economic Sciences, Professor of Economics Department, e-mail: swk14336@mail.ru

State University Melitopol, Melitopol, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-120-127
УДК 332.14

ПОДХОДЫ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ И ТУРБУЛЕНТНОЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА)

А. М. Кумратова, В. А. Плотников, О. Г. Смешко

Реферат. В современной российской социально-экономической системе наблюдается объективный рост неопределенности и турбулентности, что требует адекватных управленческих реакций. В связи с санкционным давлением в сельском хозяйстве стратегия снижения рисков импортозависимости становится стимулирующим фактором развития. Усложнение среды хозяйствования требует обобщения подходов к осуществлению риск-менеджмента в условиях неопределенной и турбулентной внешней среды и разработки на этой основе схемы распределения риска между субъектами управления в системе риск-менеджмента. На повышение значений экономических показателей зернового производства влияют природно-климатические условия, именно они определяют качество зерновой продукции, затраты и комплекс применяемых агротехнологических мероприятий. Помимо наблюдаемой «стандартной» изменчивости природно-климатических условий, в исследовании выделены также риск-экстремальные события, которые требуют прогнозирования и учета при управлении зерновым производством. Также риски в рассмотренной сфере обуславливаются многообразием и взаимозависимостью таких факторов, как природно-климатические, почвенные, технологические, экономические, социальные, правовые и др. В своем взаимном переплетении эти факторы определяют ежегодные колебания экономических показателей (урожайность, валовой сбор, посевная площадь) в производстве зерновой продукции в России.Процедуры риск-менеджмента в сфере зернового производства предложено осуществлять по иерархическому принципу с выделением, по крайней мере, двух уровней: координирующий уровень – исполнительный уровень. Исходя из этой идеи, разработана отраслевая структурно-функциональная модель управления рисками на различных уровнях принятия решений. Эта модель обладает свойством дуализма: некоторые уровни являются одновременно и координирующими, предлагающими стратегические решения нижестоящим уровням, и исполнительными – для вышестоящих структур. Имплементация разработанной модели в практику управления рисками зернового производства позволит повысить его устойчивость и прогнозируемость.

Ключевые слова: управление сложным процессом, система менеджмента, риск-менеджмент, сельское хозяйство, зерновое производство, агроэкономическая система, природно-климатический риск, неопределенность и турбулентность среды хозяйствования.

Введение. В современных условиях проблемы менеджмента организаций существенно обострились, что обусловлено возросшей турбулентностью деловой среды, импульсами для которой выступили сначала пандемия Covid-19 [1, 2, 3], а затем беспрецедентные антироссийские санкции [4, 5, 6]. При этом, следует отметить, что в различных секторах экономики проявления турбулентности различаются, они по-разному воздействуют на отраслевые организации, что определяется отраслевой спецификой [7].

В частности, наиболее существенно эти проявления прослеживаются в сельском хозяйстве, что обусловлено объективным обстоятельством – более высокой рискованностью хозяйственной деятельности в этом секторе экономики, что определяется высокой зависимостью организации и результатов хозяйственной деятельности в сельском хозяйстве от природно-климатических условий [8, 9].

Заметим, что согласно сельскохозяйственному энциклопедическому словарю, под управлением сельскохозяйственным производством понимается организация производственно-финансовой деятельности сельскохозяйственных предприятий [10], её координация в процессе производства сельскохозяйственной продукции с целью наиболее эффективного использования производственного потенциала [11].

Управление сельскохозяйственным производством включает организацию производства и процесс управления отраслью в различных масштабах [12], в связи, с чем оно строится на различных уровнях: хозяйствующего субъекта, муниципального района, регионов и макрорегионов страны. Указанная многоуровневость управления также усложняет его эффективное осуществление в условиях отмеченной выше турбулентности, т.к. последняя на различных уровнях управления проявляется специфичным образом.

В этой связи, по мнению авторов, стоит подробнее остановиться на теоретических аспектах управления сложными хозяйственными процессами, в частности – в сфере сельскохозяйственного производства. Рассмотрим имеющуюся в этой предметной области теории отраслевого менеджмента теоретическую базу.

Особое внимание, по нашему мнению, заслуживает работа В. А. Радченко [13], в которой указано, что «любые реформы, в том числе и земельные, не только не лишают работы специалистов в аппаратах управления сельскохозяйственным производством, но, наоборот, открывает ее новые перспективы». Также, здесь приводится пример: в период процветания Госагропрома численность центрального

аппарата равнялась порядка 7 тыс. сотрудников (консультанты в различных сферах сельскохозяйственного производства; отделы мониторинга и учета показателей окружающей среды территорий, производящих сельхозпродукцию; эксперты по сдерживанию / поддержанию объемов перепроизводства / воспроизводства и т.д.) Количество сотрудников аппарата управления при этом, например в США, достигало до 12 тыс. чел.

Можно отметить, что в настоящее время, все перечисленные функциональные обязанности консультантов-экспертов ложатся на плечи управленца-сельскохозяйственника. По мнению В. А. Радченко [там же], успех эффективного управления сельскохозяйственным производством гарантирован лишь при наличии управляемых предприятий. Именно в такие сельхозпредприятия имеет смысл инвестировать и оказывать им помощь, в том числе за счет ресурсов государственной поддержки. То есть, качество менеджмента в аграрной сфере сегодня выступает не только фактором конкурентоспособности, но и выживаемости отраслевых организаций [14, 15].

Научно-практический интерес вызывает также подход коллектива авторов [16], которые обосновали комплекс рекомендаций по управлению агропромышленным производством на основе регулирования объемов инвестиций и рационального использования имеющихся ресурсов. Авторами изложены методические основы государственного инвестиционного управления сельскохозяйственным производством на региональном уровне. Представленный многофакторный подход к управлению сельскохозяйственным производством основан на экономических решениях, принимаемых в условиях неопределенности и риска.

Цель исследования состоит в обобщении подходов к осуществлению риск-менеджмента в условиях неопределенной и турбулентной внешней среды и разработке на этой основе схемы распределения риска между субъектами управления в системе риск-менеджмента, адаптированной к специфике зернового производства.

Условия, материалы и методы. В этой связи стоит подробнее остановиться на существующих подходах к менеджменту, в частности – в сельскохозяйственном производстве, в котором в той или иной степени выделяют роль риска в принимаемых решениях. Сама многокритериальная природа риска в сложившихся условиях неопределенности и высокой турбулентности для современной России усложняется влиянием внешних и внутренних факторов (политических, экономических, погодных и пр.) [17].

Заметим, что весьма сложно выделить чисто экономические проблемы управления сельскохозяйственного производства [18]. Различные аспекты этой проблематики тесно переплетены, что требует комплексных управленческих решений. Например, собственно экономические проблемы (риски) управления сельскохозяйственным производством в современных российских условиях тесно переплетены с меняющимися политическими условиями и необоснованными ограничениями ЕС, США и других стран на импортные и экспортные операции с Россией [19, 20, 21].

Так, согласно регламенту Совета (ЕС) № 833/2014 от 31 июля 2014 года об ограничительных мерах в связи с действиями России, дестабилизирующими ситуацию в Украине (с учетом 7 пакета санкций) наложен необоснованный запрет на продажу, поставку, передачу или экспорт товаров, или технологий, в частности, на сельскохозяйственные, садовые или лесохозяйственные машины, аппараты и орудия для подготовки или обработки почвы, или для культивации. Естественно, что в таких условиях отраслевые организации нуждаются в государственной поддержке [22, 23, 24].

Согласно Единой сельскохозяйственной политике Европейского союза, снижение риска при управлении агропромышленным производством происходит за счет проведения реформ (земельные, субсидирования), варьирования налогов и пр. Анализ зарубежного опыта в управлении сельскохозяйственным производством говорит о минимизации риска за счет получения достоверной информации при ведении хозяйства. Именно релевантная и актуальная информация, по нашему мнению, является основой для построения эффективной системы рыночных отношений и формирования эффективных систем менеджмента хозяйствующих субъектов, успешно противостоящим рискам [25].

Характеризуя существующие подходы к оптимизации систем менеджмента в сельскохозяйственном производстве в работах отечественных ученых, можно отметить, что помимо традиционных факторов, влияющих на эффективность управления, в рассмотрение вводится широкий спектр отраслевых специфичных подходов, учитывающих множество факторов: мониторинг на основе использования спутниковых систем [26], построение глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана для выявления цикличности между метеофакторами и биологическими циклами сельскохозяйственных культур [27], применение инструментов осуществления технологической модернизации в агросекторе [28], формирование интегрированных структур на основе кластеризации и вертикальной интеграции [29] и др.

При проведении исследования в качестве его методологической основы выступал системный подход, также использованы общенаучные методы исследования, такие как ретроспективный, сравнительный и институциональный анализ, контент-анализ релевантных литературных источников, сценарный и ситуационный подходы и др., кроме того, применялись специфические методы исследования, учитывающие отраслевые и функциональные особенности риск-менеджмента в сфере зернового производства: структурное

моделирование, построение профилей рисков и их факторный анализ, инструменты процессного подхода менеджмента и организационного проектирования и др.

Исследование проведено на примере развития зернового производства, которое обладает некоторой спецификой с позиций управления и, в частности, риск-менеджмента.

Результаты и обсуждение. Задачи риск-менеджмента в сельскохозяйственном производстве отличаются большим разнообразием. Это определяется спецификой различных подотраслей сельского хозяйства. Для придания конкретного характера дальнейшему анализу рассмотрим ситуацию в зерновом производстве.

В работе Е. Н. Храбскова [30] приведена методика построения комплексной системы управления зерновым производством в условиях риска, которая состоит из следующих этапов: андеррайтинг, при котором рассматривают различные предварительные варианты решений; риск-менеджмент для снижения производственного риска (ущерб/недополученная прибыль); риск-контроллинг, в котором представлен сценарный подход и происходит назначение ответственных должностных лиц.

В монографии А. П. Задкова «Факторы риска в сельском хозяйстве» [25] предложен подход к учету рисков в разрезе диады: управленческая и предпринимательская деятельность, при этом указано, что понятие управленческого риска шире, чем предпринимательского, т.е. управленческие риски могут включать в себя риски предпринимательские. Резкое увеличение величины рисков наблюдается в период постсоветского периода развития, когда ответственным за вопросы реализации зерновой продукции, изменение структуры производства, сохранение капитала, увеличение прибыли в меняющихся финансово-экономических условиях полностью является сам сельхозпроизводитель.

Существенную роль государство в последнее время играет в снижении уровня предпринимательского и управленческого риска за счет выделяемых субсидий и подстраховывающих (превентивных) мероприятий в случае наступлений риск-экстремальных событий в производстве зерна. Величина управленческого риска зависит от широкого спектра факторов: от сложившихся внешних политических условий, инфляции, изменения производственно-технологических процессов и пр.

Само понятие «управление зерновым производством» предполагает достижение целей, разных по своей природе. Исходя из уровня управления (либо на уровне отдельной организации или их объединения, либо в разрезе зернопроизводящей территории: муниципальный район, макрорегион, страна) многокритериальность природы риска только возрастает. В сложившихся условиях для современной России менеджмент в зерновой отрасли характеризуется следующими особенностями:

1) цели повышения экономической эффективности зернового комплекса (в том числе и получение стабильно высоких урожаев) указаны в долгосрочной федеральной стратегии [31], поэтому являются обязательными к учету не только для органов публичного управления, но и для менеджмента отраслевых организаций;

2) имеется необходимость создания специализированных отраслевых data-центров, как источника информации на базе точных прогнозов для всех видов зерновых культур и погодных риск-факторов в период сева; использование в менеджменте отраслевых организаций этой релевантной и достоверной информации позволит повысить эффективность управления;

3) назрела необходимость смены парадигмы управления. Стратегическое управление зерновым производством по сравнению с ситуационным в современных условиях, когда среда хозяйствования обладает высоким уровнем неустойчивости, является более предпочтительным. Стратегический подход предполагает более тщательную подготовку к различным сценариям и появлениям риск-экстремальных значений факторов внешней среды [32];

4) в то же время, следует ориентироваться на повышение гибкости и адаптивности управления [33]. Получение базы альтернатив поведения производственной системы на базе применения адаптивных методов и многокритериальной оптимизации для принятия решений в условиях неопределенности позволит повысить эффективность систем как общего, так и риск-менеджмента.

В эффективном риск-менеджменте важную роль играет информация в разрезе сильных и слабых сигналов. При сильном сигнале подразумевается такое управление, при котором на базе достоверной информации менеджер может принимать незамедлительные, конкретные, точные действия по устранению проблемных ситуаций. Если информация предоставлена в виде слабых сигналов, например, с некоторой долей вероятности наступления неблагоприятного исхода (значений внешних факторов), то управление в таком случае предполагает возможность варьирования действий, вплоть до кардинального изменения изначально намеченной программы действий.

В настоящее время предпринимательство в сфере зернового производства претерпевает так называемую «эпоху перемен» («время вызовов», эпоха «джокеров» и событий с низкой вероятностью, но масштабными эффектами). Игнорирование слабых сигналов чревато тяжелыми последствиями и возможной ограниченностью ресурсов времени для их своевременного устранения. В условиях многокритериальной природы риска наиболее эффективным является применение стратегического подхода к управлению.

Управление рисками требует выстраивания достаточно сложной самостоятельной системы риск-менеджмента, выступающей в качестве подсистемы менеджмента организаций [34].

В частности, процедуры риск-менеджмента должны осуществляться по иерархическому принципу с выделением, по крайней мере, двух уровней: координирующий уровень – исполнительный уровень. Исходя из этой идеи, нами разработана модель управления рисками на различных уровнях принятия решений (рис. 1). Отметим, что эта модель обладает свойством дуализма: некоторые уровни являются одновременно и координирующими, предлагающими стратегические решения нижестоящим уровням, и исполнительными – для вышестоящих структур.

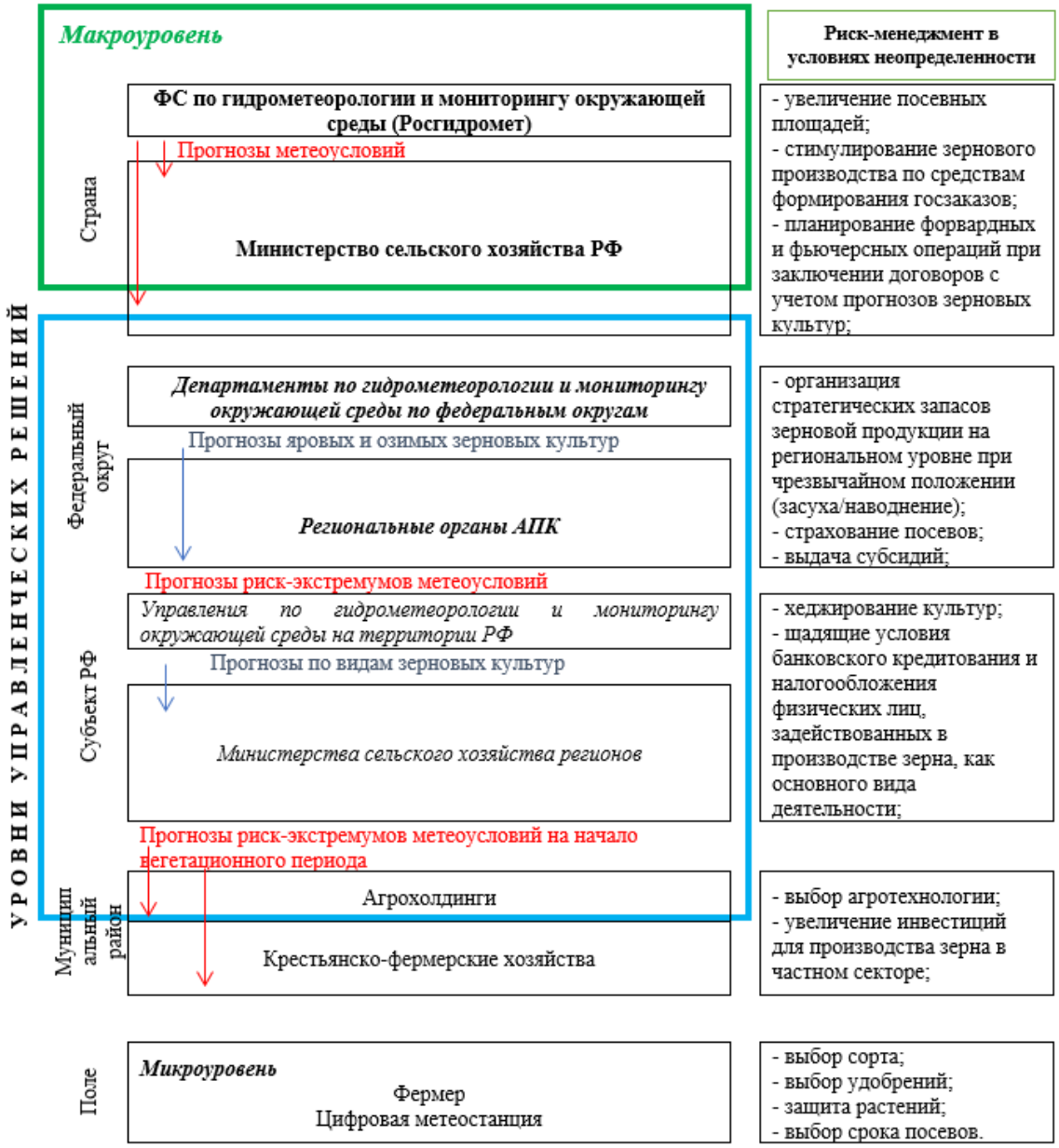


Рис. 1 – Схема распределения риска между субъектами управления в системе риск-менеджмента в зерновом производстве (разработано А. М. Кумратовой)

Риск принимаемых решений на различных уровнях пирамиды управления полагается на точность прогнозов показателей экономической эффективности зернового производства и природно-климатических факторов, влияющих на них. Сложность принятия решения на различных уровнях деятельности зернопроизводящих территорий обусловлена множеством случайных факторов: природно-климатических, биологических, экономических и т.п. и увеличивается по степени восхождения от микро-, мезо- до макроуровня. Потенциал экономической эффективности зернового производства на различных уровнях возрастает от степени снижения риска принимаемых решений на нижних уровнях. Своевременная оценка и управление рисками является основной задачей риск-менеджмента, основывающаяся на построении качественных прогнозных моделях показателей экономической эффективности зернового производства.

На основе иерархического характера принципа эффективного управления зерновым производством страны можно отметить, что сквозной характер риск-менеджмента отдельных субъектов зависит как от макроуровня, так и от управленческих решений микроуровня (рисунок 1). Например, величина финансовых средств по страхованию посевов зависит как от субсидий, выделяемых на государственном уровне [35, 36], так и от принятия решения фермером на основе прогнозов множественности факторов, влияющих на развитие зернового производства.

Отличительной особенностью современного состояния отечественной зерновой отрасли является наличие частота риск-экстремальных значений природно-климатических факторов, влияющих на экономические показатели хозяйственной деятельности. Причем риск-экстремумы различны для каждого отдельного макрорегиона страны, например засухи – в Волгоградской области, ранние весенние заморозки – в Ставропольском крае и т. д. В таком случае, основой механизма управления зерновым производством (рисунок 1) является то, что влияние климата становится обязательным и значимым элементом системы риск-менеджмента.

В разрезе схемы управления зерновым производством можно говорить о принятии решений на микро-, мезо- (ситуационный) и макроуровнях (стратегический). Процесс принятия решений в управлении зерновым производством зависит от множества риск-факторов, которые, в свою очередь, являются производными многокритериальной природы.

Выводы. Рассматривая экономический риск в зерновом производстве, отметим, что вероятность убытков, связанных с возможными изменениями внешних экономических условий, таких как изменения цен на зерно, изменения курса валют, изменения налоговых ставок, изменения политической конъюнктуры и т.д., довольно высока, что требует адекватного учета в системе менеджмента.

Экономический риск возникает из-за неопределенности экономической среды, в которой функционирует организация, в частности – зерновой производитель. Чтобы управлять риском, следует понимать его экономическую сущность и применять соответствующие методы управления риском. Одним из таких методов является использование финансовых инструментов, таких как фьючерсы на зерно, опционы на зерно и т. д. Эти инструменты позволяют при управлении рисками защитить доходы организации от неблагоприятных изменений экономической среды.

Таким образом, вопросы управления экономическим риском в зерновом производстве и принятия соответствующих управленческих решений, базирующихся на инструментарии риск-менеджмента, являются приоритетными, а разработка и использование соответствующих методов и инструментов оценки рисков, несмотря на множество имеющихся разработок, остаются актуальными.

Должностному лицу, принимающему решение, работающему в условиях неопределенности и перманентно меняющейся действительности, необходимо понимать, как саму сущность риска, так и его многокритериальную природу, уметь его оценивать и вырабатывать траекторию управленческих действий. Подходы к решению этих задач изложены в авторской статье; направлением дальнейших исследований нам видится алгоритмизация инструментария как общего, так и риск-менеджмента с тем, чтобы интегрировать соответствующие подходы в системы цифрового управления в рассмотренной отрасли.

Сведения об источнике финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-10076, https://rscf.ru/project/23-28-10076/; гранта Санкт-Петербургского научного фонда.

Литература

1. Плотников А. В. Направления нейтрализации негативного влияния неэкономических шоков на реальный сектор экономики России / А. В. Плотников А. В. Харламов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2023. № 1 (139). С. 50-58.

2. Юсуфова А. М. Шоки внешней среды и жизнеспособность организаций / А. М. Юсуфова // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2020. № 3 (45). С. 23-26.

3. Padhan R. The economics of COVID-19 pandemic: a survey / R. Padhan, K. P. Prabheesh // Economic Analysis and Policy. 2021. Vol. 70. P. 220-237.

4. Вертакова Ю. В. Региональная дифференциация развития промышленности в современной России / Ю. В. Вертакова Р. Х. Ильясов В. А. Плотников // Проблемы экономики и юридической практики. 2023. Том 19, № 3. С. 179-184.

5. Плотников В. А. Перспективы экономического развития в условиях постнормальности / В. А. Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2022. № 6 (138). С. 15-21.

6. Шинкевич А. И. Трансформация подходов к эффективности промышленных систем в эпоху технологического суверенитета / А. И. Шинкевич Ф. Ф. Галимулина. Курск: Университетская книга, 2023. 104 с.

7. Фёдорова Е. А. Влияние политики импортозамещения на уровень промышленного производства в России: отраслевые особенности / Е. А. Фёдорова, Д. Д. Айрапетян, С. О. Мусиенко, Д. О. Афанасьев, Ф. Ю. Фёдоров // Проблемы прогнозирования. 2018. № 2 (167). С. 79-87.

8. Порфирьев Б. Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики / Б. Н. Порфирьев // Проблемы прогнозирования. 2019. № 2 (173). С. 3-13.

9. Якушев В. В. Методический подход к оценке рисков возможного недобора урожая при реализации

агротехнологий / В. В. Якушев В. В. Воропаев В. С. Ломакин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Том 17, № 2. С. 232-244.

10. Управление сельскохозяйственным производством // Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / гл. ред. В. К. Месяц. М.: Советская энциклопедия, 1989. 655 с.

11. Nabiyeva A.R. Digital Cooperation as a Promising Way to Improve the Financial Results of Enterprises / A. R. Nabiyeva, L. I. Kuzmina, E. M. Kryukova, V. S. Khetagurova, A. M. Kumratova // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 245. P. 157165.

12. Ушачев И. Г. Теоретико-методологические аспекты стратегического управления сельскохозяйственным производством: пределы рынка, частной собственности, крупного производства / И. Г. Ушачев, Н. И. Жуков // АПК: экономика, управление. 2020. № 7. С. 4-19.

13. Радченко В. А. Управление сельскохозяйственным производством и земельная реформа / В. А. Радченко // Никоновские чтения. 1996. № 1. С. 127131.

14. Исаева О. В. Изучение и оценка действующей системы управления развитием аграрной структуры России / О. В. Исаева // АПК: экономика, управление. 2024. № 8. С. 43-53.

15. Курдюмов А. В. В поиске повышения экономической эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций / А. В. Курдюмов // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 6. С. 43-48.

16. Лойко В. И. Инвестиционно-ресурсное управление сельскохозяйственным производством / В. И. Лойко, Т. П. Барановская, Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2012. № 83. С. 563595.

17. Файзрахманов Д. И. Инвестиционные риски в сельском хозяйстве и интеграция механизма их управления в общую систему менеджмента предприятия / Д. И. Файзрахманов, А. Д. Хайруллин, Л. Ф. Хазеев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 3 (54). С. 173-177.

18. Kumratova A. M. Weather risks in grain production / A. M. Kumratova, R. I. Chupin, V. V. Aleschenko, O. A. Aleschenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1076 (1). P. 012057.

19. Ограничения ЕС, США, Великобритании, Японии, Швейцарии, Канады и Австралии на импортные и экспортные операции с Россией. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.alta.ru/tnved/forbidden_codes. Дата обращения 05.09.2023.

20. Суханова И. Ф. Факторы риска процесса управления экспортным продовольственным потенциалом / И. Ф. Суханова, М. О. Санникова, Е. В. Шаронова // АПК: экономика, управление. 2022. № 9. С. 22-27.

21. Хафизов Д. Ф. Развитие материально-технической базы агропромышленного комплекса в условиях внешнеэкономических санкций / Д. Ф. Хафизов, А. Р. Валиев, Ф. Н. Мухаметгалиев, М. М. Хисматуллин А. И. Мингазов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 4 (72). С. 170-177.

22. Бариленко В. И. Анализ требований заинтересованных сторон при формировании грантовой поддержки агропромышленного комплекса / В. И. Бариленко В. В. Плотникова П. В. Струбалин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 4 (72). С. 102-109.

23. Вертакова Ю. В. Моделирование результатов государственной поддержки развития сельского хозяйства макрорегионов России / Ю. В. Вертакова, А. М. Кумратова, В. А. Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2023. № 5 (143). С. 7681.

24. Рыкова И. Н. Современное состояние промышленного производства яблок в условиях привлечения средств государственной поддержки / И. Н. Рыкова Р. С. Губанов А. А. Юрьева // АПК: экономика, управление. 2024. № 4. С. 83-91.

25. Задков А. П. Фактор риска в сельском хозяйстве / А. П. Задков. Новосибирск: СО РАСХН, 2008. 264 с.

26. Мынжасаров Р. И. Управление сельскохозяйственным производством посредством космических технологий / Р. И. Мынжасаров, Б. Н. Казиев // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 3-3. С. 98104.

27. Ганиева И. А. Циклические закономерности развития сельскохозяйственной экономики / И. А. Ганиева // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2010. № 6 (45). С. 4749.

28. Шарипов Ш. И. Структурная трансформация и технологическая модернизация агросектора России: вызовы и подходы к оптимизации / Ш. И. Шарипов, Б. Ибрагимова // АПК: экономика, управление. 2020. № 10. С. 32-40.

29. Брызгалина М. А. Модель оптимизации поставок сырья в вертикальных партнерских цепочках кластера масложирового подкомплекса в регионе / М. А. Брызгалина, А. А. Лексина, М. А. Волохова // АПК: экономика, управление. 2024. № 6. С. 49-61.

30. Храбсков Е. Н. Комплексная система управления зерновым производством с учетом рисков / Е. Н. Храбсков // Техника и оборудование для села. 2011. № 9. С. 2730.

31. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации на 2016-2025 годы и на перспективу до 2030 года. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://mcx.ru/upload/iblock/959/959648abb188a76c11095d869e8bde94.pdf. Дата обращения 05.05.2024.

32. Гусева Н. И. Стратегические способности как драйвер конкурентоспособности российских и международных компаний / Н. И. Гусева О. Ю. Трубникова // Проблемы управления. 2023. № 5. С. 50-67.

33. Вега А. Ю. Комплексное оценивание влияния изменения климата и механизм финансирования адаптационных мероприятий для инфраструктурных объектов / А. Ю. Вега, А. К. Еналеев // Проблемы управления. 2024. № 2. С. 42-59.

34. Быков А. А. Риски на зерновом рынке Сибирского федерального округа: причины возникновения, инструменты и методы управления / А. А. Быков, Р. И. Чупин, Я. Ю. Зяблицева, А. Ф. Софронов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2021. Том 9, № 2 (53). С. 92102.

35. Кумратова А. М. Влияние климата на зерновое производство России: региональная специфика / А. М. Кумратова В. В. Алещенко // Экономика и предпринимательство. 2021. № 9 (134). С. 429434.

36. Новиков Ю. И. Страхование производственных рисков хозяйствующих субъектов как фактор разви-

тия сельских территорий / Ю. И. Новиков, О. В. Шумакова, О. А. Блинов, Б. С. Кошелев // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 11-1. С. 133139.

Сведения об авторах:
Кумратова Альфира Менлигуловна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем, e-mail: alfa05@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия
Плотников Владимир Александрович – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: plotnikov_2000@mail.ru
Смешко Олег Григорьевич – доктор экономических наук, доцент, ректор, e-mail: rector@spbume.ru
Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, г. Санкт-Петербург, Россия

APPROACHES TO IMPLEMENTING RISK MANAGEMENT IN AN UNCERTAIN AND TURBULENT ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF GRAIN PRODUCTION)

A. M. Kumratova, V. A. Plotnikov, O. G. Smeshko

Abstract. In the modern Russian socio-economic system, there is an objective increase in uncertainty and turbulence, which requires adequate management responses. In connection with the sanctions pressure, in agriculture the strategy of reducing the risks of import dependence is becoming a stimulating factor for development. The study was conducted on the example of grain production development, which has some specifics from the standpoint of management and, in particular, risk management. The purpose of the study is to generalize approaches to risk management in an uncertain and turbulent external environment and to develop on this basis a risk distribution scheme between management entities in the risk management system adapted to the specifics of grain production. It is shown that the increase in the values of economic indicators of grain production is influenced by natural and climatic conditions, they determine the quality of grain products, costs and the complex of applied agrotechnological measures. In addition to the observed "standard" variability of natural and climatic conditions, the study also identifies extreme risk events that require forecasting and consideration when managing grain production. Also, risks in the considered sphere are caused by diversity and interdependence of such factors as natural and climatic, soil, technological, economic, social, legal, etc. In their mutual interweaving, these factors determine annual fluctuations of economic indicators (yield, gross harvest, sown area) in grain production in Russia. As a result of the study, it was established that risk management procedures in the sphere of grain production should be carried out according to the hierarchical principle with the allocation of at least two levels: the coordinating level - the executive level. Based on this idea, an industry structural and functional model of risk management at various levels of decision-making has been developed. This model has the property of dualism: some levels are simultaneously coordinating, offering strategic solutions to lower levels, and executive - for higher structures. Implementation of the developed model in the practice of risk management in grain production will increase its sustainability and predictability.

Key words: complex process management, management system, risk management, agriculture, grain production, agro-economic system, natural and climatic risk, uncertainty and turbulence of the business environment.

References

1. Plotnikov AV, Kharlamov AV. [Directions for neutralizing the negative impact of non-economic shocks on the real sector of the Russian Economy]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2023; 1 (139). 50-58 p.
2. Yusufova AM. [Shocks of the external environment and the viability of organizations]. Teoriya i praktika servisa: ekonomika, sotsialnaya sfera, tekhnologii. 2020; 3 (45). 23-26 p.
3. Padhan R, Prabheesh KP. The economics of COVID-19 pandemic: a survey. Economic Analysis and Policy. 2021; Vol.70. 220-237 p.
4. Vertakova YuV, Ilyasov RKh, Plotnikov VA. Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki. [Regional differentiation of industrial development in modern Russia]. 2023; Vol.19. 3. 179-184 p.
5. Plotnikov VA. [Prospects for economic development in the context of postnormality]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2022; 6 (138). 15-21 p.
6. Shinkevich AI, Galimulina FF. Transformatsiya podkhodov k effektivnosti promyshlennykh sistem v epokhu tekhnologicheskogo suvereniteta. [Transformation of approaches to the efficiency of industrial systems in the era of technological sovereignty]. Kursk: Universitetskaya kniga. 2023; 104 p.
7. Fedorova EA, Airapetyan DD, Musienko SO, Afanasev DO, Fedorov FYu. [The impact of import substitution policy on the level of industrial production in Russia: Industry Specifics]. Problemy prognozirovaniya. 2018; 2 (167). 79-87 p.
8. Porfirev BN. [Low-carbon development paradigm and strategy for reducing climate change risks for the economy]. Problemy prognozirovaniya. 2019; 2 (173). 3-13 p.
9. Yakushev VV, Voropaev VV, Lomakin VS. [Methodological approach to assessing the risks of possible crop shortfalls when implementing agricultural technologies]. Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2022; Vol.17. 2. 232-244 p.
10. Mesyats VK. Selskokhozyaystvennuy entsiklopedicheskiy slovar. [Agricultural production management]. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya. 1989; 655 p.
11. Nabieva AR, Kuzmina LI, Kryukova EM, Khetagurova VS, Kumratova AM. Digital cooperation as a promising way to improve the financial results of enterprises. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022; Vol.245. 157-165 p.
12. Ushachev IG, Zhukov NI. [Theoretical and methodological aspects of strategic management of agricultural production: the limits of the market, private property, large-scale production]. APK: ekonomika, upravlenie. 2020; 7. 4-19 p.
13. Radchenko VA. [Agricultural production management and land reform]. Nikonovskie chteniya. 1996; 1. 127-131 p.
14. Isaeva OV. [Study and assessment of the current management system for the development of the agrarian structure of Russia]. APK: ekonomika, upravlenie. 2024; 8. 43-53 p.

15. Kurdyumov AV. [In search of increasing the economic efficiency of agricultural organizations]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2024; 6. 43-48 p.
16. Loyko VI, Baranovskaya TP, Lutsenko EV. [Investment and resource management of agricultural production]. Politematicheskiy setevoy elektronnuy nauchnuy zhurnal KubGAU. 2012; 83. 563-595 p.
17. Fayzrakhmanov DI, Khayrullin AD, Khazeev LF. [Investment risks in agriculture and integration of their management mechanism into the general management system of the enterprise]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3 (54). 173-177 p.
18. Kumratova AM, Chupin RI, Aleschenko VV, Aleschenko OA. Weather risks in grain production. IOP Conference Series: earth and environmental science. 2022; Vol.1076 (1). 012057.
19. Restrictions of the EU, USA, UK, Japan, Switzerland, Canada and Australia on import and export operations with Russia. [Internet]. [cited 2023, September 05]. Available from: https://www.alta.ru/tnved/forbidden_codes.
20. Sukhanova IF, Sannikova MO, Sharonova EV. [Risk factors of the process of managing export food potential]. APK: ekonomika, upravlenie. 2022; 9. 22-27 p.
21. Khafizov DF, Valiev AR, Mukhametgaliev FN, Khismatullin MM, Mingazov AI. [Development of the material and technical base of the agro-industrial complex in the context of foreign economic sanctions]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 4 (72). 170-177 p.
22. Barilenko VI, Plotnikova VV, Strubalin PV. [Analysis of stakeholder requirements in the formation of grant support for the agro-industrial complex]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 4 (72). 102-109 p.
23. Vertakova YuV, Kumratova AM, Plotnikov VA. [Modeling the results of state support for the development of agriculture in Russian macroregions]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2023; 5 (143). 76-81 p.
24. Rykova IN, Gubanov RS, Yureva AA. [Current state of industrial production of apples in the context of attracting state support funds]. APK: ekonomika, upravlenie. 2024; 4. 83-91 p.
25. Zadkov AP. [Risk factor in agriculture]. Novosibirsk: SO RASKhN. 2008; 264 p.
26. Mynzhasarov RI, Kaziev BN. [Management of agricultural production through space technologies]. Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologiy. 2017; 3-3. 98-104 p.
27. Ganieva IA. [Cyclical patterns of development of agricultural economy]. Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatelnogo uchrezhdeniya vysshego professionalnogo obrazovaniya “Moskovskiy gosudarstvennuy agroinzhenernuy universitet imeni V.P.Goryachkina”. 2010; 6 (45). 47-49 p.
28. Sharipov ShI, Ibragimova B. [Structural transformation and technological modernization of the agricultural sector of Russia: challenges and approaches to optimization]. APK: ekonomika, upravlenie. 2020; 10. 32-40 p.
29. Bryzgalina MA, Leksina AA, Volokhova MA. [Model for optimizing raw material supplies in vertical partnership chains of the oil and fat subcomplex cluster in the region]. APK: ekonomika, upravlenie. 2024; 6. 49-61 p.
30. Khrabskov EN. [Integrated risk-based grain production management system]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2011; 9. 27-30 p.
31. Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation for 2016-2025 and for the period up to 2030. [Internet]. [cited 2024, May 05]. Available from: http://mcx.ru/upload/iblock/959/959648abb188a76c11095d869e8bde94.pdf.
32. Guseva NI, Trubnikova OYu. [Strategic capabilities as a driver of competitiveness of Russian and international companies]. Problemy upravleniya. 2023; 5. 50-67 p.
33. Vega AYu, Enaleev AK. [Comprehensive assessment of the impact of climate change and the mechanism for financing adaptation measures for infrastructure facilities]. Problemy upravleniya. 2024; 2. 42-59 p.
34. Bykov AA, Chupin RI, Zyablitseva YaYu, Sofronov AF. [Risks in the grain market of the Siberian Federal District: causes, tools and management methods]. 2021; Vol.9. 2 (53). 92-102 p.
35. Kumratova AM, Aleshchenko VV. [The impact of climate on grain production in Russia: regional specifics]. Ekonomika i predprinimatelstvo. 2021; 9 (134). 429-434 p.
36. Novikov YuI, Shumakova OV, Blinov OA, Koshelev BS. [Insurance of production risks of economic entities as a factor in the development of rural areas]. Vestnik Altaiskoy akademii ekonomiki i prava. 2019; 11-1. 133-139 p.

Authors:

Kumratova Alfira Menigulovna – Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems, e-mail: alfa05@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
Plotnikov Vladimir Aleksandrovich – Doctor of Economics, Professor, Chief Scientific Officer, e-mail: plotnikov_2000@mail.ru
Smeshko Oleg Grigorevich – Doctor of Economics, Associate Professor, rector, e-mail: rector@spbume.ru
St.Petersburg University of Management and Economics Technologies, St.Petersburg, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-128-136
УДК 311.13:338.43:664.1

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА В ПОСТСОВЕТСКИХ СТРАНАХ

А. В. Лосева, Г. С. Клычова, Э. Н. Фахретдинова

Реферат. Сахарная промышленность в ряде республик экс-членов СССР прекратила свое существование, а в некоторых в значительной степени сократила объемы производства сахара. Одна из причин проблем развития – высокий уровень конкуренции мировых лидеров отрасли. Анализ международной статистики с 1961 года показывает, что на Бразилию приходится около 20% мирового производства сахара, за ней следуют Индия, Европейский Союз, Китай и Таиланд. При этом, в период с 1961 по 1991 год СССР обеспечивал от 5,8 до 16,4% мирового объема. В настоящее время доля крупнейших производителей постсоветского пространства в мировом сахарном производстве – России и Беларуси – составляет менее 4%. Деградация сахарной промышленности стран экс-членов СССР вызвана, в первую очередь, снижением размеров площадей, занимаемых сахарной свеклой. Если в 1992 году совокупная площадь по странам составляла 3,1 млн га, то через 30 лет этот показатель снизился до 1,5 млн га (на 51%). Таким образом, в постсоветских странах во многом утрачена сырьевая база сахарной промышленности, переработчики вынуждены переходить на полное обеспечение импортным сырьем, либо вовсе сворачивать производство. Снижаются объемы производства сахара по Украине с 3647 тыс. тонн в 1992 года по 1416 тыс. тонн в 2021 году, а по России наблюдается поступательный рост(2538 тыс. тонн в 1992 году и 5902 тыс. тонн в 2021 году). Республика Беларусь к 2022 году увеличивает свою долю на постсоветском пространстве почти до 7%. Дальнейшему развитию могут способствовать снижение объемов производства сахара в странах Евросоюза, рост мирового спроса на сахар, а также рост интереса производителей биотоплива к сахарному тростнику, что высвобождает место на мировом рынке для производства, основанного на сахарной свекле.

Ключевые слова: сахар, сахарная промышленность, обрабатывающая промышленность, статистика, динамика, прогноз, постсоветские страны.

Введение. Переход России и остальных стран экс-членов СССР к рыночной экономике, осуществлявшийся в 1990-х годах, привел к значительной деградации промышленного производства, и, если предприятия добывающей промышленности и металлургии смогли достаточно быстро восстановить свои позиции, то легкая и пищевая промышленности до сих пор испытывают трудности. Причиной этого является значительная конкуренция со стороны иностранных товаропроизводителей (в основном из Юго-Восточной Азии), давление мировых цен. В результате внутренние производители не выдерживают борьбы и вынуждены сворачивать производство.

Тем не менее, несмотря на значительные трудности, российская сахарная промышленность остается одной из крупнейших на постсоветском пространстве и предоставляет внутренним потребителям доступный по цене и качественный продукт, при этом сохраняя высокий уровень экспорта сахара.

Учитывая вышесказанное можно утверждать, что сахарная промышленность была и остается одним из ведущих подвидов деятельности обрабатывающих производств, которая реализует задачу по производству товара первой необходимости, обеспечивает рабочие места и осуществляет поставки продукции на экспорт [1].

Обобщая вышесказанное, считаем, что оценка состояния, траектории движения, угроз и возможностей развития сахарной промышленности в целом и производства сахара, на постсоветском пространстве является актуальной задачей, которая будет решатся в ходе проводимого нами исследования. В связи с этим целью проводимого исследования является количественная оценка динамики производства сахара в постсоветских странах, выявление угроз и возможностей для развития сахарной промышленности в республиках экс-членах СССР.

Стоит отметить, что обращение к открытым источникам публикаций по рассматриваемой тематике, показало достаточно высокий интерес к производству сахара и сахарной промышленности, так в качестве авторов занимавшихся изучением тенденций и структур российского рынка сахара можно назвать: Азжеурова М. В. [2], Белова Т. Н. [3], Гелдарт С. [4], Отинова М. Е. [5], Степанова Я. Ю. [6], Smutka L. [7]. Авторы, рассматривающие закономерности развития сахарной индустрии на постсоветском пространстве это: Голубков М.А. [8], Гнилозуб В. П. [9], Довнар Л. И. [10], Карбекова А.Б. [11], Черкасова О.В. [12], Шилов А. И. [13]. Особенности непосредственного сахарного производства находились в поле зрения таких исследователей как: Касьянов А. А. [14], Колыбанов А. Г. [15], Kazaryan M. A. [16].

Особую актуальность в современных условиях приобретают вопросы внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве [17, 18, 19], технической модернизации технологических процессов [20, 21, 22], обеспечения продовольственной безопасности [23, 24, 25], повышения конкурентоспособности сельскохозяйственного производства [26, 27, 28].

Условия, материалы и методы. Объектом исследования являются объемы производства сахарной промышленности постсоветских стран. Границы объекта определяются

нами в соответствии с действующей отраслевой классификацией. Так как в 2005 году Росстат ввел в действие Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД). На момент 2023 года действует вторая редакция – ОКВЭД2, в соответствии с которой переработка сахара-сырца занимаются обрабатывающие производства (Раздел С), а именно код 10.81 - Производство сахара, в который входит еще три дочерних кода. Таким образом далее в работе под «сахарной промышленностью» будем понимать именно этот раздел согласно действующей классификации.

Предметом исследования является изменение состояния отрасли через призму динамики основных индикаторов, взятых за продолжительный период времени.

Совокупность рассматриваемых в исследовании стран, объединенных в группу «постсоветские страны», представляет собой 15 бывших республик, входивших до 1991 года в состав Советского Союза и продолжающих переход к рыночной экономике, при этом сохранивших (в основной своей массе) тесные политические, социальные и экономические взаимосвязи.

Поскольку в проводимом исследовании будут рассмотрены страны (республики) в длительном историческом разрезе, охватывающем как советский период, так современный этап, для обозначения республик вошедших в совокупность постсоветских стран, а также прочих государств, будем использовать общепринятые трехбуквенные международные обозначения (коды), предложенные Международной Организацией по Стандартизации (ISO).

Для оценки сложившихся закономерностей и тенденций производства сахара, а также состояния рынка сахара нами были использованы официальные статистические сведения из международных источников и национальных статистических служб, а именно: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, Федеральная служба государственной статистики РФ, Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Государственная статистическая служба Украины и прочие.

В ходе проводимого исследования, для выявления закономерностей и тенденций, нами были использованы общенаучные и статистические методы, такие как анализ, сравнение, исторический, а также математико-статистический методы, в частности дескриптивные статистики и корреляционно-регрессионный анализ. Также некоторые методологические подходы к анализу производства сахара и развития сахарной промышленности были взяты из ранее опубликованной нами работы посвященной хлебопекарной отрасли России [29], подходы к сопоставлению объектов в динамике, были заимствованы из публикации Толмачева М.Н. и Носова В.В. [30].

Результаты и обсуждение.

1. Мировые тенденции производства и потребления сахара Формирование сахарной промышленности как отрасли уходит своими корнями в XVI в., когда в Индии массово начали создаваться фабрики по переработки сахарного тростника. С течением времени данный вид промышленности распространился по всему миру, но до сох пор лидерами отрасли остаются страны в которых произрастает сахарный тростник. На сегодняшний день около 80% сахара производится именно их этого вида сырья, на переработку сахарной свеклы приходится всего 20%.

Самым значительным игроком на рынке является Бразилия, которая производит около 20% всего сахара в мире (рис. 1). К особенностям данной страны относится повышенный внутренний спрос на сахарный тростник, который является исходным сырьем для производства биотоплива [31, 32]. На втором месте находится Индия, также производящая чуть менее 20% сахара. Сочетание дешевой рабочей силы и значительного количества сахарного тростника привели к тому, что, начиная с 2010-х годов страна обеспечила мировой рынок относительно дешевой продукцией. Европейский Союз и Китай также являются значительными игроками на рассматриваемом рынке, производя около 8% и 5% от мирового выпуска соответственно. Особенностью первого является значительный удельный вес в производстве сахарной свеклы. Особенность рынка сахара Китая – разделение продукции на более качественную, предназначенную для внутреннего потребления, и менее качественную, дешевую – для экспорта в другие страны.

Что касается постсоветских стран, то в составе Советского Союза они производили, в совокупности, около от 16,4 % (в 1964 году) до 5,8 % (в 1991 году) мирового объема сахара. В настоящее время страны экс-члены СССР, в совокупности, вносят вклад в мировое производство сахара в размере не более 5,5 %. При том основными производителями остаются Российская Федерация, Украина и Республика Беларусь.

Соотношение объемов производства сахара-сырца стран - ведущих мировых производителей менялось согласно доступным на сегодняшний день данным международной статистики до 2021 год и оценочному значению за 2022 год (рис. 1).

Стоит отметить, что приведенная на рисунке 1 динамика указывает на наращивание удельного веса Бразилией, Индией, Китаем и значительное снижение доли по Евросоюзу. Что касается динамики абсолютных объемов мирового производства последних лет после 2020 года, то, безусловно, глобальные кризисы, так или иначе, оказали на нее влияние. Однако некоторый спад в 2019-2020 годах, связанный с COVID-19, сменяется ростом рынка с последующим нарастанием, как прогнозируют аналитики Продовольственной и Сельскохозяйственной организации объединенных Наций (Food and Agricultural

Organization of United Nations – FAO) [33]. Восстановление мирового производства сахара в 2021-2022 годах., как ожидалось, в значительной степени основано на восстановлении производства в Европейском Союзе и Таиланде в сочетании с благоприятными условиями и перспективами в Индии. По производству Китая и Бразилии, напротив, ожидается сокращение в постковидные годы. Тем не менее, дальнейший прогноз мирового производства сахара, представленный FAO до 2031 года, демонстрирует лидирующую роль стран Юго-Восточной Азии и Латинской Америки (Индия, Китай, Таиланд, Бразилия) в обеспечении дальнейшего роста мировых объемов [33]. Ожидаемый глобальный производственный рост стимулируется, в том числе, уровнем мирового потребления сахара, которое будет увеличиваться второй год подряд после спада, связанного с COVID-19, в 2019-2020 годах. Имеющееся на сегодняшний день оценочное значение мировой торговли сахаром на 2021-2022 год составляет около 60 миллионов тонн, что немного ниже объема в 2020-2021 годах. По мировому импорту сахара оценочные данные также демонстрируют некоторое снижение 2021-2022 годах. с последующей положительной динамикой. При этом, согласно официальным данным FAO, на момент 2020 года лидерами в импорте сахара были Индонезия (10,5% от мирового импорта сахара), Китай (9,3%) и США (6,5%).

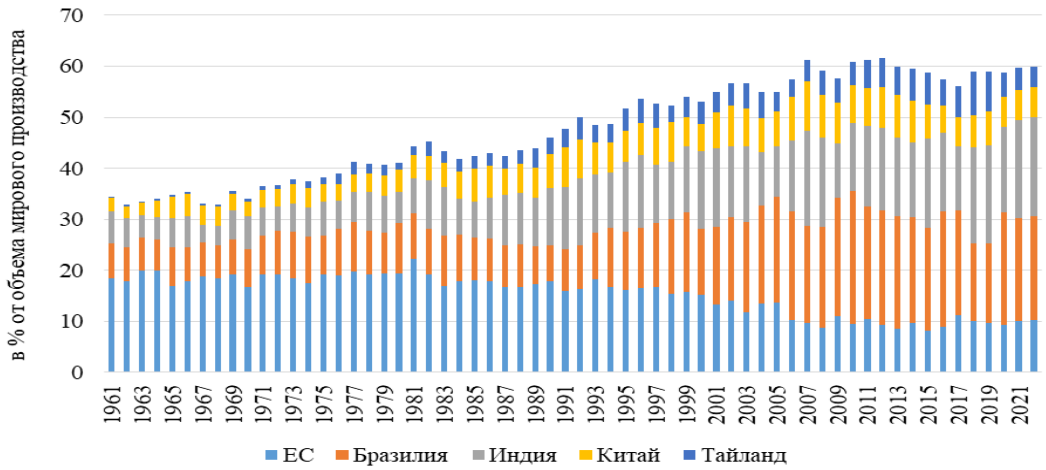


Рис. 1 – Доля основных производителей сахара в общемировом объеме, % от мирового производства в 1961 – 2022 годах

Источник: составлено авторами на основе данных FAO

2. Производство сахара в постсоветских странах: ретроспективный анализ. Оценку развития сахарной промышленности постсоветских стран необходимо начинать с одного из ключевых факторов роста (снижения) объемов производства сахара – это размер площади занимаемой сахарной свеклой (является основной возделываемой сахарной культурой в странах экс-членах СССР).

Согласно данным ежегодника «Народное хозяйство СССР», в 1961 году в стране сахарной свеклой было засеяно 3,1 млн га, в 1990 году этот показатель достиг 3,4 млн га, таким образом, среднее значение за рассматриваемой период составляло 3,3 млн га.

Стоит указать, что не все страны Союза занимались возделыванием рассматриваемой сельскохозяйственной культуры, а некоторые имели совсем незначительные площади возделывания. К примеру, в Таджикистане отсутствовали посевы свеклы, что связано с засушливым климатом данной республики.

После распада Советского Союза в сельском хозяйстве постсоветских стран начались реформы, приведшие к стагнации, что в свою очередь, спровоцировало значительное снижение площадей занимаемых сахарной свеклой. Так в 1992 году (первая реперная точка, доступная на сайте FAO) совокупная площадь составляла 3,1 млн га, а в 2019 году фиксируем гораздо меньшее значение в 1,5 млн га (снижение по сравнению с 1990 года составило 51,4%).

Ряд постсоветских стран значительно нарастил показатель, это Армения, Азербайджан, Белоруссия и Киргизия. Однако это не повлияло на рост объема на постсоветском пространстве в целом, так как некоторые республики отказались от возделывания рассматриваемой культуры (Эстония, Грузия, Латвия, Узбекистан).

Отказ от выращивания свеклы, или значительное сокращение площадей занятых данной культурой приводит к утрате сырьевой базы, деградации сахарной промышленности (или ее полному уничтожению), росту безработицы в секторе сельского хозяйства, а также, увеличению цен на сахар.

Таким образом, можно констатировать негативное влияние данного фактора на производство сахара, т.е. отсутствие внутреннего производства сахарной свеклы, вынуждает

переработчиков либо сворачивать производство, либо переходить на 100% обеспечение импортным сырьем.

Как отмечет в своих исследованиях Колыбанов А.Г. [15], в Советском Союзе сахарная промышленность была технологически развита и выдавала значительное количество сахара (в среднем за период 1960-1990 годах в год выпускалось около 8 млн тонн сахара). При этом 3 месяца в календарном году предприятия были загружены переработкой внутреннего сырья, а остальное время работали на импортируемом с Кубы сахаре-сырце.

Динамика вклада постсоветских стран в объемы сахарной промышленности также претерпевала изменения (табл. 1).

Таблица 1 – Удельный вес постсоветских стран в производстве сахара-сырца, в % от общего итога

Год	Армения	Азербайджан	Белоруссия	Грузия	Казахстан	Кыргызстан	Кыргызстан	Латвия	Литва	Молдавия	Россия	Украина	Узбекистан
1960	0,29	0,00	0,51	0,82	1,93	2,07	2,36	2,70	2,84	25,55	0,00	60,93	0,00
1970	0,17	0	1,95	0,43	1,89	2,13	2,35	1,59	3,84	31,37	0	54,27	0
1980	0,28	0	4,17	0,69	3,8	3,78	4,24	2,97	3,68	22,87	0	54,15	0
1990	0	0	3,7	0,36	3,4	4,03	2,47	1,69	4,62	27,86	0	52,03	0
1995	0,00	0,00	2,12	0,03	0,49	0,20	0,50	1,48	3,01	34,13	0,00	58,05	0,00
1996	0,00	0,00	2,66	0,04	0,61	0,41	0,61	1,79	5,06	34,55	0,00	54,27	0,00
2000	0,00	0,00	5,03	0,08	0,53	1,58	1,58	3,45	2,79	41,72	0,75	42,22	0,28
2005	0,04	0,06	7,66	0,00	0,74	0,54	1,36	2,39	2,56	47,91	0,53	36,22	0,00
2010	0,07	0,17	9,03	0,00	0,26	0,30	0,00	2,24	2,03	54,83	0,59	30,48	0,00
2015	0,09	0,22	5,75	0,00	0,22	0,31	0,00	1,31	1,16	72,16	0,44	18,34	0,00
2016	0,08	0,23	7,04	0,00	0,45	0,74	0,00	1,60	1,10	66,42	0,40	21,94	0,00
2017	0,07	0,28	7,16	0,00	0,54	1,01	0,00	1,41	1,30	67,26	0,35	20,61	0,00
2018	0,08	0,27	7,20	0,00	0,86	1,31	0,00	1,56	1,38	66,88	0,21	20,26	0,00
2019	0,06	2,73	6,43	0,00	0,85	1,00	0,00	н.с.	0,87	73,07	н.с.	14,99	0,00
2020	0,08	0,23	6,54	0,00	0,45	0,75	0,00	1,61	1,10	66,77	0,40	22,06	0,00
2021	0,08	0,28	6,12	0,00	0,54	1,02	0,00	1,42	1,32	68,01	0,36	20,84	0,00
2022	0,08	0,28	6,93	0,00	0,82	1,33	0,00	1,59	1,40	68,26	0,22	19,08	0,00

Источник: составлено авторами на основе ежегодника «Народное хозяйство СССР» (до 1992 года) и сведений FAO (после 1992 года)

Приведенные данные, указывают, что наибольший вклад в общесоюзный объем производства вносили Россия и Украина, на долю которых в 1990 году приходилось более 55% всего произведённого продукта. При этом наблюдается смена полярности, удельный вес России вырос, тогда как доля Украины снизилась. Также в последние годы стала заметна роль Беларуси, в 2022 году по оценочным данным на долю ее производства приходится 6,93%.

После распада СССР российская сахарная промышленность утратила связь с Кубой, были определены новые импортеры сырья, которыми стали Бразилия, Индия и Таиланд.

Наилучшее состояние сахарной промышленности среди постсоветских стран наблюдается в Беларуси, которая после распада Союза смогла сохранить потенциал и ресурсную базу. В текущем периоде в стране действуют 4 завода, общей мощностью более 25 тонн сахарной свеклы в сутки, при этом они работают на внутреннем сырье.

В советский период развития сахарной промышленности в Украине насчитывалось порядка 192 заводов, на момент начала 2020 года их насчитывалось 30 единиц. До распада Союза на территории рассматриваемой страны были сосредоточены значительные мощности по переработке сахара, в результате чего республика являлась мировым лидером в данном производстве. Но после 1991 года, в стране изменилась экономическая ситуация при резкой трансформации институтов, в итоге не было сформировано эффективного механизма сдерживания проникновения дешевого импортного сахара на территорию страны. Под влиянием давления мировых

товаропроизводителей украинская сахарная промышленность в значительной степени сжалась.

Таким образом, лидерами производства сахара на постсоветском пространстве в настоящее время являются Россия, Украина и Республика Беларусь. Для оценки перспектив развития сахарной промышленности в России и Беларуси на следующие годы, в среднесрочной перспективе были построены эконометрические модели регрессии (таблица 2).: оценим параметры трендовых моделей и построим прогноз.

Таблица 2 – Эконометрические модели и прогнозы динамики производства сахара в России и Беларуси, тыс. тонн

Страны	Модель	R^2	$F_{факт}$	Прогноз с доверительной вероятностью 95 %		
				2023	2024	2025
Россия	$y'=2407,99167,11t+12,57t^2$	0,93	177,38	8135,4±651,3	8710,1±745,4	8710,1±745,4
Р.Беларусь	y'=24,27+25,47t	0,89	203,63	762,9±62,1	788,4±65,4	813,9±68,7

Источник: рассчитано авторами на основе сведений FAO. Примечание: модель построена на данных за 1992-2022 года

Согласно приведенным моделям, динамика производства сахара в рассматриваемых странах различается своей траекторией, так в России наблюдался спад в 1990-х годах, а затем подъем производства, уровни росли со средним ускорением, равным, согласно коэффициенту регрессии в модели: *2×12,57 = 25,14* тыс. тонн ежегодно. В Беларуси, на всем протяжении периода 1992-2022 годах наблюдается планомерный рост уровней, который «проседает» в 2010 году и 2015 году, согласно линейной модели, в среднем за год рост выпуска сахара составлял 25,47 тонн в год.

Построенные на основе эконометрических моделей прогнозы демонстрируют перспективы дальнейшего роста производства сахара в России и Беларуси, даже с учетом снижения фактических уровней в 2020 году, что объясняется последствиями ковид-кризиса.

3. Перспективы развития рынка сахара: угрозы и возможности По результатам обзора прогнозов международных организаций FAO и Организации Экономического Сотрудничества и Развития (OECD) [33] относительно развития рынка сахара в ближайшие десять лет на мировом и национальном уровнях можно выделить следующие основные тенденции.

Ожидается, что при нормальных погодных условиях производство сахарного тростника и сахарной свеклы увеличится в течение следующего десятилетия, главным образом за счет некоторого роста доходности и выгодности данного вида деятельности. При этом объемы по обеим сахарным культурам будут расти более высокими темпами, чем в прошлом десятилетии, хотя и значительно ниже тех, которые наблюдались в 1990-х и 2000-х годах, когда производство сахарных культур также использовалось для разработки биотоплива первого поколения.

Однако именно производству сахара будет бросать вызов производство другого основного продукта переработки сахарных культур – этанола.

Большая часть прогнозируемого роста производства сахара будет приходиться на развивающиеся страны. Ожидается, что Бразилия сохранит свои позиции крупнейшего в мире производителя, за которым последует Индия: на эти две страны к 2030 году будет приходиться соответственно около 21% (+5,8 млн тонн по сравнению с периодом 2018-2020 годах) и 18% (+5,1 млн тонн по сравнению с периодом 2018-2020 годах) от общего объема мирового производства сахара. При этом Таиланде ожидается повышение цен с целью поддержки и восстановления производства после двух последовательных сезонов его сокращения (2019 и 2020 годах), вызванного плохой погоды и низкими ценами, что привело к сокращению посевных площадей.

Что касается характеристик и условий производства сахарных культур, то увеличение производства сахарного тростника ожидается за счет повышения урожайности в сочетании с совершенствованием методов орошения (используемых в Бразилии, Таиланде и Центральной Америке) и расширением площадей посева. В случае сахарной свеклы ожидается увеличение в основном за счет урожайности.

По прогнозам к 2030 году прирост производства сахарного тростника составит 1% в год и достигнет 1 960 тонн. При этом ожидается, что на Бразилию и Индию придется 65% изменения мирового объема производства (38% и 27% соответственно).

Для сахарной свеклы перспективы менее оптимистичны. Производство данной культуры, согласно прогнозам, достигнет 302 млн. тонн к 2030 году, при этом ожидается, что ежегодный прирост производства составит около 0,6% в год, что ниже 1%, наблюдаемого за последнее десятилетие. По сравнению с базовым периодом 2018-2020 годах расширение производства сахарной свеклы ожидается в Египте и Соединенных Штатах

(+4,4 млн тонн по каждой стране), Российской Федерации (+3,9 млн тонн), Китае (+3,4 млн тонн), Турции (+3 млн тонн).

В свою очередь, по странам Европейского Союза прогнозируется спад в 1,9 млн тонн, несмотря на то, что в последнее десятилетие данный мировой регион вносил более 11% вклада в увеличение рынка за счет сахара, произведенного из сахарной свеклы. Данное ожидание объясняется тем, что в 2018 году в Европейском Союзе было запрещено использование неоникотиноидов из-за их предполагаемого вредного воздействия на пчел. Этот запрет привел в 2020 году к развитию ряда заболеваний (желтый вирус), вредных для растений свеклы, с потерями более 12% в производстве сахара в сезон. Прогнозируется, что рост производства будет слабым, в частности, из-за отсутствия альтернатив неоникотиноидам и цен, которые недостаточно привлекательны для стимулирования крупных инвестиций в сектор.

Относительно России ожидается, что производственные затраты так и останутся высокими из-за суровых климатических условий, а после засухи, производство должно восстановиться в ближайший год, хотя и без значительного роста. Однако на фоне отрицательных тенденций в Евросоюзе у России появляется шанс увеличить как внутреннее производство, так и экспорт сахара. Данное утверждение также справедливо для Украины и Беларуси как крупнейших производителей Восточной Европы.

Потребительский спрос также будет оказывать влияние на рынок. На фоне стабильного уровня спроса со стороны развитых европейских стран, где существует тенденция сокращения потребления в связи с озабоченностью его воздействием на здоровье, спрос будет расти за счет развивающихся стран Азии и Африки, где наблюдаются процессы урбанизации и роста населения.

Стоит иметь ввиду, что выносимые экспертами прогнозы развития производства сахара основаны на предположениях о сохранении производительности в отрасли, ожидаемом поведении потребителей, соответствующих макроэкономических и политических условиях. Предполагаемые тенденции, которые будут наблюдаться в ближайшие десять лет могут существенно изменить картину рынка сахара и перераспределить силы его участников.

Кроме того, к заметно влияющим факторам относятся также цены на нефть, инвестиции в биоэтанол и спрос на подсластители. Ускорение роста цен на нефть приведет к усилению конкуренции между производством сахара и этанола на основе сахарного тростника, что окажет значительное влияние на Бразилию – основного экспортера сахара, и повлияет на международный рынок сахара в целом. Инвестиции в сектор биоэтанола в Индии могут снизить доступность тростника для производства сахара, что также может повлиять на международный рынок. Более низкий, чем ожидалось, спрос на калорийные подсластители из-за проблем со здоровьем в странах, где потребляется большое количество этих подсластителей, также может привести к несколько иным результатам развития производства сахара.

Выводы. Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать ряд выводов и указать на выявленные закономерности развития сахарной промышленности в постсоветских странах на фоне глобального развития отрасли.

Основными производителями и, как следствие, экспортерами сахара являются Бразилия, Индия, Таиланд Евросоюз и Китай, совместно они производят более 50% от мирового уровня. При этом Китай также является крупнейшим импортером сахара, что объясняется повышенным спросом на сахар и его производные в связи с растущим населением. Постсоветские страны до распада СССР производили около 10% от мирового уровня, на сегодняшний день из крупных «игроков» с перспективами дальнейшего развития остались Россия и Беларусь.

Построенные эконометрические модели динамики производства сахара по данным странам постсоветского пространства указывают на различные траектории развития рассматриваемого явления. Так, в России наблюдался спад в 1990-х годах, а затем подъем производства. В Беларуси, на всем протяжении периода 1992-2022 годах фиксируется планомерный рост объемов производства, который снижается в 2010 году и 2015 году. Построенные на основе разработанных моделей прогнозы, показывают возможный дальнейший рост производства сахара в России и Беларуси.

Учитывая внутренние особенности и сложившуюся мировую геополитическую ситуацию, в отношении России и Беларуси как крупнейших производителей сахара среди постсоветских стран, в среднесрочной перспективе, можно выделить ряд угроз, сдерживающих или ограничивающих развитие сахарной промышленности, таких как: нехватка собственного сырья в результате низкой урожайности сахарной свеклы и необходимость наращивать импорт сырья; сокращение посевных площадей занятых сахарной свеклой из-за давления со стороны дешевого импортного сырья; повышение закупочных цен на импортируемый сахар-сырец из Бразилии, Индии и Таиланда; низкая платежеспособность населения и перебои в работе предприятий-потребителей сахара как следствие ковид-кризиса. В качестве факторов, открывающих «окно возможностей» перед производителями сахара рассматриваемых стран, можно назвать снижение производства сахара в Евросоюзе из-за падения урожаев сахарной свеклы, глобальный рост спроса на сахар и усиление спроса на сахарный тростник со стороны производителей биотоплива.

Литература

1. The Main Directions of Increasing Exports of Agri-food Products in the Context of Integration into the World Market / G. S. Klychova, A. Bukharbayeva, A. R. Zakirova [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 575. P. 2607-2621 URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-21219-2_293#citeas (дата обращения 14 марта 2023) https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_293

2. Азжеурова М. В. Состояние и тенденции развития рынка сахарной свеклы и сахара // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 1. С. 1-14.

3. Белова Т.Н. Ситуация на российском рынке сахара: от дефицита к перепроизводству // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 6. С. 58-63

4. Гелдарт С. Что нужно знать о рынке сахара в 2020 году? // Сахар. 2020. № 2. С. 10-18

5. Отинова М. Е., Полунина Н. Ю. Экспорт сахара - одно из приоритетных направлений развития АПК России // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 1071-1084. doi: 10.18334/eo.9.2.40605

6. Степанова Я. Ю. Российский рынок сахара белого // Управление рисками в АПК. 2018. № 1. С. 68-93. doi: 10.53988/24136573-2018-01-06

7. Smutka L., Zhuravleva E., Pulkrabek J., Benesova I. Russian federation - sugar beet and sugar production // Listy Cukrovarnické a Řepařské. 2015. №131. P. 72-77.

8. Голубков М.А. Обзор состояния сахарной промышленности стран БРИКС: опыт Бразилии // Сахар. 2020. № 12. С. 46-50.

9. Гнилозуб В. П., Чечеткин Ю. М. Анализ работы свекловодческой отрасли в Республике Беларусь // Сахар. 2021. № 2. С. 54-56. doi:10.24411/2413-5518-2021-10207.

10. Довнар Л. И. Комплексная оценка эффективности рынка сахара Республики Беларусь // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси. 2021. № 49(49). С. 85-108. doi: 10.47612/0132-3555-2021-49.

11. Карбекова А.Б. Анализ современного состояния пищевой и перерабатывающей промышленности Кыргызстана // Актуальные вопросы современной экономики. 2020. № 9. С. 10-20. doi:10.34755/IROK.2020.94.13.001.

12. Черкасова О.В. Особенности рынка сахара в странах постсоветского пространства на современном этапе // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2018. № 3(36). С. 31-35.

13. Шилов А. И., Шилов О. А. Сахарная индустрия Беларуси и России на мировом рынке (тенденции развития) // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 5(52). С. 103-108.

14. Касьянов А. А. Свеклосахарный подкомплекс АПК России: проблемы сбалансированного функционирования // Московский экономический журнал. 2018. № 1. С. 21.

15. Колыбанов А.Г. Сахар и сахарная промышленность [Электронная промышленность] / Живой Журнал. – Режим доступа: https://kolybanov.livejournal.com/6292479.html

16. Kazaryan M.A., Chernikov V.V., Mantulin A.M. Sustainable sugar production based innovative approach // Modern problems of science and education. 2014. № 3. P. 388-388.

17. Формирование отчётности в области устойчивого развития с применением информационных технологий / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, А. Р. Юсупова, Э. Р. Камилова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2(49). С. 161-167. doi: 10.12737/article_5b350b466c6540.96174109.

18. Ситдиков Ф. Ф. Основные направления и проблемы цифровизации агропромышленного комплекса / Ф. Ф. Ситдиков, Ю. А. Цой, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 3(54). С. 112-115. doi: 10.12737/article_5db97473887137.67106533.

19. Анализ стратегии развития агропромышленного комплекса Республики Татарстан / Г. С. Клычова, М. М. Низамутдинов, Л. М. Мавлиева, Н. Л. Титов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 4(42). С. 134-142. doi: 10.12737/article_592e9ec827fb33.24944115.

20. Клычова Г. С., Зиганшин Б. Г., Закирова А. Р. Приоритетные направления повышения эффективности социально-экономической деятельности и конкурентоспособности предприятий АПК // Техника и оборудование для села. 2017. № 4. С. 42-45.

21. Rational placement of grain production - The basis for ensuring food security / G. Klychova, A. Zakirova, I. Safiullin [et al.] // E3S Web of Conferences 175(19):08013 URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/35/e3sconf_interagromash2020_08013.pdf (дата обращения 14 марта 2023) DOI 10.1051/e3sconf/202017508013.

22. Техническая модернизация системы мелиорации как резерв повышения эффективности сельского хозяйства / А. К. Субаева, Л. М. Мавлиева, Н. Р. Александрова, М. М. Низамутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 3(45). С. 124-127. doi: 10.12737/article_5a1d9efe58ee49.25733275.

23. Роль государственной поддержки в технической и технологической модернизации развития сельского хозяйства в регионах Приволжского федерального округа / А. К. Субаева, Н. Р. Александрова, Л. М. Мавлиева, М. М. Низамутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4(46). С. 126-131. doi:10.12737/article_5a5f0e5d754ed7.95427576.

24. Совершенствование управления сельскохозяйственной организацией с использованием технологии бенчмаркинга / Г. С. Клычова, Б. Г. Зиганшин, А. Р. Валиев, А. Р. Закирова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2(44). С. 103-108. doi:10.12737/article_59ad0a1d04ff80.29328798.

25. Авхадиев Ф. Н., Михайлова Л. В. Инвестиции как один из способов регулирования аграрного сектора в России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 1(27). С. 5-7.

26. Повышение конкурентоспособности в условиях корпоративного управления предприятиями агропромышленного комплекса Республики Татарстан / А. С. Клычова, С. Ф. Гирфанов, Г. Д. Крупина, И. Н. Сафиуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4(46). С. 110-115. doi: 10.12737/article_5a5f08a3482b01.15047602.

27. Мухаметгалиев Ф. Н., Садриева Ф. Ф. Проблемы технического обеспечения сельского хозяйства Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2 (44). С. 121-125. doi: 10.12737/article_59ad0b829e3b49.78457549.

28. Хисматуллин М. М. Лизинг техники и технологий как инструмент развития агропромышленного производства / М. М. Хисматуллин, Ф. Н. Мухаметгалиев, Р. Г. Хисамов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 2(36). С. 31-35. – doi: 10.12737/12049.

29. Балыхин М. Г., Шайлиева М. М., Цыпин А. П. Статистическое исследование потребления хлеба и развития хлебопекарной отрасли России // Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8. № 1. С. 97-106. doi:10.18334/ppib.8.1.111813.

30. Толмачев М.Н., Носов, В.В. Типология регионов России по состоянию и развитию сельского хозяйства // Научное обозрение. 2012. №.1. С. 188–198.

31. Anuj Kumar Chandel, Marcos Henrique Luciano Silveira, Advances in Sugarcane Biorefinery // Elsevier. 2018. P. 279-306, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804534-3.00014-8.

32. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers / J. Tomaszewska, D. Bielinski, M. Binczarski, J. Berlowska, P. Dziugan, J. Piotrowski, A. Stanishevskye, I. A. Witonska // RSC Adv. 2018. №8. P. 3161-3177. doi: 10.1039/c7ra12782k

33. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031. OECD Publishing, Paris, 2023. – P. 337. – DOI 10.1787/19428846.

Сведения об авторах:

Лосева Анна Валериевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-аналитики факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, e-mail: avloseva@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия

Клычова Гузалия Салиховна – доктор экономических наук, заведующий кафедрой бухгалтерского учета и аудита, e-mail: kgaukgs@mail.ru

Фахретдинова Эльвира Наилевна - кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита, e-mail: fahretdinovae@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF SUGAR PRODUCTION IN POST-SOVIET COUNTRIES

A. V. Loseva, G. S. Klychova, E. N. Fakhretdinova

Abstract. The sugar industry in a number of republics of former members of the USSR ceased to exist, and in some it significantly reduced the volume of sugar production. One of the reasons for development problems is the high level of competition among world industry leaders. An analysis of international statistics since 1961 shows that Brazil accounts for about 20% of world sugar production, followed by India, the European Union, China and Thailand. At the same time, in the period from 1961 to 1991, the USSR provided from 5.8 to 16.4% of the world volume. Currently, the share of the largest producers of the post-Soviet space in global sugar production - Russia and Belarus - is less than 4%. The degradation of the sugar industry in the countries of former members of the USSR is caused, first of all, by a decrease in the size of the area occupied by sugar beets. If in 1992 the total area of the countries was 3.1 million hectares, then after 30 years this figure decreased to 1.5 million hectares (by 51%). Thus, in post-Soviet countries, the raw material base of the sugar industry has been largely lost; processors are forced to switch to a full supply of imported raw materials, or to completely curtail production. The volume of sugar production in Ukraine is decreasing from 3647 thousand tons in 1992 to 1416 thousand tons in 2021, and in Russia there is a progressive increase (2538 thousand tons in 1992 and 5902 thousand tons in 2021) . By 2022, the Republic of Belarus will increase its share in the post-Soviet space to almost 7%. Further development may be facilitated by a decrease in sugar production in the European Union, an increase in global demand for sugar, as well as the growing interest of biofuel producers in sugar cane, which frees up space in the world market for production based on sugar beets.

Key words: Sugar, sugar industry, manufacturing industry, statistics, dynamics, forecast, post-Soviet countries.

References

1. Klychova GS, Bukharbaeva A, Zakirova AR. The main directions of increasing exports of agri-food products in the context of integration into the world market. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023; Vol.575. 2607-2621 p. [cited 2023, March 14]. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-21219-2_293#citeas https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_293

2. Azzheurova MV. [State and development trends of the sugar beet and sugar market]. Nauka i obrazovanie. 2021; Vol.4. 1. 1-14 p.

3. Belova TN. [The situation on the Russian sugar market: from deficit to overproduction]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2020; 6. 58-63 p.

4. Geldart S. [What do you need to know about the sugar market in 2020?]. Sakhar. 2020; 2. 10-18 p.

5. Otinova ME, Polunina NYu. [Sugar export is one of the priority directions for the development of the Russian agro-industrial complex]. Ekonomicheskie otnosheniya. 2019; Vol.9. 2. 1071-1084 p. doi: 10.18334/eo.9.2.40605

6. Stepanova YaYu. [Russian white sugar market]. Upravlenie riskami v APK. 2018; 1. 68-93 p. doi:10.53988/24136573-2018-01-06

7. Smutka L, Zhuravleva E, Pulkrabek J, Benesova I. Russian federation - sugar beet and sugar production. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 2015; 131. 72-77 p.

8. Golubkov MA. [Review of the state of the sugar industry in the BRICS countries: the experience of Brazil]. Sakhar. 2020; 12. 46-50 p.

9. Gnilozub VP, Chechetkin YuM. [Analysis of the work of the beet growing industry in the Republic of Belarus]. Sakhar. 2021; 2. 54-56 p. doi:10.24411/2413-5518-2021-10207.

10. Dovnar LI. [Comprehensive assessment of the efficiency of the sugar market of the Republic of Belarus]. Ekonomicheskie voprosy razvitiya selskogo khozyaystva Belarusi. 2021; 49(49). 85-108 p. doi: 10.47612/0132-3555-2021-49.

11. Karbekova AB. [Analysis of the current state of the food and processing industry in Kyrgyzstan]. Aktualnye voprosy sovremennoy ekonomiki. 2020; 9. 10-20 p. doi:10.34755/IROK.2020.94.13.001.

12. Cherkasova OV. [Features of the sugar market in the countries of the post-Soviet space at the present stage]. Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve. 2018; 3(36). 31-35 p.

13. Shilov AI, Shilov OA. [Sugar industry of Belarus and Russia on the world market (development trends)]. Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov. 2018; 5(52). 103-108 p.

14. Kasyanov AA. [Beet-sugar subcomplex of the Russian agro-industrial complex: problems of balanced functioning]. Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal. 2018; 1. 21 p.

15. Kolybanov AG. Sugar and sugar industry. [Internet]. Zhivoy Zhurnal. Available from: https://kolybanov.livejournal.com/6292479.html

16. Kazaryan MA, Chernikov VV, Mantulin AM. Sustainable sugar production based innovative approach. Modern problems of science and education. 2014; 3. 388-388 p.

17. Klychova GS, Zakirova AR, Yusupova AR, Kamilova ER. [Formation of reporting in the field of sustainable development using information technologies]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 2(49). 161-167 p. doi: 10.12737/article_5b350b466c6540.96174109.

18. Sitdikov FF, Tsoy YuA, Ziganshin BG. [Main directions and problems of digitalization of the agro-industrial complex]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3(54). 112-115 p. doi:10.12737/article_5db97473887137.67106533.

19. Klychova GS, Nizamutdinov MM, Mavlieva LM, Titov NL. [Analysis of agro-industrial complex development strategy of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; Vol.11. 4(42). 134-142 p. doi: 10.12737/article_592e9ec827fb33.24944115.

20. Klychova GS, Ziganshin BG, Zakirova AR. [Priority areas for improving the efficiency of social and economic activity and competitiveness of agricultural enterprises]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2017; 4. 42-45 p.

21. Klychova G, Zakirova A, Safiullin I. Rational placement of grain production - The basis for ensuring food security. [Internet]. E3S Web of Conferences 175(19):08013. [cited 2023, March 14]. Available from: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/35/e3sconf_interagromash2020_08013.pdf doi: 10.1051/e3sconf/202017508013.

22. Subaeva AK, Mavlieva LM, Aleksandrova NR, Nizamutdinov MM. [Technical modernization of the reclamation system as a reserve for increasing the efficiency of agriculture]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 3(45). 124-127 p. doi:10.12737/article_5a1d9efe58ee49.25733275.

23. Subaeva AK, Aleksandrova NR, Mavlieva LM, Nizamutdinov MM. [The role of state support in technical and technological modernization of agricultural development in the regions of Volga federal district]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 4(46). 126-131 p. doi:10.12737/article_5a5f0e5d754ed7.95427576.

24. Klychova GS, Ziganshin BG, Valiev AR, Zakirova AR. [Improving the management of an agricultural organization using benchmarking technology]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 2(44). 103-108 p. doi:10.12737/article_59ad0a1d04ff80.29328798.

25. Avkhadiev FN, Mikhaylova LV. [Investments as one of the ways to regulate the agricultural sector in Russia]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013; Vol.8. 1(27). 5-7 p.

26. Klychova AS, Girfanov SF, Krupina GD, Safiullin IN. [Increasing competitiveness in the conditions of corporate management of enterprises of the agro-industrial complex of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 4(46). 110-115 p. doi:10.12737/article_5a5f08a3482b01.15047602.

27. Mukhametgaliev FN, Sadrieva FF. [Problems of technical support of agriculture of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.12. 2(44). 121-125 p. doi: 10.12737/article_59ad0b829e3b49.78457549.

28. Khismatullin MM, Mukhametgaliev FN, Khisamov RG. [Leasing of machinery and technologies as a tool for the development of agro-industrial production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; Vol. 10. 2(36). 31-35 p. doi: 10.12737/12049.

29. Balykhin MG, Shaylieva MM, Tsypin AP. [Statistical study of bread consumption and the development of the baking industry in Russia]. Prodovolstvennaya politika i bezopasnost. 2021; Vol.8. 1. 97-106 p. doi:10.18334/ppib.8.1.111813.

30. Tolmachev MN, Nosov VV. [Typology of Russian regions according to the state and development of agriculture]. Nauchnoe obozrenie. 2012; 1. 188-198 p.

31. Anuj Kumar Chandel, Marcos Henrique Luciano Silveira. Advances in Sugarcane Biorefinery. Elsevier. 2018; 279-306 p. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804534-3.00014-8.

32. Tomaszewska J, Bielinski D, Binczarski M, Berlowska J, Dziugan P, Piotrowski J, Stanishevskye A, Witonska IA. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers. RSC Adv. 2018; 8. 3161-3177 p. doi: 10.1039/c7ra12782k

33. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031. OECD Publishing, Paris. 2023; 337 p. – DOI 10.1787/19428846.

Authors:

Loseva Anna Valerevna – Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Business Analytics, Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, e-mail: avloseva@fa.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Klychova Guzaliya Salikhovna – Doctor of Economics, Head of Accounting and Auditing Department, e-mail: kgaukgs@mail.ru

Fakhretdinova Elvira Nailevna - Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of Accounting and Auditing Department, e-mail: fahretdinovae@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-137-145
УДК 338.436.33:658.14/.17

ПОЛОЖЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО РЫЧАГА ДЛЯ АГРОХОЛДИНГОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И. В. Моргачев, Т. В. Даева, В. А. Мелихов, А. В. Лебедь, Н. С. Гавринева

Реферат. Модель оценки эффекта финансового рычага является универсальной для всех предприятий. Однако организации агропромышленного комплекса имеют значительную зависимость от использования банковских кредитов, поэтому исследуемая модель для них является актуальной. Кроме того, предлагаемые положения уточняющие концепцию ее использования, формировались на базе исследования динамики рентабельности активов агрохолдингов России. Средняя рентабельность активов по прибыли до уплаты налогов за период 2009-2022 годах среднестатистического агрохолдинга составила 7,23%, рентабельность оборотных активов – 14,73% при средней ставке банковского кредита для организаций АПК в этом периоде в размере 11%. Такая ситуация обуславливает возможность отрицательного эффекта финансового рычага для исследуемых субъектов, что требует уточнения модели оценки его эффекта. В качестве цены заемного капитала обосновано рассмотрение эффективной ставки процента по банковскому кредиту. В качестве величины заемного капитала, которая используется в модели оценки эффекта финансового рычага, обосновано рассматривать только ту сумму кредита, относительно использования которого принимается решение в актуальный момент времени без учета всей кредиторской задолженности организации. Результаты, получаемые согласно применения модели оценки финансового рычага, являются прогнозными с определенным уровнем погрешности, а сама модель является динамической и позволяет получать приближенные результаты в связи с изменчивостью факторов микро- и макросреды. Данная модель в большей степени является концепцией, с набором определенных правил, выполнение которых приводит к экономической целесообразности использования банковского кредита для масштабирования бизнеса. Учитывая относительно низкие показатели рентабельности активов в секторе АПК, обоснована возможность применения в модели оценки эффекта финансового рычага показателя рентабельности оборотных активов, но только в случае целевого использования кредитов на приобретение такого вида активов, и в качестве дополнительного шага анализа, когда рентабельность всех активов меньше или равна цене использования банковского кредита.

Ключевые слова: агрохолдинг, заемные средства, банковский кредит, ставка банковского кредита, эффект финансового рычага, рентабельность активов, рентабельность оборотных активов, сектор АПК.

Введение. Организации агропромышленного комплекса (АПК) в целом и агрохолдинги в частности характеризуются частым использованием заемных средств в виде банковских кредитов в существенных масштабах. Такое использование данного источника капитала объясняется спецификой сектора, его сезонностью. Соответствующие организации часто использовали банковские кредиты для закупки семенного фонда и топлива для обеспечения посевных работ, а в период сбора урожая уже начинали расплачиваться по взятым кредитам.

Банковские кредиты в деятельности данных субъектов, в том числе и агрохолдингов, берутся и на иные цели для формирования необходимых для бизнеса как оборотных, так и иных активов. В отличие от малых форм агробизнеса агрохолдинги характеризуются более существенной длительностью операционного и финансового цикла, поэтому займы могут понадобиться для обеспечения какой-либо стадии производственно-логистического и сбытового процесса.

Использование банковских кредитов является платным, поэтому с экономической точки зрения возникает необходимость оценки целесообразности и эффективности использования такого ресурса. Для таких целей используется классическая формула эффекта финансового рычага (ЭФР):

$$ЭФР = \frac{ЗК}{СК} \cdot (Р_А - Ц_{ЗК}) \cdot (1 - Н_П) \quad (1)$$

где ЗК – величина заемного капитала, ден.ед.;
СК – величина собственного капитала, ден.ед.;
$Р_А$ – рентабельность активов,%;
$Ц_{ЗК}$ – цена (ставка) заемного капитала в годовом измерении,%. (Авторская трактовка показателя. В иных работах часто используется как цена всего заемного капитала вместе с кредиторской задолженностью);
$Н_П$ – ставка налога на прибыль, доли ед.

Эффект финансового рычага может быть как позитивным, так и негативным. Позитивное или негативное значения ЭФР зависит от дифференциала, то есть разницы: ($Р_А$ – $Ц_{ЗК}$). Если $Р_А > Ц_{ЗК,}$ будет позитивным. В этом и заключается ключевое правило эффективности использования платных заемных средств и в частности банковских кредитов. Такое условие финансовой эффективности использования заемных средств и обуславливает максимизацию показателя рентабельности активов, как это изложено в работах [1, 2]. С другой стороны, данная формула является универсальной и широкораспространенной, что делает возможным ее уточнение в отношении организаций сектора

АПК и агрохолдингов исходя из их специфики.

По тематике использования и оценки финансового рычага существует большое число отечественных и зарубежных работ. Многие из таких авторов, как, например, [3, 4, 5] – видят тесную связь вопросов финансового рычага с обеспечением финансовой устойчивости организации. С чем следует, несомненно, согласиться. Однако также можно выявить наличие ряда расхождений в подходах трактовки и метода определения дифференциала эффекта финансового рычага, который является ключевым для расчета последнего. В формуле такого дифференциала различии имеют место как в отношении цены заемного капитала, так и второй составляющей. В вышеизложенной нами формуле (1) она указана как $Р_А$ – рентабельность активов. В иных работах данный показатель может иметь совсем иные названия: экономическая рентабельность, рентабельность чистых активов, рентабельность всего инвестированного капитала. Разные трактовки также предполагают и разные методы его определения.

Например, в работе С. Д. Пекина и К. В. Фокеевой [6] при расчете дифференциала эффекта финансового рычага в числителе учитывается прибыль до уплаты процентов и налогов (нетто результат эксплуатации инвестиций (НРЭИ) плюс проценты по кредитам), а в знаменателе активы за минусом бесплатной кредиторской задолженности.

Авторы работы [7] рассматривали, по их мнению, европейскую и американскую концепцию определения «рентабельности чистых активов». В первом случае она определяется как рентабельность собственного капитала без учета налога на прибыль, во втором – то же самое, только с учетом снижения прибыли после необходимости уплаты процентов по кредиту.

По мнению Бикметова З. М. [8] «рентабельность всего инвестированного капитала» определяется отношением прибыли до уплаты процентов и налогов (EBIT), то есть операционной прибыли к величине всего инвестированного капитала.

Е. А. Голованева и Ж. А. Ульянова [9] «экономическую рентабельность» определяют путем деления НРЭИ на величину капитала, который представляет собой сумму собственного капитала и заемных средств. По сути это и есть рентабельность активов, рассчитанная исходя из прибыли до уплаты налогов и процентов. Но в данной работе также «по-новому» рассчитывается цена использования заемного капитала, в результате для приведенного в качестве примера предприятия такая ставка для 2020 года. составляет 2,3%. Неудивительно, что ЭФР получается позитивным и высоким.

В статье [10] используется показатель рентабельности совокупных активов по прибыли до уплаты процентов и налогов, но цена заемного капитала считается по всей кредиторской задолженности, в результате чего такая ставка получилась в размере 3,44%, что также завысило ЭФР, как и в [9].

Также имеют место разные подходы в определении ЗК – заемного капитала. В работах [7, 8, 9] в качестве такого капитала часто принимается вся кредиторская задолженность. При этом если в расчетах по формуле (1) в качестве ЗК принимают всю такую задолженность, то также считают усредненную ее цену как с учетом банковских кредитов, так и условно-бесплатной ее частью. Цена использования заемного капитала может также трактоваться по-разному и включать в себя не только цену банковского кредита, но и учитывать также условно-бесплатную кредиторскую задолженность, что явно занижает стоимость заемных средств.

В целом подходы к определению ЭФР завышают его значение, в то время как консервативный подход требует обратного [7, 9, 10]. Анализ рассмотренных работ также позволяет сделать вывод, что большинство исследователей в качестве рентабельности активов в формуле ЭФР полагают целесообразным использовать такую, которая рассчитана по операционной прибыли без учета налогов и выплат процентов.

Эффект финансового рычага является излюбленным предметом исследования и зарубежных работ [11, 12, 13]. Однако в подобных работах больше рассматриваются факторы, влияющие на его величину.

Учитывая изложенное можно заключать, что положения использования метода оценки эффекта финансового рычага относительно агрохолдингов Российской Федерации имеют резервы для уточнения.

Целью работы является уточнение положений использования метода оценки эффекта финансового рычага относительно агрохолдингов Российской Федерации.

Условия, материалы и методы. Наше исследование опирается на данные только агрохолдингов, которые были выбраны в количестве 50-ти субъектов по критерию вхождения в верхние списки рейтингов (табл.1). Анализу подвергалась не консолидированная отчетность выбранных агрохолдингов, а данные только отдельных их субъектов, преимущественно управляющих компаний. Подход исследования соответствует выборочному методу наблюдения с присущими ему объективными недостатками. Исходные данные для формирования модели среднестатистического агрохолдинга взяты из источника [14]. Представленное выше соответствует эмпирическим методам исследования, которые использовались для анализа показателей рентабельности исследуемых субъектов. В то же время положения относительно использования метода оценки финансового рычага для агрохолдингов Российской Федерации формировались на основе синтеза и обобщения.

Таблица 1 – Субъекты, имеющие отношение к ведущим агрохолдингам страны, выбранные для проведения исследований

№	Название	ИНН	№	Название	ИНН
1	ПАО «Группа Компаний «Русагро»	5003077160	26	АО «Молвест»	3662104737
2	ПАО «Группа Черкизово»	7718560636	27	ООО «Группа Агроком»	6163070862
3	ПАО «Инарктика»	7816430057	28	ООО «Птицефабрика «Акашевская»	1207007950
4	ПАО «Новороссийский комбинат хлебопродуктов»	2315014748	29	АО "Холдинговая компания "Ак Барс"	1657049075
5	ЗАО "Содружество-Соя"	3913009739	30	ООО «Агрофирма Ариант»	7424030241
6	ООО «КДВ Групп»	7017094419	31	АО «Сады Придонья»	3403014273
7	АО "Управляющая компания ЭФКО"	3122504272	32	ООО Мясокомбинат «Бобровский»	3602007714
8	ООО "АПХ "МИРАТОРГ"	7704669440	33	ООО Агрохолдинг «Звениговский»	1203005214
9	ООО «ГК Агро-Белогорье»	3123160948	34	АО «Сибирская Аграрная Группа»	7017012254
10	АО "ХК ПРОДИМЕКС"	7730202605	35	ООО «Объединение Союзпищепром»	7453268150
11	ООО ХК «Великолукский агропромышленный холдинг»	6025024237	36	АО «ГК Сфера»	7714937659
12	ООО "АгроКубань Ресурс"	2356040994	37	ООО «Маслоэкстракционный завод "РЕСУРС"	2631805988
13	ООО «АгроПромкомплектация»	7735004043	38	АО "Лакталис Восток"	7716128854
14	АО «Юг Руси»	6167054653	39	ООО "Юговской комбинат молочных продуктов"	5948025679
15	АО фирма "Агрокомплекс" им. Н.И. Ткачева	2328000083	40	ООО "Компания Благо"	7816455333
16	ООО "БГК - ХОЛДИНГ"	3116002683	41	ООО "Каргилл"	7113502396
17	ООО "КОМОС ГРУПП"	1831089218	42	АО "Астон продукты питания и пищевые ингридиенты"	6162015019
18	АО «Приосколье»	3123100360	43	АО "Объединенная зерновая компания"	7708632345
19	АО «Агросила»	1604010557	44	ООО "Витерра рус"	7708525142
20	ООО "Группа "Продовольствие"	0411137185	45	АО "Норебо Холдинг"	2901170107
21	АО «АГРО-АТЯШЕВО»	1303067817	46	АО "Аби Продакт"	3328458132
22	АО Агрохолдинг «Степь»	7708813052	47	АО "Останкинский мясоперерабатывающий комбинат"	7715034360
23	ЗАО «РЕННА-Холдинг»	7721242760	48	ООО "Агропромышленная корпорация АСТ"	7721147115
24	ООО «ЭкоНива-АПК Холдинг»	3614005528	49	ООО "Белгородские гранулированные корма"	3116003662
25	ООО УК «Дамате»	5024126971	50	ООО "Концерн Покровский"	6163072316

(составлена авторами самостоятельно)

Результаты и обсуждения. Следует отметить, что использование формулы (1), то есть модели оценки ЭФР, не позволяет получить точные данные, а лишь приближенные. Во-первых, и среди исследователей нет единого мнения что точно брать в качестве ЗК, $Ц_{ЗК}$ и $Р_А$. Во-вторых, значение ЭФР до момента использования банковского кредита и после будет совсем иным, поскольку принятие такого решения меняет как структуру активов и пассивов, так доходы и затраты. Поэтому все расчеты, которые, например, приведены в рассмотренных работах, являются плановыми и прогнозными с определенным уровнем погрешности.

Положения оценки ЭФР – это скорее концепция, объединяющая в себя ряд правил.

Правило 1. Рентабельностью активов можно пожертвовать ради максимизации рентабельности собственного капитала – это и есть главная цель - ключевой показатель бизнеса, который определяет благосостояние акционеров (собственников) и капитализацию субъекта хозяйствования. Рентабельность активов в данном сравнении второстепенный показатель. ЭФР в конечном счете показывает количественное значение увеличения рентабельности собственного капитала при использовании именно платных заемных средств при условии превышения рентабельности активов над ценой таких кредитов.

Правило 2. Что бы ЭФР был позитивным рентабельность активов должна превышать цену заемного капитала. Данное правило является универсальным и не учитывает целевое использование кредитов. Предполагается, что такие кредиты используются для формирования активов (как оборотных, так и внеоборотных), поэтому эффективность использования таких ресурсов в целом (активов) сравнивают со стоимостью кредитов. Но кредиты могут использоваться только на приобретение оборудования или только оборотных средств, что позволяет использовать разновидности показателя рентабельности активов.

Правило 3. Рассмотрение концепции ЭФР имеет смысл, только если речь идет про использование именно платных заемных средств, когда следует принять решение об экономической целесообразности использования в основном банковского кредита для масштабирования бизнеса. В процессе хозяйственной деятельности любого субъекта часто образуется условно-бесплатная кредиторская задолженность. К концепции ЭФР она не имеет никакого отношения, поскольку может наращиваться совсем исходя из иных соображений.

Также часто банковские кредиты могут использоваться в случаях по острой производственной или коммерческой необходимости обеспечения бизнеса даже с убытком. Это бывает, когда имеет место острая нехватка собственных оборотных средств, но без наличия в какой-то момент их элементов может произойти остановка бизнес-процессов или срыв подписанных контрактов. В этом случае банковские кредиты могут использоваться вопреки концепции ЭФР для спасения бизнеса любой ценой.

Исходя из изложенного, считаем целесообразным в качестве ЗК в формуле (1) использовать только сумму банковских кредитов. Поскольку концепцию и метод ЭФР необходимо использовать при анализе целесообразности использования банковских кредитов до момента их получения, то в качестве ЗК имеет смысл рассматривать только сумму, которую только планируется взять в качестве кредита.

Если аналитик использует в расчете ЭФР эффективную банковскую ставку со всеми скрытыми комиссиями в качестве стоимости заемного капитала, то в качестве ЗК (см. формулу 1) он должен принимать только ту сумму банковского кредита, которую планирует получить.

При использовании в качестве ЗК всей существующей на балансе кредиторской задолженности придется пересчитывать усредненную ее стоимость с учетом условно-бесплатной, что нивелирует оценку целесообразности актуального для данного момента банковского кредита.

Наиболее трудным относительно агрохолдингов является вопрос рентабельности активов – какую именно использовать в расчетах: рентабельность всех активов по прибыли до уплаты налогов и процентов; рентабельность всех активов по прибыли до уплаты налогов; рентабельность всех активов по чистой прибыли; рентабельность только того вида активов, на приобретение которых будет использован кредит.

В рассмотренных работах наиболее часто применяется первый вид рентабельности. Но он более подходит для коммерческих организаций и предприятий, где финансовая деятельность осуществляется в основном в виде получения и возврата кредитов и погашение процентов по ним. Агрохолдинги России несколько отличаются от таких субъектов тем, что финансовая деятельность также распространяется и в части формирования текущих финансовых активов с целью получения процентов (иногда и дивидендов по акциям), а также долгосрочных финансовых вложений, то есть участия в капитале иных предприятий.

Текущие финансовые активы относятся к оборотным, а долгосрочные финансовые вложения – к внеоборотным. В результате формирования таких видов активов именно холдинги получают как процентные, так и дивидендные доходы. Поэтому использование прибыли до выплаты процентов существенно занизит значение числителя при расчете показателя рентабельности. Наличие такой финансовой деятельности агрохолдингов на постоянной системной основе делает возможным определение значения их прибыли до уплаты налогов и процентов без учета процентов по кредитам только при наличии полной бухгалтерской информации, что доступно не

всем аналитикам. В ином случае в качестве разумного исключения для агрохолдингов в модели оценки ЭФР возможно использование значения прибыли именно до уплаты налогов.

Поскольку проценты по кредитам увеличивают затраты и уже учтены в $Ц_{ЗК}$ (см. формулу 1), то в методе ЭФР при расчете рентабельности активов ($Р_А$) целесообразно и правильнее использовать прибыль до уплаты налогов и, соответственно - рентабельность всех активов по прибыли до уплаты налогов.

Часто в распоряжении у аналитика есть информация относительно рентабельности активов по чистой прибыли, а для определения прибыли до уплаты налогов данных также может быть недостаточно. Можно ли в этом случае относительно агрохолдингов применять показатель рентабельности активов по чистой прибыли? Для ответа на этот вопрос мы оценили разницу между такими показателями для выбранной нами группы агрохолдингов за период 2009 – 2022 годах (табл.2).

Таблица 2 – Динамика показателей рентабельности выбранной группы агрохолдингов

Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Рентабельность активов по чистой прибыли,%	5,32	3,93	3,40	4,69	4,12	7,71	11,86	3,03	4,04	7,40	8,44	10,10	8,78	6,89
Рентабельность активов по прибыли до уплаты налогов,%	5,72	4,57	4,30	6,11	6,23	7,95	12,78	3,42	4,49	8,23	9,17	10,91	9,45	7,91
Рентабельность оборотных активов по чистой прибыли,%	8,92	6,92	6,22	8,44	8,09	15,10	22,16	6,06	8,82	16,32	20,20	22,81	19,34	13,78
Рентабельность оборотных активов по прибыли до уплаты налогов,%	9,58	8,06	7,88	10,99	12,23	15,57	23,88	6,86	9,78	18,17	21,95	24,64	20,81	15,82

(составлена авторами на основании [14])

Как видно по данным табл. 2 разница между значениями рентабельности активов по чистой прибыли и прибыли до уплаты налогов не является существенной, что соответствует величине погрешности. Аналогично несущественной является разница и между 1-м и 2-м видами рентабельности. Принимая такой уровень погрешности относительно агрохолдингов РФ в методе ЭФР можно принимать в расчет как значения рентабельности активов по чистой прибыли, так и прибыли до уплаты налогов, поскольку численная разница между такими показателями рентабельности не существенна.

Рассматривая значения показателей рентабельности активов как по чистой прибыли, так и прибыли до уплаты налогов, можно отметить относительно низкие их значения, особенно для банковского кредитования на рыночных условиях. Сектор АПК в России в целом, так и агрохолдинги в частности характеризуются низкой рентабельностью активов, что требует уточнения положений использования метода ЭФР.

Если бы соответствующие показатели рентабельности были существенно выше стоимости банковского кредита для сектора АПК на рыночных условиях, то уточнение положений использования метода ЭФР можно было бы признать не актуальным. В ином случае, учитывая изменчивость показателей рентабельности, когда их значение может приблизиться к нулевому уровню, а также и распространенную практику банковского кредитования сектора АПК – уточнение концепции ЭФР с учетом специфики агрохолдингов является актуальным.

Следует добавить, что на рыночных условиях ставка банковского кредита для сектора АПК составляет в среднем 10-12% годовых, в то время как средняя рентабельность активов по прибыли до уплаты налогов за период 2009-2022 годах. среднестатистического агрохолдинга составила 7,23%. То есть соответствующая рентабельность активов значительно меньше рыночной ставки банковского кредита.

Для этого сектора распространенным является государственное субсидирование такой ставки в размере ключевой ставки Банка России, когда организация платит только банковскую маржу и страховку в размере 5%. Из года в год условия такого субсидирования менялись, что приводило к существенным последствиям влияния на эффективность деятельности исследуемых агрохолдингов (рис.1).

Принимая в какой-то момент в расчет определенное значение показателя рентабельности активов для оценки ЭФР следует учитывать, что значение этого же показателя в следующем году может существенно измениться как вследствие использования кредита, так и действия макроэкономических факторов. Поэтому расчет ЭФР является

прогнозным или плановым, и содержит определенную погрешность. А значит, к сожалению, точность проведенных оценок ЭФР проверить уже по факту достаточно проблематично. Модель ЭФР скорее динамическая и ее результаты меняются в динамике как от внутренних, так и внешних факторов.

Учитывая иную специфику сектора АПК следует добавить, что часто кредиты такими организациями берутся на сезонное формирование оборотных средств: для покупки топлива и семян для обеспечения посевной. В то время как универсальная модель ЭФР предполагает, что кредит в целом берется на приобретение активов как оборотных, так и внеоборотных.

После выхода страны из состояния гиперинфляции многие промышленные предприятия сектора АПК, которые впоследствии вошли в состав агрохолдингов, имели в распоряжении основные средства, но не имели оборотных. Инфляция обесценила их оборотные активы, поэтому нуждались в кредитах на формирование именно оборотных средств.

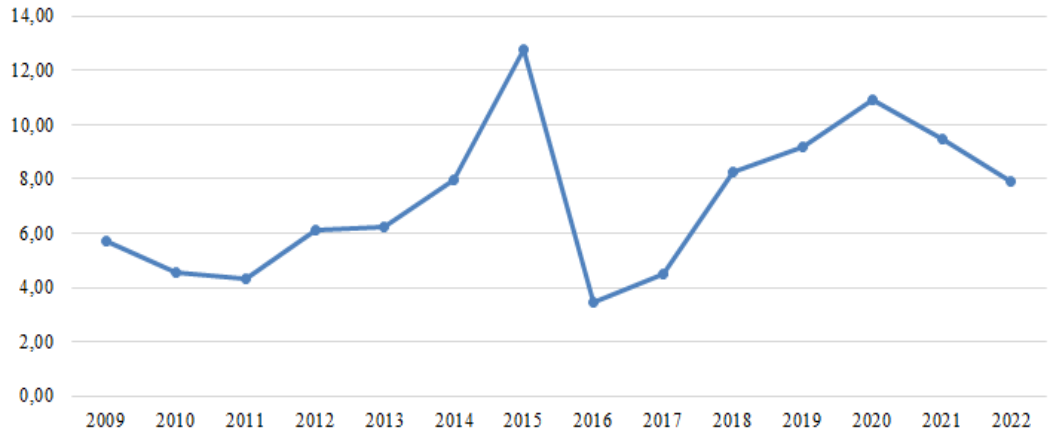


Рис.1 — Динамика среднестатистической рентабельности активов по прибыли до уплаты налогов выбранной группы агрохолдингов,%

(составлен по таблице 2)

В условиях использования банковских кредитов на формирование оборотных активов нами предлагается следующая модель ЭФР:

$$ЭФР = \frac{ЗК}{СК} \cdot (Р_{ОА} - Ц_{БК}) \cdot (1 - Н_{П}) \ , \ (2)$$

где ЗК – величина заемного капитала – сумма банковского кредита, целесообразность которого рассматривается в актуальный момент времени, ден. ед.;

СК – величина собственного капитала, ден. ед.;

$Р_{ОА}$ – рентабельность оборотных активов по прибыли до уплаты налогов,%;

$Ц_{БК}$ – цена (ставка) банковского кредита в годовом измерении, %;

$Н_{П}$ – ставка налога на прибыль, доли ед.

Данная модель (см. формулу 2) предлагается не как широко-распространенная практика, а в редких случаях, когда заранее известно, что банковский кредит будет использован только для приобретения оборотных активов, а рентабельность всех активов равна или меньше $Ц_{БК}$.

Иными словами, в долгосрочной перспективе менеджеры агрохолдингов должны стремиться обеспечивать выполнения правила:

$Р_{А} > Ц_{БК}$ – рентабельность всех активов должна превышать цену банковского кредита на рыночных условиях.

Но когда $Р_{А}$ = или даже < $Ц_{БК}$ – окончательным условием для принятия решения об использовании банковского кредита для вынужденного приобретения оборотных активов должно быть условие:

$Р_{ОА} > Ц_{БК}$ – то есть рентабельность оборотных активов по прибыли до уплаты налогов должна однозначно превышать цену (ставку) банковского кредита.

Динамика среднестатистической рентабельности оборотных активов по прибыли до уплаты налогов выбранной группы агрохолдингов представлена на рисунке 2.

Как видим по данным рисунка 2, даже исходя из данного вида рентабельности на рыночных условиях использовать банковский кредит выбранные агрохолдинги могли себе позволить не в каждый год. Например, в 2016 году – только на условиях государственного субсидирования. В среднем на протяжении 2009-2022 годах. значение рентабельности оборотных активов по прибыли до уплаты налогов выбранной группы агрохолдингов составляла 14,73%, что немногим выше ставки банковского кредита на рыночных условиях. Данные рис. 2 также подтверждают динамичность и непостоянство результатов применения модели ЭФР.

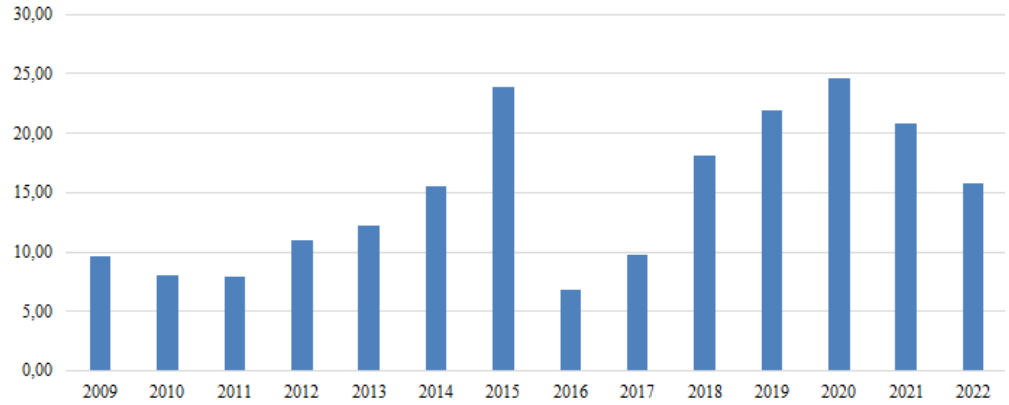


Рис.2. — Динамика среднестатистической рентабельности оборотных активов по прибыли до уплаты налогов выбранной группы агрохолдингов, %

(составлен по таблице 2)

Выводы. Несмотря на распространенность практического применения модели оценки эффекта финансового рычага между исследователями до сих пор нет однозначного согласия в части ряда отдельных показателей модели: рентабельности активов, цены использования заемного капитала и его суммы.

В связи с существенной финансовой деятельностью отечественных агрохолдингов, которая сводится не только к пассивным (получение и погашение кредитов), но активным операциям, а также незначительной разницей между видами рентабельности активов, рассчитанной по разным видам результата, нами обоснована целесообразность использования для таких субъектов в модели оценки эффекта финансового рычага в качестве соответствующего результата прибыли до уплаты налогов. Использование рентабельности активов рассчитанной по чистой прибыли также является возможным по тем же аргументам.

В качестве цены заемного капитала обосновано рассмотрение эффективной ставки процента по банковскому кредиту. В качестве величины заемного капитала, которая используется в модели оценки эффекта финансового рычага, обосновано рассматривать только ту сумму кредита, относительно использования которого принимается решение в актуальный момент времени без учета всей кредиторской задолженности организации.

Доказано, что результаты, получаемые согласно применения модели оценки финансового рычага, являются прогнозными с определенным уровнем погрешности, а сама модель является динамической и позволяет получать приближенные результаты в связи с изменчивостью факторов микро и макросреды. Данная модель в большей степени является концепцией, с набором определенных правил, выполнение которых приводит к экономической целесообразности использования банковского кредита для масштабирования бизнеса.

Выявлен относительно низкий уровень среднестатистических показателей рентабельности активов исследуемых агрохолдингов, что является системной проблемой сектора АПК в использовании такого кредита на рыночных условиях для масштабирования агробизнеса.

Учитывая относительно низкие показатели рентабельности активов в секторе АПК, обоснована возможность применения в модели оценки эффекта финансового рычага показателя рентабельности оборотных активов, но только в случае целевого использования кредитов на приобретение такого вида активов, и в качестве дополнительного шага анализа, когда рентабельность всех активов меньше или равна цене использования банковского кредита.

Научно-исследовательская работа проводилась в соответствии с Программой Академической поддержки 2024 года, предложенной Волгоградским государственным аграрным университетом.

Литература

1. Моргачев И.В., Колпакова Е.А. Необходимость таргетирования рентабельности активов и собственного капитала на предприятиях АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 5.С. 24-28.

2. Оценка управления заемными средствами агрохолдингов России / И. В. Моргачев, Д. Ю. Чугай, А. В. Лебедь, Т. С. Быстрова // АПК: экономика, управление. 2024. № 3. С. 46-55.

3. Диагностика и управление финансовой устойчивостью организаций / Г. А. Хабиров, Г. Р. Нигматуллина, Г. А. Салимова, А. Ф. Галеев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 8. С. 55-60.

4. Трач, Д. М. Управление финансовой устойчивостью предприятия // АПК: экономика, управление. 2023. № 2. С. 24-30.

5. Назарова В. В., Глебов С.П. Взаимосвязь управления оборотным капиталом и результативности деятельности компании // Финансы: теория и практика. 2018. Т. 22, № 4(106). С. 114-129.

6. Пекин С.Д., Фокеева К.В. Расчет эффекта финансового рычага на основе финансовой отчетности // Science Time. 2015. № 10(22). С. 277-281.

7. Листопад Е.В., Ронова Г.Н. Эффект финансового рычага как способ определения финансового риска организации // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12-3. С. 73-77.

8. Бикметова З.М. Расчет эффекта финансового рычага и рентабельности собственного капитала на примере IT-компаний // Актуальные вопросы современной экономики. 2022. № 8. С. 30-35. DOI 10.34755/IR0K.2022.30.27.043.

9. Голованева Е.А., Ульянова Ж.А. Эффект финансового рычага при оценке эффективности использования капитала в сельскохозяйственной организации // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 3(35). С. 186-191.

10. Адамайтис Л.А., Бабинцев А.И., Адамайтис И.М. Анализ рентабельности собственного капитала и эффект финансового рычага // Вектор экономики. 2020. № 11(53). С. 42-56.

11. Morhachov I., Ovcharenko Ye., Ivchenko Ye., Buchniev M., & Klius Yu. Influence of the Effect of Financial Leverage on the Course of Investment Processes on the Stock Market // Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2021. № 2 (37), 171-179 https://doi.org/10.18371/fcaptp.v2i37.229956

12. Al-Hawatmah Z., Shaban O.S . The effect of financial leverage on company's capital structure: Evidence from developing market // Corporate & Business Strategy Review. 2023. № 4(2), 168–174. https://doi.org/10.22495/cbsrv4i2art15

13. Anagnostopoulou S.C., Tsekrekos A.E. The effect of financial leverage on real and accrual-based earnings management // Accounting and Business Research. 2017. № 47 (2). pp. 191-236. doi: https://doi.org/10.1080/00014788.2016.1204217

14. Финансовые результаты деятельности публичных компаний [Электронный ресурс] / URL : https://www.list-org.com/ (дата обращения 06.08.2023)

Сведения об авторах:

Моргачев Илья Викторович— доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента и логистики в АПК, email: Morgachov-ilya@yandex.ru

Даева Татьяна Викторовна—кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры менеджмента и логистики в АПК, email: daeva_tatyana@volgau.com

Мелихов Виктор Алексеевич — кандидат экономических наук, доцент кафедры учетно-информационных технологий и аудита, email: melikhov707@yandex.ru

Гавринева Наталья Сергеевна—преподаватель кафедры менеджмента и логистики в АПК, e-mail: nataliagavrineva@gmail.com

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

Лебедь Анна Викторовна—кандидат юридических наук, доцент кафедры конституционного права, e-mail: lebed-av@ranepa.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия

PROVISIONS OF USING THE METHOD OF ASSESSING FINANCIAL LEVERAGE FOR AGRICULTURAL HOLDINGS OF THE RUSSIAN FEDERATION

I. V. Morhachov, T. V. Daeva, V. A. Melikhov, A. V. Lebed, N. S. Gavrineva

Abstract. The financial leverage effect assessment model is universal for all enterprises. However, agro-industrial complex organizations are significantly dependent on the use of bank loans, so the model under study is relevant for them. In addition, the proposed provisions clarifying the concept of its use were formed on the basis of a study of the dynamics of asset profitability of Russian agricultural holdings. Average asset profitability by profit before taxes for the period 2009-2022 for average statistical agricultural holding's profitability was 7.23%, the return on current assets was 14.73% with an average bank loan rate for agricultural organizations in this period of 11%. This situation determines the possibility of a negative effect of financial leverage for the subjects under study, which requires clarification of the model for assessing its effect. It is justified to consider the effective interest rate on a bank loan as the price of borrowed capital. It is justified to consider only the amount of credit, the use of which is decided at the current moment in time without taking into account all accounts payable of the organization, as the amount of borrowed capital used in the model for assessing the effect of financial leverage. The results obtained according to the application of the financial leverage assessment model are predictive with a certain level of error, and the model itself is dynamic and allows obtaining approximate results due to the variability of micro- and macroenvironment factors. This model is largely a concept with a set of specific rules, the implementation of which leads to the economic feasibility of using a bank loan to scale up a business. Taking into account the relatively low rates of return on assets in the agro-industrial complex sector, the possibility of using the rate of return on current assets in the model for assessing the effect of financial leverage is justified, but only in the case of targeted use of loans for the acquisition of this type of assets, and as an additional step of analysis, when the return on all assets is less than or equal to the cost of using a bank loan.

Key words: agroholding, borrowed funds, bank loan, bank loan rate, effect of financial leverage, return on assets, return on current assets, agro-industrial complex sector.

References

1. Morhachov IV. Kolpakova EA. [The need to target the profitability of assets and equity in agricultural enterprises]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2023; 5. 24-28 p.

2. Morhachov IV, Chugai DYu, Lebed AV, Bystrova TS. [Assessment of borrowed funds management of Russian agricultural holdings]. APK: ekonomika, upravlenie. 2024; 3. 46-55 p.

3. Khabirov GA, Nigmatullina GR, Salimova GA, Galeev AF. [Diagnostics and management of financial stability of organizations]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2023; 8. 55-60 p.

4. Trach DM. [Managing the financial stability of the enterprise].APK:ekonomika, upravlenie. 2023; 2. 24-30 p.

5. Nazarova VV, Glebov SP. [The relationship between working capital management and the company's performance]. Finansy: teoriya i praktika. 2018; Vol.22. 4(106). 114-129 p.

6. Pekin SD, Fokeeva KV. [Calculation of the effect of financial leverage based on financial statements]. Science Time. 2015; 10(22). 277-281 p.

7. Listopad EV, Ronova GN. [The effect of financial leverage as a way to determine the financial risk of an organization]. Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2015; 12-3. 73-77 p.

8. Bikmetova ZM. [Calculation of the effect of financial leverage and return on equity using the example of IT companies]. Aktualnye voprosy sovremennoy ekonomiki. 2022; 8. 30-35 p. DOI 10.34755/IR0K.2022.30.27.043.

9. Golovaneva EA, Ulyanova ZhA. [The effect of financial leverage in assessing the efficiency of capital use in an agricultural organization]. Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2022; 3(35). 186-191 p.

10. Adamaitis LA, Babintsev AI, Adamaitis IM. [Analysis of return on equity and the effect of financial leverage]. Vektor ekonomiki. 2020; 11(53). 42-56 p.

11. Morhachov I, Ovcharenko E, Ivchenko E, Buchniev M & Klius Yu. Influence of the effect of financial leverage on the course of investment processes on the stock market. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2021; 2 (37). 171-179 p https://doi.org/10.18371/fcaptp.v2i37.229956

12. Al-Hawatmah Z, Shaban OS. The effect of financial leverage on company's capital structure: Evidence from developing market. Corporate & Business Strategy Review. 2023; 4(2). 168-174 p. https://doi.org/10.22495/cbsrv4i2art15

13. Anagnostopoulou SC, Tsekrekos AE. The effect of financial leverage on real and accrual-based earnings management. Accounting and Business Research. 2017; 47 (2). 191-236 p. doi: https://doi.org/10.1080/00014788.2016.1204217

14. Financial results of public companies. [Internet]. [cited 2023, August 06]. Available from: https://www.list-org.com/

Authors:

Morhachov Illia Viktorovich—Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department Management and Logistics in the Agro-industrial Complex, e-mail: Morgachov-ilya@yandex.ru

Daeva Tatyana Viktorovna—Candidate of agricultural sciences, Associate Professor of Department Management and Logistics in the Agro-industrial Complex, e-mail: daeva_tatyana@volgau.com

Melikhov Viktor Alekseevich—Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Accounting and Information Technologies and Audit, email: melikhov707@yandex.ru

Gavrineva Natalya Sergeevna—teacher of Department Management and Logistics in the Agro-industrial Complex, e-mail: nataliagavrineva@gmail.com

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Lebed Anna Viktorovna—candidate of Legal Sciences, Associate Professor at the Department of Constitutional Law, RANEPA, e-mail: lebed-av@ranepa.ru

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

DOI 10.12737/2073-0462-2024-146-153
УДК 338.24.01

СОЦИАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЙ МАРКЕТИНГ В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

С. М. Осадчая

Реферат. Развитие социально ориентированной экономики в РФ актуализирует вопросы использования в практике управления хозяйствующими субъектами концепции социально-этического маркетинга, ориентированной на гармоничное сочетание в своей деятельности инструментов, обеспечивающих эффективную коммерческую деятельность с реализацией социальных целей, программ и проектов. Данное направление является значимым и, в определенной степени, естественным явлением для предприятий агропромышленного комплекса. Выступая гарантом продовольственной безопасности, деятельность сельскохозяйственных предприятий, сама по себе, является социально значимой, а использование социально-этического маркетинга в управлении повышает значимость таковых. Осуществляя сопровождение около 50 юридических лиц, ГК «Агро-Белогорье является лидером производителей свинины в России. Деятельность агропромышленного холдинга эффективна: за период 2017-2022 года в ГК «Агро-Белогорье» величина выручки увеличилась на 49,7% и составила 469015 тыс. рублей; на 216,8% за данный период увеличился показатель чистой прибыли (она составила более 73 млн. рублей в 2022 году). Финансовое положение компании можно охарактеризовать как устойчивое, на 31.12.2023 лучше, чем у большинства сопоставимых по масштабу деятельности организаций РФ (результаты независимой аудиторской проверки). Чистые активы компании в 379 555,9 раза превышают уставный капитал. Концепция и философия управление ГК предполагает активное использование социально-маркетинговой концепции, которая состоит в осуществлении социально ответственной деятельности в отношении внешней (экологическая ответственность, социально ориентированная производственная деятельность, развитие рекреационной зоны, развитие медицинский услуг, профориентация) и внутриорганизационной среды. Результаты проведенного исследования подтверждают целесообразность использования в практике управления ГК «Агро-Белогорье» инструментов социально-этического маркетинга. Социально ответственное поведение ГК способствует, прежде всего, реализации важнейшей стратегической цели РФ и региона - повышение качества и уровня жизни населения; положительным образом отражается на деловой репутации, имидже организации и, в конечном итоге, на ее конкурентоспособности в долгосрочной перспективе. Также с помощью метода корреляционно- регрессионного анализа были получены результаты, указывающие на эффективность внедрения системы управления организацией на основе использования концепции социально-этического маркетинга.

Ключевые слова: сельское хозяйство, предприятие агропромышленного комплекса, управление, маркетинг, социально-этический маркетинг, социальная ответственность.

Введение. В условиях формирования и развития социально ориентированной рыночной экономики как важнейшего стратегического направления РФ, возрастает роль и значимость сельского хозяйства – отрасли, выступающей гарантом продовольственной безопасности государства, в целом, и регионов, в частности. Данный кластер обеспечивает население страны качественными, безопасными, доступными продуктами питания [1, 2]. При этом, учитывая тот факт, что современные сельскохозяйственные предприятия осуществляют свою деятельность в условиях жесткой конкуренции [3, 4], дифференциации вкусов и предпочтений потребителей, которые нуждаются не только в самом продукте, но и в получении дополнительных благ (удовлетворении социально значимых потребностей, решении социальных проблем) [5], отдельные из них используют в практике управления инструменты социально-этического маркетинга, ориентируясь не только на экономическую эффективность хозяйственной деятельности, но и на реализацию социально значимых программ и проектов, способствуя, тем самым, достижению важнейшей стратегической цели – повышение уровня и качества жизни населения. Безусловно, вопросы социальной ответственности бизнеса и использования в практике управления инструментов социально-этического маркетинга находят как сторонников, так и критиков со стороны отдельных ученых и специалистов. Так, вопросы использования в практике управления хозяйствующими субъектами концепции социально-этического маркетинга и его инструментов, обоснования и актуализации таковых рассматривались рядом отечественных и зарубежных ученых и практиков: Армстронг Г., Вонг В., Благова Ю. Е., Ивановой О. А., Канайкиной О. В., Коротковой Т. Л., Котлера Ф. [6], Ниджуис Д. О., Океановой З. К., Рейш М., Синяевой И.М., Яни Дж. С. и других. При этом, противниками данной концепции выступают Фридман М., Левит Т., Хайек Ф. [7, 8], указывая на нецелесообразность социально ответственного поведения в деятельности коммерческих организаций. Колодко Г.В., Семененко И. также определяют социальную ответственность как «модную дымовую завесу», указывая на то, что затраты коммерческого предприятия на социально ответственное поведение противоречат принципу максимизации прибыли.

Потому считаем интересным рассмотреть опыт управления деятельностью крупного агропромышленного холдинга с использованием концепции социально-этического маркетинга и определить целесообразность осуществления деятельности коммерческой организации с использованием принципов и инструментов социальной ответственности, то есть использования концепции социально-этического маркетинга в системе управления организацией. Целью исследования является оценка влияния величины социальных инвестиций на величину прибыли ГК «Агро-Белогорье» как одного из показателей эффективности ее деятельности для определения возможности и экономической целесообразности (обоснованности) использования в практике управления коммерческой организацией социально-этического маркетинга.

Объектом исследования выступает группа компаний «Агро-Белогорье» (ГК «Агро-Белогорье») (РФ, Белгородская обл.) - один из лидеров производителей свинины в РФ [9].

Условия, материалы и методы. При написании статьи использовались методы сбора, сравнения и анализа статистических данных о социально ответственной деятельности группы компаний агропромышленного комплекса региона – одного из лидера свиноводческой отрасли РФ. Анализ показателей развития группы компаний производился по данным Территориальной службы государственной статистики за 2017-2022 годы. Результаты, представленные в статье, основываются на использовании экономических методов исследования, системном и структурно-функциональном подходе к исследованию концептуальных проблем.

Результаты и обсуждение. Сельское хозяйство – важнейшая социально значимая отрасль народного хозяйства, способствующая развитию территорий, в том числе, сельских, повышению качества жизни населения. Современная теория и практика управления накопила достаточное количество подходов и концепций, способствующих перманентному эффективному развитию хозяйствующих субъектов, одним из которых является социально-этический маркетинг. Согласно данной концепции, хозяйствующие субъекты, помимо очевидной для коммерческого предприятия цели получения и максимизации прибыли, реализует социальные цели, нейтрализует или ослабляет влияние социальных проблем, формируя тем самым благоприятный имидж, укрепляя деловую репутацию и, соответственно, конкурентоспособное положение на рынке. Однако, на данный момент актуальны вопросы возможности и экономической целесообразности реализации социально ответственного поведения для коммерческой организации. А потому считаем целесообразным изучить опыт реализации социально ответственного поведения на уровне отдельного хозяйствующего субъекта и определить целесообразность такового.

В рамках нашей работы проведено эмпирическое исследование на материалах группы компаний «Агро-Белогорье» - одного из крупнейших производителей свинины РФ, лидера свиноводческой отрасли Белгородской области. По данным отраслевого сообщества «Национального союза свиноводов» на протяжении долгого времени «ГК Агро-Белогорье» входит в 10 крупнейших производителей свинины в РФ с рентабельностью свиноводческого подразделения на данный момент 37,3% (табл. 1) [10].

Таблица 1 - Рейтинг крупнейший производителей свинины в РФ за период с 2017 по 2022 года

№ п/п	Наименование предприятия	2017 год		2020 год		2021 год		2022 год	
		Место в рейтинге	Доля в общем объеме выпуска свинины на убой в РФ, %	Место в рейтинге	Доля в общем объеме выпуска свинины на убой в РФ, %	Место в рейтинге	Доля в общем объеме выпуска свинины на убой в РФ, %	Место в рейтинге	Доля в общем объеме выпуска свинины на убой в РФ, %
1	АПХ "МИРАТОРГ"	1	10,9	1	10,7	1	11,2	1	12,6
2	ГК "Черкизово"	2	5,5	4	6,3	8	4,9	8	4,9
3	ГК "РусАгро"	3	5,4	3	6,3	4	6,2	3	6,4
4	"ГК Агро-Белогорье"	4	4,7	6	5,1	6	5,1	7	5,0
5	ООО "Великолукский свиноводческий комплекс"	5	4,6	2	6,3	3	6,2	5	5,7
6	ООО "Агропромкомплектация"	6	4,3	5	5,3	7	5	6	5,1
7	АО "Сибагро"	-	-	7	4,9	2	7,4	2	7,4
8	ГК АГРОЭКО	8	3,7	8	4,6	3	5,5	4	6,1

В целом, ГК осуществляет сопровождение около 50 юридических лиц, осуществляющих профильные и непрофильные виды деятельности для компании.

Основные виды бизнеса ГК «Агро-Белогорье» реализуются следующими предприятиями:

- 20 свинокомплексов, расположенных в 9 районах Белгородской области. Среднемесячная численность поголовья составляет 1 млн. 200 тысяч голов. Особое внимание в ГК уделяется биобезопасности, ветеринарному контролю и соблюдение экологических требований. Все свинокомплексы «Агро-Белогорье» отнесены к наивысшему IV компартменту биозащиты;

- 3 зерновые компании с земельным фондом более 150 тыс. га;

- комбикормовые заводы с совокупной производственной мощностью 777 тыс. тонн в год;

- мясоперерабатывающий завод «Агро-Белогорье» - производителя потребительской и индустриальной продукции (170 тыс. тонн в год);

- торговый дом с ассортиментом продукции более 200 наименований. Основные виды деятельности ТД: хранение, логистика и реализация мясной продукции холдинга «Агро-Белогорье».

Реализация непрофильных видов бизнеса осуществляются следующими предприятиями:

- ООО «Грайворонская молочная компания», рассчитанная на производство 21,5 тыс. тонн молока в год;

- Санаторно- курортный комплекс RIVIERA WELLNESS RESORT.

Деятельность ГК «Агро-Белогорье» является рентабельной, ГК за период 2017-2022 года, в целом, развивается с положительной динамикой о чем свидетельствуют показатели выручки от продаж, прибыли до налогообложения, чистой прибыли. Так, за период 2017-2022 года в ГК «Агро-Белогорье» величина выручки возросла на 49,7% и составила более 468,015 млн. рублей. За анализируемый период прибыль до налогообложения увеличилась на 229,2%; показатель чистой прибыли в 2022 году составил 73477 тыс. рублей, что на 216,8% больше показателя 2017 года. Однако, в 2022 году в сравнении с показателями 2021 года на фоне положительной динамики показателя выручки (рост составил 4,23%) отмечается снижение показателей прибыли до налогообложения и чистой прибыли по причине освоения новых инновационных видов деятельности в рамках реализуемой ГК стратегии диверсификации (рис. 1).

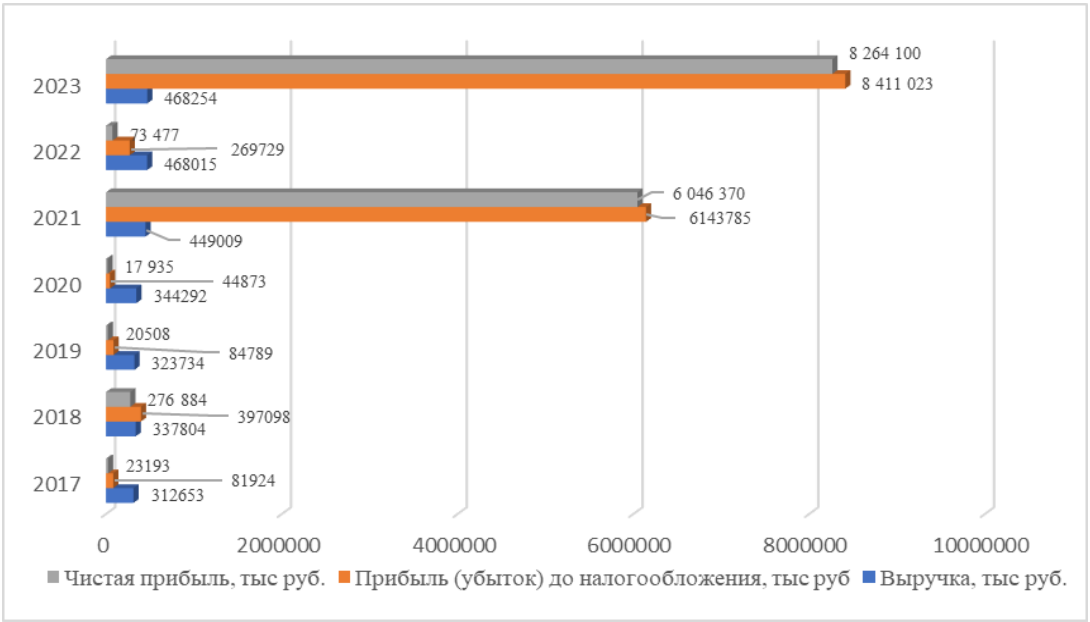


Рис. 1 - Результаты хозяйственной деятельности ГК «Агро-Белогорье» за период 2017-2023 года

В 2023 году ситуация нормализовалась. Так, показатель прибыль до налогообложения составил 841,023 млн. рублей, что на 36,9% больше аналогичного показателя 2021 года; показатель чистой прибыли вырос на 36,68% в сравнении с показателем 2021 года и составил 8264,1 млн. рублей, что свидетельствует о целесообразности вложений в развитие бизнеса в 2022 году.

Динамика чистых активов (собственного капитала) и общей величины активов организации представлены на рисунке 2.

Соотношение чистых активов ГК «Агро-Белогорье» с величиной уставного капитала (превышают в 379 555,9 раз) положительно характеризуют финансовое положение компании, максимально удовлетворяя требованиям нормативных актов к величине чистых активов организации. На 31.12.2022 год структура активов организации характеризуется таким соотношением: 11% внеоборотных активов и 89% текущих.

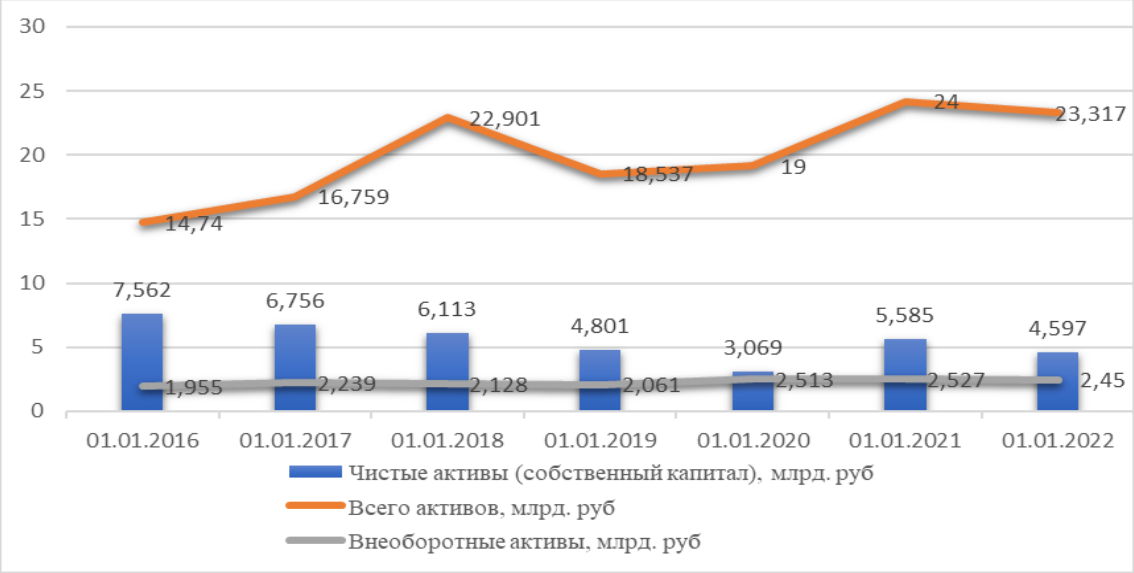


Рис. 2 - Динамика отдельных показателей баланса ГК «Агро-Белогорье» за период 2017-2022 года

Диверсификация деятельности холдинга является залогом эффективной коммерческой деятельности за счет интеграции производственных, логистических, коммерческих и прочих процессов; отсутствия посредников; возможности получения синергического эффекта. При этом, социальная ответственность является важнейшей составляющей организационной культуры ГК «Агро-Белогорье». Базовая цель реализации социальных проектов вторит и напрямую коррелирует с основной целью Стратегии развития Белгородской области – повышение уровня и качества жизни населения региона [9]. ГК, помимо того, что обеспечивает потребителя качественной продукцией, перманентно реализует множество социальных проектов разной направленности: социально ответственная производственная деятельность; развитие рекреационной зоны; оказание медицинских услуг; активная профориентационная деятельность на уровне региона; экологическая ответственность (рис. 3).



Рис. 3 - Направления реализации социально ответственной деятельности ГК «Агро-Белогорье»

Так, в рамках производственной деятельности при поддержке и активном финансировании ГК «Агро-Белогорье» в регионе функционирует ZMS-TECHNOLOGY – предприятие-лидер на рынке высокоточной обработки металла. Это завод производит детали и изделия для предприятий АПК, промышленности, строительства, коммунального хозяйства, энергетического комплекса, объектов благоустройства, бытовой сферы, обеспечивая высококачественной продукцией по более доступной, в сравнении с зарубежными аналогами высококачественной продукцией. С 2019 года в регионе при поддержке ГК «Агро-Белогорье» функционирует фруктохранилище, оснащенное современным оборудованием с использованием технологии ULO (ультранизкое содержание кислорода) и DCA (динамическая контролируемая атмосфера), позволяющих максимально долго обеспечивать внешний вид и вкусовые качества фруктов.

В рамках развития рекреационной зоны ГК «Агро-Белогорье» реализовывало и реализует такие социальные проекты, как: аквапарк - всесезонный парк развлечений площадью более 12 тыс. квадратных метров и единовременной вместимостью – 700 человек; облагороженный природный парк в сосновом бору площадью 85 гектаров, в котором действует скалодром, веревочный городок, аттракционы, велопрокат, тир, комфортные летние беседки для отдыха и прочее; Парк роз площадью 6 гектаров со светомузыкальным фонтаном; Белгородский зоопарк площадью 25 га на 350 животных; Динопарк площадью 8,4 гектара с 88 роботизированными моделями динозавров в натуральную величину. На данный момент реализуется проект по облагораживанию 35 тыс. гектаров без вырубки леса и вмешательства в природную экосистему в Муромском лесу области с оборудованием смотровых площадок, вольера, где поселятся дикие животные: лани, косули, муфлоны.

Важнейшим направлением социальной политики ГК «Агро-Белогорье» является развитие медицинских услуг. При поддержке ГК открыт и функционирует медицинский центр «Евромед», где оказывается профессиональная медицинская помощь, проводятся профилактические осмотры проживающего в области населения. Также ГК принадлежит проект по созданию и организации работы с 2017 года передвижного медицинского комплекса «Поликлиника на колесах». Благодаря этому проекту качественную медицинскую помощь может получить любой житель самых отдаленных уголков Белгородской области.

В рамках поддержки образовательных учреждений ГК «Агро-Белогорье» оказывает помощь в развитии полноценной материально -технической базы двум средним профессиональным учебным заведениям. Также в области реализован проект по созданию и функционированию на 3 тыс. квадратных метрах города в миниатюре, со своей инфраструктурой, законами «Мастерславль» - детский профориентационный игровой центр.

Особое значение для региона имеет деятельность, сопряженная с экологической ответственностью. Так, компания «АльтЭнерго» при поддержке ГК «Агро-Белогорье» осуществляет инновационную деятельность в сфере поиска прогрессивных решений в области альтернативной энергетики. Предприятие решает две важные задачи: переработка отходов сельскохозяйственных предприятий и производство, так называемой, «зеленой» энергии. В дополнение, как продукт переработки, предприятие производит высокоэффективные органические биоудобрения. При поддержке ГК в области функционирует завод по переработке и утилизации отходов животного происхождения мощностью 150 тонн в сутки с гарантированными качественными показателями готовой продукции в соответствии с ГОСТ и европейским стандартам качества.

Таким образом, ГК «Агро-Белогорье» относится к тем немногим компаниям, которые осуществляют социально ответственную деятельность не ситуативно, а перманентно, на постоянной основе, что положительным образом отражается на ее деловой репутации [10].

Наряду с социально ответственной деятельностью ГК в отношении потребителя, общества, важное значение в реализации концепции социально-этического маркетинга принадлежит реализации внутриорганизационных социальных проектов [10].

Основными направления внутриорганизационной социально ориентированной деятельности ГК «Агро-Белогорье» выступают: развитие корпоративной культуры; развитие персонала и перманентное повышение его квалификационного уровня, обретение новых профессиональных компетенций, развитие и совершенствование навыков работы в команде, совершенствование коммуникационных навыков; материальная помощь сотрудникам; программы оздоровления персонала.

При этом, затраты на реализацию социально ответственных мероприятий, программ перманентно возрастают (рис. 4).

Рассмотрим, каким образом влияет динамика величины социальных инвестиций ГК на величину прибыли ГК как одного из показателей эффективности ее деятельности. В качестве гипотезы исследования мы выдвигаем предположение о положительной связи данных показателей: величины чистой прибыли и вложений на реализацию социально ответственной детальности по соответствующим направлениям: социально ответственная производственная деятельность, экология ($\Delta I_{соц.\ пд,\ эк}$); развитие территории ($\Delta I_{разв.тер.}$); развитие медицинских услуг ($\Delta I_{мед.усл.}$); профориентационная деятельность ($\Delta I_{проф.деят}$); внутренняя социальная ответственность (социально ответственная политика в отношении персонала ГК) ($\Delta I_{внутр\ со}$).

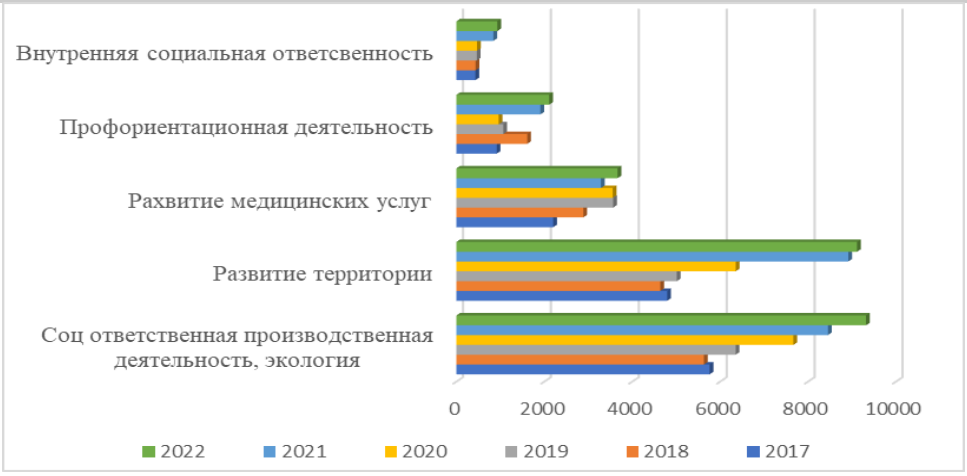


Рис. 4 – Объем инвестиций на реализацию социально ответственной деятельности ГК «Агро-Белогорье» за период 2017-2022 года, тыс. рублей

Таким образом, в регрессионной модели в качестве зависимой переменной выступает изменение прибыли ГК компаний за 5 лет по сравнению с предыдущим годом; в качестве независимых переменных — показатели изменения наиболее значительных социальных инвестиций, указанных ранее.

Модель выглядит следующим образом:

Таблица 2 – Результаты регрессионного анализа

Показатель	Коэффициент регрессии	t-статистика	Коэффициент детерминации R^2	F-статистика
$\Delta I_{соц.\ пд,\ эк}$	79,368	2,33559		
Δ Iразв.тер.	109,648	4.01784		
$\Delta I_{мед.усл..}$	7,357	0,00357		
$\Delta I_{проф.деят.}$	0,487	0,00436		
$\Delta I_{внутр\ со}$	86,156	3,43612		
			0,664443	8,333678

$$\Delta ЧП = a_0 + a_i\ \Delta I_{соц.\ пд.эк} + a_2\ \Delta I_{разв.\ тер.} + + a_3\ \Delta I_{мед.\ усл.} + a_4\ \Delta I_{проф.\ деят.} + a_5\ \Delta I_{внутр.\ со}; \quad (1)$$

где ΔЧП - изменение величины чистой прибыли;

ai - коэффициенты регрессии;

$\Delta I_{соц.\ пд.эк}$ - изменение объема социальных инвестиций на социально ответственную производственную деятельность и экологию;

$\Delta I_{разв.\ тер.}$ - изменение объема социальных инвестиций на развитие территории;

$\Delta I_{мед.\ усл}$ - изменение объема социальных инвестиций на медицинские услуги;

$\Delta I_{проф.\ деят.}$ - изменение объема социальных инвестиций на реализацию профориентационной деятельности;

$\Delta I_{внутр\ со}$ – изменение величины вложений на социально ответственное поведение в отношении сотрудников компании.

В результате проведенного анализа становится возможным сделать следующие выводы:

Коэффициент детерминации R2 = 0,66 подтверждает достаточную взаимосвязь между исследуемыми показателями, F-тест — адекватность построения модели на уровнях значимости 0,8. Однако t-статистика не подтвердила статистическую значимость некоторых коэффициентов на предложенных уровнях значимости. Таким образом, выявлена положительная корреляция между инвестициями ГК «Агро-Белогорье» на социально ответственную производственную деятельность и экологическую ответственность; развитие территории; внутреннюю социальную ответственность. Связь изменения прибыли ГК и инвестиций на экологию и профориентационную деятельность и развитие медицинских услуг не обнаружена.

Выводы. По результатам проведенного исследования опыта реализации и оценки эффективности социально-этического маркетинга в практике управления предприятием агропромышленного комплекса, можно сделать следующие выводы;

1) социально-этический маркетинг, как актуальная для современных условий развития социально-ориентированной экономики концепция управления организацией, является действенной для сельскохозяйственных предприятий. Деятельность предприятий агропромышленного комплекса как гаранта продовольственной безопасности, сама по себе, является социально значимой, а использование социально-этического маркетинга в большей степени повышает значимость таковых;

2) деятельность ГК «Агро-Белогорье» - одного из крупнейших производителей свинины в РФ, диверсифицирована и эффективна за счет интеграции производственных, логистических, коммерческих и прочих процессов, о чем свидетельствуют показатели выручки от продаж, прибыли до налогообложения, чистой прибыли. Финансовое положение ГК стабильно;

3) социально-этический маркетинг как концепция управления и социально ответственная деятельность является важнейшей составляющей реализуемой ГК стратегии и организационной культуры ГК «Агро-Белогорье». Базовая цель реализации социальных проектов напрямую коррелирует с основной целью Стратегии развития Белгородской области – повышение уровня и качества жизни населения региона;

4) социально ответственное поведение ГК «Агро-Белогорье» в рамках реализации концепции социально-этического маркетинга благоприятным образом отражается не только на имиджевых и репутационных характеристиках компании, но и благодаря эффективно реализуемой внутренней социально ответственной деятельности, направленной на персонал, социально ответственной производственной деятельности и экологической ответственности, развития территории, позволяет компании осуществлять рентабельную деятельность, занимать более представительное место в системе рейтингования, быть инвестиционной привлекательной, то есть, положительно влияет на эффективность деятельности ГК.

Литература

1. Валиев, А.Р., Низамов, Р.М., Сафин, Р.И., Мухаметгалиев, Ф.Н., Нежметдинова, Ф.Т. Приоритеты развития агропромышленного комплекса и задачи аграрной науки и образования // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. 17. № 1(65). С. 97-107.

2. Скрыльникова Н.А., Ложникова А.В., Щетинин П.П. Синтез долгосрочного научно-технологического и социально-экономического прогнозирования в современной России // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2013. № 4(24). С. 37–47.

3. Лавренова Г.А., Лавренова Е.В., Красникова А.В., Ткачева Ю.В. Анализ факторов, оказывающих влияние на эффективность инновационной деятельности предприятия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 190-189.

4. Чередниченко О.А., Дорофеев А.Ф., Довготько Н.А., Рыбасова Ю.В. Оценка степени согласованности целевых ориентиров развития национальной агропродовольственной системы с приоритетами Повестки 2030 // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 190-209.

5. Газетдинов, Ш. М. Сельская территория как система взаимодействия экономических и социальных процессов / Ш. М. Газетдинов, М. Х. Газетдинов, О. С. Семичева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16, № 4(64). С. 82-87.

6. Philip Kotler, Waldemar Pfoertsch, and Uwe Sponholz, H2H Marketing: The Genesis of Human-to-Human Marketing, 2021. 259 p.

7. Levitt T. The Globalization of Markets. URL: https://hbr.org/1983/05/the-globalization-of-markets/ (дата обращения: 01. 04.2023)

8. Hayek Friedrich August. Law, Legislation, and Liberty, Volume 19: University of Chicago Press, 2021

9. Корпоративный сайт ГК «Агро-Белогорье» [Электронный ресурс] URL: https://agrobel.ru/ / (дата обращения:3 0.11.2023)

10. https://www.agroinvestor.ru/

Сведения об авторах:

Осадчая Светлана Михайловна—кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, e-mail: osad_star@inbox.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия.

SOCIAL AND ETHICAL MARKETING IN THE PRACTICE OF AGRICULTURAL ENTERPRISE MANAGEMENT: IMPLEMENTATION EXPERIENCE, EFFICIENCY

S. M. Osadchaya

Abstract. The development of a socially oriented economy in the Russian Federation actualizes the use of the concept of social and ethical marketing in the practice of managing business entities, focused on the harmonious combination in their activities of tools that ensure effective commercial activities with the implementation of social goals, programs and projects. This direction is significant and, to a certain extent, a natural phenomenon for enterprises of the agro-industrial complex. Acting as a guarantor of food security, the activities of agricultural enterprises, in themselves, are socially significant, and the use of social and ethical marketing in management increases their importance. Providing support to about 50 legal entities, Agro-Belogorye Group of Companies is the leader of pork producers in Russia. The activities of the agro-industrial holding are effective: for the period 2017-2022 in the Agro -Belogorye Group of Companies, revenue increased by 49.7% and amounted to 469,015 thousand rubles; net profit increased by 216.8% (it amounted to more than 73 million rubles in 2022) over this period. The financial position of the company can be characterized as stable, as of December 31, 2023, better than that of most Russian organizations comparable in scale of activity (results of an independent audit). The company's net assets are 379 555.9 times the authorized capital. The concept and philosophy of GC management involves the active use of a social marketing concept, which consists of carrying out socially responsible activities in relation to the external (environmental responsibility, socially oriented production activities, development of a recreational area, development of medical services, career guidance) and internal organizational environment. The results of the study confirm the feasibility of using social and ethical marketing tools in the management practice of Agro-Belogorye Group of Companies. Socially responsible behavior of the Group of Companies contributes, first of all, to the implementation of the most important strategic goal of the Russian Federation and the region - improving the quality and standard of living of

the population; has a positive impact on the business reputation, image of the organization and, ultimately, on its competitiveness in the long term. Also, using the net present value method, results were obtained indicating the effectiveness of the implementation of a corporate system for managing social projects in an organization.

Key words: agriculture, agro-industrial enterprise, management, marketing, social and ethical marketing, social responsibility.

References

1. Valiev AR, Nizamov RM, Safin RI, Mukhametgaliev FN, Nezhmetdinova FT. [Priorities for the development of agro-industrial complex and the tasks of agricultural science and education]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 1(65). 97-107 p.

2. Skrylnikova NA, Lozhnikova AV, Shchetinin PP. [Synthesis of long-term scientific, technological and socio-economic forecasting in modern Russia]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. 2013; 4 (24). 37-47 p.

3. Lavrenova GA, Lavrenova EV, Krasnikova AV, Tkacheva YuV. [Analysis of factors influencing the efficiency of enterprise innovation activities]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.15. 4(75). 190-189 p.

4. Cherednichenko OA, Dorofeev AF, Dovgotko NA, Rybasova YuV. [Assessing the degree of consistency of the development targets of the national agri-food system with the priorities of Agenda 2030]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.15. 4(75). 190-209 p.

5. Gazetdinov ShM, Gazetdinov MKh, Semicheva OS. [Rural territory as a system of interaction of economic and social processes]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 4(64). 82-87 p.

6. Philip Kotler, Waldemar Pfoertsch and Uwe Sponholz, H2H Marketing: The genesis of human-to-human marketing. 2021; 259 p.

7. Levitt T. The globalization of markets. [cited 2023, April 01]. Available from: https://hbr.org/1983/05/the-globalization-of-markets/

8. Hayek Friedrich August. Law, legislation, and liberty. Volume 19: University of Chicago Press, 2021.

9. Corporate website of Agro-Belogorye Group of Companies. [cited 2023, November 30]. Available from: https://agrobel.ru/

10. Magazine for investors in the agro-industrial complex and managers. Available from: https://www.agroinvestor.ru/

Author:

Osadchaya Svetlana Mikhaylovna – Ph.D. of Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management and Marketing, e-mail: osad_star@inbox.ru
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-154-160
УДК 332.05

ОЦЕНКА ШОКОУСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИМПОРТА

М. Р. Сафиуллин, Р. Т. Бурганов, А. М. Мингулов

Реферат. Сформировавшиеся в теории регионального экономического роста модели неоклассического, кумулятивного, институционального толка не способны в полной мере интерпретировать процессы социально-экономических трансформаций в условиях внешнего давления на национальную экономическую систему. В этой связи в пространстве научных исследований все чаще стали подниматься вопросы, связанные с необходимостью разработки новых, адаптированных к современным условиям методических подходов к обоснованию перспектив устойчивого развития экономической динамики на отраслевом и региональном уровнях в условиях системных преобразований. Одним из важнейших направлений, гармонично укладывающимся, в данный научно-исследовательский фарватер является теория шокоустойчивости. При этом если на макроуровне ее основные постулаты и методы достаточно полно освещены в российской и зарубежной научной литературе, то касательно аспектов мезо- и отраслевого уровня остается ряд методических ниш, требующих своего дальнейшего развития. На основе разработанного методического инструментария идентифицированы товарные группы, относящиеся к категории критического импорта для исследуемого региона. Установлено, что к данной категории относится товарная номенклатура «Живые животные». Полагаясь на методы эконометрического анализа определен эффект влияния данной продукции сельскохозяйственного назначения на устойчивость аграрного сектора экономики и ВРП Республики Татарстан. Установлено, что в рамках локализации поставок из-за рубежа товарной группы «Живые животные» формируются предпосылки снижения динамики роста в секторе «Сельское хозяйство» на 0,36%, что предопределяет потенциал замедления ВРП до 0,361%. Полученные оценки формируют основу для идентификации и реализации приоритетов региональной государственной политики в сфере устойчивого развития аграрного сектора в условиях внешнего давления на национальную экономику России.

Ключевые слова: шокоустойчивость, сельское хозяйство, санкционные ограничения, регион, импортозависимость, критический импорт, отраслевое развитие, прогностическая модель.

Введение. В экономической теории вопросам изучения устойчивого развития уделяется самое пристальное внимание. В соответствии с общепринятыми подходами под устойчивым развитием экономики следует понимать развитие, отвечающие требованиям настоящего и будущего поколений [1]. В более расширенной трактовке содержания данного понятия, под устойчивым развитием понимают экономический рост, сочетающийся с высоким уровнем качества жизни, оцениваемый через призму социального и экологического благополучия [2]. В соответствии с данным подходом изучение устойчивого развития социально-экономических систем с учетом потенциальных воздействий на них всевозможных факторов внешнего и внутреннего порядка концентрируется относительно соответствующей системы индикаторов. К ним принято относить показатели, оценивающие экономический, социальный, экологический и институциональный потенциал системы [3, 4].

В то же время теория экономической динамики и устойчивого развития включает в свою «орбиту» близкое по смыслу, но отличающееся по сущностному содержанию такое направление, как экономическая безопасность. Доктрина данной научно-исследовательской мысли концентрирует свое внимание на вопросах изучения факторов, обеспечивающих устойчивую экономическую динамику экономических систем в условиях перманентно и динамично изменяющихся внешних и внутренних факторов. В соответствии с одним из основоположников рассматриваемого подхода В. Парето, под экономической безопасностью следует понимать сочетание трех ключевых процессов перманентно формирующихся под давлением внешних и внутренних факторов: экономическое развитие, стабильность институтов государственного регулирования и обороноспособность государства [5].

Наконец, в качестве еще одного направления, затрагивающего вопросы устойчивого развития экономических систем, необходимо выделить теорию шокоустойчисти (в англоязычной литературе – теория резилиентности). Ее основу составляют модели, раскрывающие особенности чувствительности экономических систем к макроэкономическим шокам, как внешнего, так и внутреннего порядка [6].

Представленный обзор направлений теории экономической динамики весьма отчетливо и ярко демонстрирует дифференциацию между рассматриваемыми подходами в части концентрации исследовательского ракурса и, соответственно, выбора методического инструментария. При этом если первые два направления экономической теории (теория устойчивого развития и теория экономической безопасности) достаточно широко проработаны в методологическом плане, то концепцию резилиентности можно отнести к относительно «молодому» течению экономической мысли. В связи с чем, говорить о целостной сформированности и согласованности в научном сообществе методов исследования шокоустойчивости, в отличие от первых двух концепций,

не представляется пока возможным. Особую актуальность данная постановка вопроса приобретает на регионально-отраслевом уровне, где наблюдается явный дефицит исследований, в отличие от работ, фокусирующих внимание на изучении шокоустойчивости макроэкономических систем.

В целом же следует констатировать, что рассматриваемая теория резилиентности прочно укоренилась в пространстве научных публикаций и исследований после выхода трудов Е. Хилл [7], Р. Мартина [8], Б. Финглетона [9], Р. Лагравинес [10], Климанова В.В., Казаковой С. М., Михайловой А. А. [11], М. Р. Сафиуллина, Л. А. Ельшина [12], Н. Н. Михеевой [13], М. Ю. Малкиной [14], О. В. Кузнецовой [15], В. Е. Селиверстова [16], В. Н. Лаженцова [17], В. Н. Лексин, Б. Н. Порфирьев [18].

Обзор представленных подходов к эмпирической оценке шокоустойчивости экономических систем позволяет обнаружить их некоторые методические недочеты. Они выражены в том, что недостаточно формализованы подходы, связанные с одной из ключевой характеристик резилиентности, оценивающей готовность экономической системы противостоять макроэкономическим шокам – уязвимость к процессам трансформации внешнеэкономических связей. Однако следует отметить, что при исследовании макроэкономических шоков, связанных с санкционным давлением, важнейшей составляющей, оценивающей готовность региона и его отраслей противостоять деструктивным проявлениям, является степень интеграции в систему международных цепочек добавленной стоимости. По сути, речь идет о том, насколько исследуемые регионально-отраслевые комплексы зависимы от возможных пертурбаций в сфере экспортно-импортных операций. Насколько эффективно построены механизмы реагирования на ограничения во внешнеэкономической сфере, а также насколько гибка система организации товарных и логистических цепочек с точки зрения диверсификации географии поставок. Ответы на эти вопросы во многом будут определять степень готовности экономической системы к кризисам, спровоцированными внешними шоками (Preparation Resilience).

В соответствии с вышеизложенным, представляется целесообразным развитие сформировавшегося инструментария оценки шокоустойчивости через призму анализа и эмпирической оценки готовности регионально-отраслевых систем противостоять макроэкономическим шокам на основе обнаружения уязвимости в сфере возможной локализации доступа к внешним рынкам. При этом данную составляющую устойчивого развития необходимо исследовать через призму ключевой характеристики резилиентности, характеризующей такой важный, если не сказать, ключевой аспект применительно к предмету исследования, как импортозависимость.

Полагаясь на данный подход, а также принимая во внимание предмет исследования, целью работы является оценка влияния санкционных шоков, выраженных в локализации поставок импорта из недружественных стран, на устойчивость сельскохозяйственного сектора экономики Республики Татарстан и влияния перспектив его развития на экономический рост региона.

Условия, материалы и методы. Опираясь на предложенный методический подход, далее представлена алгоритмическая концепция реализации последовательности действий для эмпирической оценки и анализа шокоустойчивости одного из системообразующих секторов экономики Республики Татарстан – сельского хозяйства.

Учитывая, что принципиальной особенностью предложенного подхода является поиск и оценка импортозависимости отрасли, далее представлен алгоритм оценки данной составляющей, определяющей шокоустойчивость исследуемого вида экономической деятельности. Принципиально важной задачей при этом становится идентификация уязвимости региона от поставок так называемого критического импорта продукции сельскохозяйственного назначения, участвующей в создании добавленной стоимости. В концентрированной форме решение данной задачи представлено на рисунке 1.

Шаг 1. Сбор и систематизация товарной номенклатуры, импортируемой в регион по данным Федеральной таможенной службы (ФТС)
Шаг 2. Идентификация товарных групп, импортируемых в исследуемый сектор экономики
Шаг 3. Группировка товарных групп в разрезе поставок из дружественных и недружественных стран с целью идентификации критического импорта
Шаг 4. Разработка моделей, оценивающих влияние критического импорта сельскохозяйственного назначения на устойчивость развития вида экономической деятельности «Сельское хозяйство»
Шаг 5. Оценка чувствительности ВРП региона к возможной коррекции динамики развития вида экономической деятельности «Сельское хозяйство»

Рис. 1 - Методический инструментарий оценки влияния импортозависимости исследуемого сектора «Сельское хозяйство» экономики на устойчивость экономического роста региона

Источник: разработано авторами

В целях конкретизации предложенного инструментария необходимо внести ряд пояснений. Учитывая, что статистика ФТС включает в себя большую базу данных, фиксирующую поставки импорта в регион, представляется целесообразным в расчетах использовать параметры товарной номенклатуры, поставляемой из-за рубежа, доля которой превышает значение 0,5% от общего объема импорта, поставляемого в регион. Данный шаг позволит отсечь статистически незначимые позиции в поставках продукции из-за рубежа. При этом конечно же нужно отметить, что данный подход может быть подвергнут определенной критике, учитывая, что низкоудельный импорт может играть серьезную роль в формировании процессов устойчивого развития отраслей и региона в целом. Осознавая данный факт, а также принимая во внимание, что товарная номенклатура импорта, поставляемого в Республику Татарстан включает в себя около 100 позиций, импортируемых более, чем из 150 стран мира, сосредоточение внимание на «мелких» позициях приведет к усложнению модели и ее последующей интерпретации. Кроме того, необходимо отметить, что в условиях глобализации мирохозяйственных связей узкоспециализированный импорт может найти себе замену в рамках смены географии поставок.

Также требуется дать пояснение относительно того, что понимается под критическим импортом (Шаг 3). Под ним в настоящем исследовании будет пониматься импорт, поставляемый на момент 2021 года из недружественных стран (в соответствии с настоящей градацией иностранных юрисдикций) возможность замещения которого из дружественных стран затруднительна ввиду отсутствия поставок из них в предыдущие периоды (классификационный номер 1). Вместе с тем, в случае если потенциал замещения импорта из недружественных юрисдикций имеется в рамках сформировавшихся потоков поставок аналогичной продукции из дружественных стран, данный тип импорта также будет отнесен к группе критического, но иметь при этом классификационный номер 2.

В качестве информационной основы для проведения анализа выступают данные Федеральной таможенной службы[19] относительно ввоза на территорию Республики Татарстан импорта товаров в разрезе 97 товарных номенклатур и 150 стран, участвующих во внешнеэкономических операциях в 2021 году с резидентами Республики Татарстан.

Результаты и обсуждение. Руководствуясь предложенными методическими решениями, в таблице представлены результаты обработки статистических данных, раскрывающих основные параметры поставок в регион продукции из-за рубежа в разрезе дружественных и недружественных стран в 2021 году. Данный период выбран с целью идентификации импортозависимости региона и его секторов экономики на момент острого обострения внешнеполитической конъюнктуры, повлекшей за собой трансформацию в сфере внешнеэкономической деятельности. По результатам фильтрации поставляемой продукции в регион по критерию не менее 0,5% от общего объема импорта, в общую выборку вошли 14 основных товарных групп с совокупной долей в валовом импорте региона в 79,1%.

Таблица – Распределение поставок импорта по степени его критичности для региона, млн долларов США

	01 - шт-живые животные	04 - молочная продукция; яйца птиц; мед натуральный; пищевые продукты животного	27 - топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки; битуминозные вещества; воски минеральные	…	90 - инструменты и аппараты оптические, фотографические, кинематографические, измерительные, контрольные, и др.	94 - мебель; постельные принадлежности; лампы и осветительное оборудованиесборные строительные конструкции	всего	доля соответствующей категории импорта в общем объеме, поставляемого из недружественных стран, в %
Критический импорт (классификационный номер 1)	80,0			…	72,4		239,7	13,0
Критический импорт (классификационный номер 2)		23,2		…			603,1	32,6
Некритический импорт			23,0	…		68,5	1007,03	54,4

Источник: разработано авторами по данным Федеральной таможенной службы РФ

В соответствии с полученными оценками, в Республике Татарстан к категории критического импорта (группа 1) относится товарная номенклатура «Живые животные» (код ТН 01). Другие товарные номенклатуры, участвующие в создании добавленной стоимости сельскохозяйственного сектора экономики региона, не вошли в рассматриваемую категорию. Тем самым, все дальнейшие исследовательские итерации будут сосредоточены на поиске зависимости устойчивого развития исследуемого вида экономической деятельности «Сельское хозяйство» от пертурбаций поставок критического импорта, участвующего в создании добавленной стоимости рассматриваемого вида экономической деятельности.

Руководствуясь разработанными методическими решениями, ключевая задача состоит в том, чтобы определить значения регрессоров в нелинейной функции, характеризующей уровень влияния поставок идентифицированной группы критического импорта («Живые животные») на перспективы траектории развития профильного вида экономической деятельности («Сельское хозяйство»), с последующим построением прогностической оценки динамики ВРП в рамках возможных коррекций.

Последовательность расчетов и реализации методических итераций представлена в виде реализации двух ключевых шагов.

Шаг 1. Влияние рассматриваемого вида ТН «Живые животные» на ОКВЭД «Сельское хозяйство» рассчитывается в рамках построения нелинейной функции вида:

$$AI = 1{,}151 * CI^{0{,}0036} \quad (1)$$

где:AI (agricultural industry) – «Сельское хозяйство», годовые темпы роста;

CI (critical import) – импорт товаров по товарной номенклатуре «Живые животные», млрд. руб.

Параметры статистической значимости соответствуют нормативным значениям. $R^2 = 0{,}71$; критерий p – значения меньше заданного уровня значимости 0,05.

Шаг 2. Осуществляется оценка влияния прогнозируемого изменения темпов роста исследуемого вида экономической деятельности на динамику ВРП:

$$GRP = 1{,}015 * AI^{1{,}0024} \quad (2)$$

где: GRP – валовой региональный продукт Республики Татарстан, темпы роста в % к предыдущему году;

AI (agricultural industry) – «Сельское хозяйство», темпы роста в % к предыдущему году.

Статистическая значимость полученного уравнения также соответствует нормативным параметрам ($R^2 = 0{,}78$; p – значения $\leq 0{,}05$).

Результаты полученного уравнения можно интерпретировать следующим образом: рост годовых темпов роста в секторе «Сельское хозяйство» на 1% приводит к увеличению показателя ВРП на 1,0013%. Учитывая, что согласно ранее полученным оценкам, в рамках локализации поставок критического импорта из недружественных стран по товарной номенклатуре «Живые животные» (группа 1) формируются предпосылки снижения динамики роста в секторе «Сельское хозяйство» на 0,36%, прогнозируемое снижение ВРП может составить 0,361% (рис. 2).

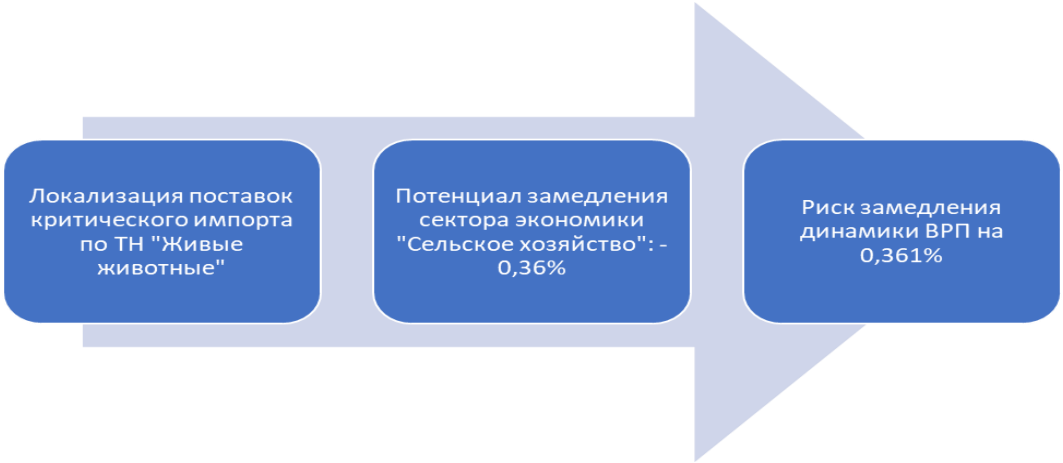


Рис. 2 - Эффект влияния критического импорта на устойчивость сельскохозяйственного сектора экономики и ВРП Республики Татарстан

Источник: разработано авторами

Итоги проведенного исследования свидетельствуют о том, что в условиях пертурбации внешних кооперационных связей в результате обострившегося санкционного противостояния, в сельскохозяйственном секторе экономики Республики Татарстан отмечается весьма стабильная ситуация. В категорию критического для рассматриваемого сектора экономики входит лишь единственная товарная номенклатура, поставляемая из недружественных стран «Живые животные». При этом степень влияния ограничения поставок данных

товаров на устойчивость сельского хозяйства в регионе крайне умеренная. Между тем, учитывая высокий уровень значимости развития животноводства в республике крайне важной задачей становится поиск новых механизмов импортозамещения по рассматриваемой товарной номенклатуре. Более того, учитывая, что данная группа единственная в составе критического импорта в сельскохозяйственном секторе экономики региона, данная задача становится одной из приоритетной в перечне стратегических направлений развития отрасли в условиях системных преобразований в экономике.

Результаты полученного исследования раскрывают особенности шокоустойчивости сельскохозяйственного сектора экономики Республики Татарстан с позиции теории шокоустойчивости. Полученные оценки позволяют прийти к выводам, что регион обладает умеренными рисками в сфере устойчивого развития сельского хозяйства в условиях обновляющейся конфигурации внешнеполитической повестки. Несмотря на то, что в группу критического импорта вошел импорт товарной номенклатуры «Живые животные», его локализация, согласно полученным расчетным оценкам, не влечет за собой каких-либо критических изменений в развитии сельскохозяйственного сектора экономики и динамики ВРП региона в целом.

Вместе с тем, учитывая наблюдающееся в последние годы стагнационное снижение поголовья крупного рогатого скота в регионе (рис. 3), риски, связанные с санкционными ограничениями ввоза ТН «Живые животные» могут набирать «обороты» и генерировать угрозы устойчивого развития сельскохозяйственного сектора экономики Республики Татарстан в целом.

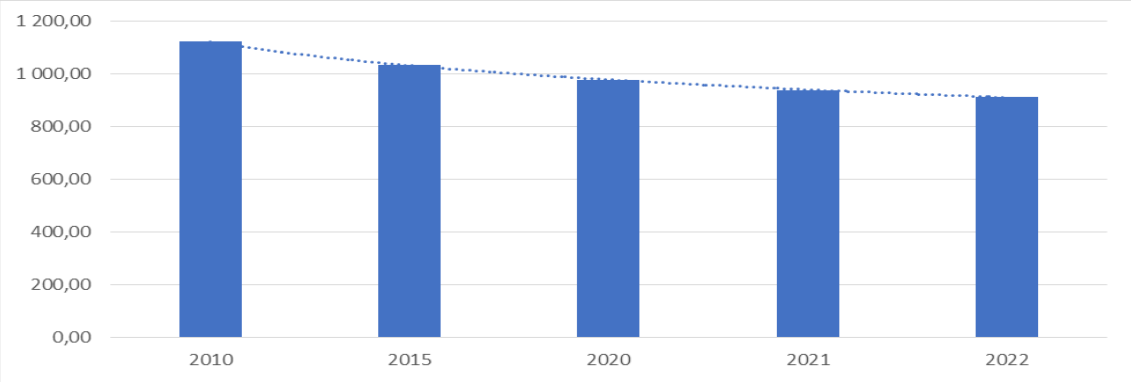


Рис. 3 - Поголовье крупного рогатого скота (в хозяйствах всех категорий; на конец года; тысяч голов), Республика Татарстан

Источник: Росстат [20]

Явным подтверждением проявляющихся тенденций является и то, что по состоянию на начало первого квартала 2024 года в регионе насчитывалось 613 тыс. голов крупного рогатого скота. При этом данный показатель снизился к началу того же 2024 года на 6000 голов [21].

Выводы. Резюмируя полученные результаты, следует констатировать, что предложенный инструментарий оценки резилиентности регионально-отраслевых комплексов и реализованный на его основе анализ аграрного сектора экономики Республики Татарстан формирует базис для разработки приоритетных направлений его развития. Выявленная группа критического импорта для сельскохозяйственного сектора экономики региона определяет необходимость разработки оперативных и стратегических мероприятий с целью повышения его шокоустойчивости в условиях системных преобразований, связанных с санкционными атаками на национальную экономику РФ со стороны ряда западных стран. При этом к таковым мероприятиям необходимо отнести разработку и реализацию адаптированных под сформировавшиеся условия программы импортозамещения, а также и иные направления развития, включающие в себя смену географии поставок критического импорта. Это позволит не только обеспечить дальнейшее интенсивное развитие животноводства в регионе, но и сформировать базис для обеспечения устойчивой динамики роста в сельском хозяйстве региона в целом.

Благодарности. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности по проекту № FZSM – 2023 – 0017 «Экономика импортозамещения региона в условиях трансформации логистических цепочек и деглобализации».

Литература

1. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml. (Дата обращения: 22.02.2024)

2. Корчагина Е.В. Методы оценки устойчивого развития региональных социально-экономических систем. Вопросы экономической теории. Макроэкономика. [1]3. С. 67-71.

3. Safiullin M. R., Safiullin A. R., Elshin L. A., Prygunova M. I. Matrix approach to assessing competitiveness of regions: From methodology to practice. Asian Social Science. 2014. Vol. 10, No. 20. P. 47-56. DOI 10.5539/ass.v10n20p47.

4. Little Green Data Book 2009. Washington DC: World Bank, 2009. — 244 p.

5. Миллер А.Е., Карпов В.В. Исследование теоретических основ экономической безопасности региона. Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2017. № 4 (60). С. 172-182

6. Пилипенко З.А. Шоки и национальные экономические системы: механизм разрушения структурных связей. Теория и история экономики, государства и права. №10. 2011. С.55-60.

7. Hill E.W., Wial H., Wolman H. Exploring Regional Economic Resilience / Institute of Urban and Regional Development, Berkeley, Working Paper 2008-04. 2008. 15 p. https://doi. org/10.13140/RG.2.1.5099.4000

8. Martin R. Regional Economic Resilience, Hysteresis and Recessionary Shocks // Journal of Economic Geography. 2012. Vol. 1. Issue 1. Pp. 1–32. https://doi.org/10.1093/jeg/lbr019

9. Fingleton B., Garretsen H., Martin R. Recessionary Shocks and Regional Employment: Evidence on the Resilience of U.K. Regions // Journal of Regional Science. 2012. Vol. 52. Issue 1. Pp. 109–133. https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00755.x

10. Lagravinese R. Economic Crisis and Rising Gaps North-South: Evidence from the Italian Regions // Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. 2015. Vol. 8. Issue 2. Pp. 331–342. https://doi.org/10.1093/cjres/rsv006

11. Климанов В.В., Казакова С.М., Михайлова А.А. Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // Вопросы экономики. 2019. № 5. С. 46–64. https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-5-46-64

12. Оценка перспектив экономического роста регионов России в условиях санкционных ограничений импорта / М. Р. Сафиуллин, Р. Т. Бурганов, Л. А. Ельшин, А. М. Мингулов // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 4. С. 1003-1017. doi 10.17059/ekon.reg.2023-4-5.

13. Mikheeva N.N. Resilience of Russian Regions to Economic Shocks // Studies on Russian Economic Development. 2021. Vol. 32. No. 1. Pp. 68–77. https://doi.org/10.1134/ S107570072101010X

14. Малкина М.Ю. Оценка устойчивости развития региональных экономик на основе расстояний Махаланобиса // Terra Economicus. 2020. Т. 18. № 3. С. 140–159. https:// doi.org/10.18522/2073-6606-2020-18-3-140-159

15. Кузнецова О.В. Новые закономерности в современной динамике социально-экономического развития регионов России // Региональные исследования. 2023. № 1. С. 19–30. doi: 10.5922/1994-5280-2023-1-2

16. Селиверстов В. Е. (2013). Региональное стратегическое планирование: от методологии к практике. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. [Seliverstov V. E. (2013). Regional strategic planning: From methodology to practice. Novosibirsk: IEIE SB RAS. (In Russian).]

17. Лаженцев В. Н. (2013). Методологические подходы к стратегическому планированию устойчивого развития территориальных хозяйственных систем // Известия Коми научного центра УрО РАН. ¹ 1. С. 107—113. [Lazhentsev V. N. (2013). Methodological approaches to strategic planning for sustainable development of regional economic systems. Izvestiya Komi Nauchnogo Centra UrO RAN, No. 1, pp. 107—113. (In Russian).]

18. Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. (2017). Социально-экономические приоритеты устойчивого развития Арктического макрорегиона России // Экономика региона. Ò. 13, Âûï. 4. N. 985—1004. [Leksin V. N., Porfiryev B. N. (2017). Socioeconomic priorities for the sustainable development of Russian Arctic macro-region. Ekonomika Regiona, Vol. 13, No. 4, pp. 985—1004. (In Russian).]

19. Ôåäåðàëüíàÿ òàìîæåííàÿ ñëóæáà ÐÔ. URL: Https://customs.gov.ru/?ysclid=lkjs8fzbn133763475 (Äàòà îáðàùåíèÿ: 10.06.2023)

20. Регионы России. Статистический сборник. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf (Дата обращения: 30.08.2024)

21. Доходы от животноводства в Татарстане выросли на 19%. Бюджет получил почти 60 миллиардов рублей. URL: https://www.business-gazeta.ru/news/644164?ysclid=m0fc3l2zrn88048979 (Дата обращения: 30.08.2024)

Сведения об авторах:

Сафиуллин Марат Рашитович—доктор экономических наук, профессор, проректор по вопросам экономического и стратегического развития, e-mail: Marat.Safiullin@tatar.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

Бурганов Рафис Тимерханович—доктор экономических наук, доцент, ректор, e-mail: info@sportacadem.ru

Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия

Мингулов Алмаз Минвазыхович—аспирант, исполняющий обязанности руководителя Исполнительного комитета Аксубаевского муниципального района, e-mail: C.p@tatar.ru

ОСП «Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия

ASSESSMENT OF SHOCK RESISTANCE OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF REGIONAL ECONOMY IN THE CONDITIONS OF IMPORT LOCALIZATION

M. R. Safiullin, R. T. Burganov, A. M. Mingulov

Abstract. The neoclassical, cumulative, institutional models formed in the theory of regional economic growth are not capable of fully interpreting the processes of social and economic transformations in the conditions of external pressure on the national economic system. In this regard, in the space of scientific research, issues related to the need to develop new, adapted to modern conditions, methodological approaches to substantiating the prospects for sustainable development of economic dynamics at the industry and regional levels in the context of systemic transformations have increasingly begun to be raised. One of the most important areas that harmoniously fits into this research fairway is the theory of shock resistance. At the same time, if at the macro level its main postulates and methods are sufficiently covered in Russian and foreign scientific literature, then regarding the aspects of the meso- and industry level there are a number of methodological niches that require further development. Based

on the developed methodological tools, commodity groups related to the category of critical imports for the region under study were identified. It was found that the product nomenclature “Live animals” belongs to this category. Relying on the methods of econometric analysis, the effect of the influence of this agricultural product on the sustainability of the agricultural sector of the economy and gross regional product of the Republic of Tatarstan was determined. It was found that within the framework of localization of supplies from abroad of the commodity group “Live animals”, prerequisites are formed for a decrease in the growth dynamics in the “Agriculture” sector by 0.36%, which predetermines the potential for a slowdown in gross regional product to 0.361%. The obtained estimates form the basis for identifying and implementing the priorities of regional state policy in the field of sustainable development of the agricultural sector in the context of external pressure on the national economy of Russia.

Key words: shock resistance, agriculture, sanctions restrictions, region, import dependence, critical import, sectoral development, forecast model.

References

1. Rio de Janeiro Declaration on environment and development. [cited 2024, February 22]. Available from: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml.

2. Korchagina EV. [Methods for assessing the sustainable development of regional social and economic systems]. Makroekonomika. 3. 67-71 p.

3. Safiullin MR, Safiullin AR, Elshin LA, Prygunova MI. Matrix approach to assessing competitiveness of regions: From methodology to practice. Asian Social Science. 2014; Vol.10. 20. 47-56 p. DOI 10.5539/ass.v10n20p47.

4. Little Green Data Book 2009. Washington DC: World Bank. 2009; 244 p.

5. Miller AE, Karpov VV. [Study of theoretical foundations of regional economic security]. Vestnik Omskogo universiteta. Seriya “Ekonomika”. 2017; 4 (60). 172-182 p.

6. Pilipenko ZA. [Shocks and national economic systems: mechanism of destruction of structural connections]. Teoriya i istoriya ekonomiki, gosudarstva i prava. 10. 2011; 55-60 p.

7. Hill EW, Wial H, Wolman H. Exploring regional economic resilience. Institute of Urban and Regional Development, Berkeley. Working Paper 2008-04. 2008; 15 p. https://doi. org/10.13140/RG.2.1.5099.4000

8. Martin R. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. Journal of Economic Geography. 2012; Vol.1. Issue 1. 1-32 p. https://doi.org/10.1093/jeg/lbr019

9. Fingleton B, Garretsen H, Martin R. Recessionary shocks and regional employment: Evidence on the resilience of U.K. regions. Journal of Regional Science. 2012; Vol.52. Issue 1. 109-133 p. https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00755.x

10. Lagravinese R. Economic crisis and rising gaps North-South: Evidence from the Italian Regions. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. 2015; Vol.8. Issue 2. 331-342 p. https://doi.org/10.1093/cjres/rsv006

11. Klimanov VV, Kazakova SM, Mikhaylova AA. [Retrospective analysis of the stability of Russian regions as social and economic systems]. Voprosy ekonomiki. 2019; 5. 46-64 p. https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-5-46-64

12. Safiullin MR, Burganov RT, Elshin LA, Mingulov AM. [Assessing the prospects for economic growth of Russian regions in the context of sanction restrictions on imports]. Ekonomika regiona. 2023; Vol.19. 4. 1003-1017 p. – doi 10.17059/ekon.reg.2023-4-5.

13. Mikheeva NN. Resilience of Russian regions to economic shocks. Studies on Russian economic development. 2021; Vol.32. 1. 68-77 p. https://doi.org/10.1134/ S107570072101010X

14. Malkina MYu. [Assessing the sustainability of regional economies based on Mahalanobis distances]. Terra Economicus. 2020; Vol.18. 3. 140-159 p. https:// doi.org/10.18522/2073-6606-2020-18-3-140-159

15. Kuznetsova OV. [New patterns in the modern dynamics of social and economic development of Russian regions]. Regionalnue issledovaniya. 2023; 1. 19-30 p. doi: 10.5922/1994-5280-2023-1-2

16. Seliverstov VE. Regionalnoe strategicheskoe planirovanie: ot metodologii k praktike. [Regional strategic planning: from methodology to practice]. Novosibirsk: IEIE SB RAS.

17. Lazhentsev VN. [Methodological approaches to strategic planning for sustainable development of regional economic systems]. Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN. 1. 107-113 p.

18. Leksin VN, Porfirev BN. [Social and economic priorities for the sustainable development of Russian Arctic macro-region]. Ekonomika regiona. Vol.13. Issue 4. 985-1004 p.

19. Federal customs service of the Russian Federation. [cited 2023, June 10]. Available from: https://customs.gov.ru/?ysclid=lkjs8fzbn133763475

20. Regions of Russia. Statistical Digest. [cited 2023, August 30]. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf

21. Livestock revenues in Tatarstan increased by 19%. The budget received almost 60 billion rubles. [Internet]. [cited 2024, June 10]. Available from: https://www.business-gazeta.ru/news/644164?ysclid=m0fc3l2zrn88048979

Authors:

Safiullin Marat Rashitovich - Doctor of Economics, professor, vice-rector for Economic and Strategic Development, e-mail: Marat.Safiullin@tatar.ru

Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russia

Burganov Rafis Timerkhanovich - Doctor of Economics, associate professor, Rector, e-mail: info@sportacadem.ru

Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Mingulov Almaz Minvazykhovich - postgraduate student, acting head of the executive committee of Aksubaevskiy municipal district, e-mail: C.p@tatar.ru

Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

К сведению авторов

Предоставляемые к публикации статьи, должны содержать результаты научных исследований в области экономики агропромышленного комплекса, механизации и технического сервиса, агрономии. Статьи проходят отбор на критерий актуальности и новизны рассматриваемых научных проблем.

Предполагается проверка предоставленного авторами материала в системе «Антиплагиат». Рекомендуемый объем статьи, включая приложения, должен составлять не менее 9 и не более 14 страниц. Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля (обычные) сверху и снизу – 2 см, слева – 3 см справа – 1,5 см, абзац (отступ) – 0,5 см (не задавать пробелами), формат – книжный.

Если статья была или будет отправлена в другое издание необходимо сообщить об этом редакции.

Оформление статьи.

1. Слева в верхнем углу без абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского Института Научной и Технической Информации – ВИНиТИ).

2. Ниже, по-центру строки название статьи (название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

3. Затем жирными строчными буквами –инициалы и фамилия автора (ов). Пропускается одна строка.

4. После этого через пробел – реферат статьи (рекомендуемый объем – 200–250 слов) отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований с использованием цифровых данных. Запрещается разбивка реферата на абзацы, использование вводных слов и оборотов. Реферат может публиковаться самостоятельно и, следовательно, должна быть понятной без обращения к тексту статьи. По реферату публикации читатель должен иметь возможность определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

5. С нового абзаца – ключевые слова (не более 9 слов).

Слева строчными буквами печатается «Ключевые слова:» (без кавычек) и через запятую приводятся ключевые слова или словосочетания. Пропускается одна строка.

6. При написании научной статьи необходимо придерживаться следующей структуры изложения: «Введение», «Условия, материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».

7. В случае если ваша статья подготовлена при выполнении гранта и есть необходимость прописать данный источник, добавляем после выводов раздел, «**Сведения об источнике финансирования». К примеру – Сведения об источнике финансирования:** Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР № 0477–2019–0005 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

В разделе «Введение» предлагается постановка проблемы, должна быть сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, рассмотрена ее связь с важными научными и практическими направлениями, дается теоретическое обоснование исследования. Должны присутствовать ссылки на публикации последних лет, в данной области включая зарубежных авторов.

В следующем разделе раскрываются особенности данного исследования, приводятся условия, материалы и методы исследований. Место исследования уточняется до области (края). Следует отразить время, место, методику и условия проведения опытов.

Главный раздел статьи посвящается представлению, анализу и обсуждению результатов. Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

В завершении представляются выводы и рекомендации.

Подзаголовки и заголовки набираются жирным шрифтом с заглавной буквы. Нумерация ссылок на библиографический список в тексте располагается в порядке упоминания источников. Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например: [1].

8. После основного текста статьи пропускается одна строка и по центру печатается заглавие «Литература» (без кавычек). Через одну строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Список литературы (не менее **десяти** источников, в том числе не менее **трех** зарубежных) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и требованиями журнала, тщательно проверяется авторами и приводится в конце статьи. Нумерация ссылок в списке приводится в соответствии с порядком их упоминания в тексте. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Доля ссылок на собственные публикации авторов должна составлять не более 30% списка литературы. Цитирование работ какого-либо одного автора, не входящего в состав авторского коллектива рукописи, также не должно превышать 30%. Рекомендуется ссылаться не более чем на 2 публикации каждого из авторов. Доля ссылок на источники старше 10 лет не должна превышать 30% списка литературы, доля ссылок на публикации в журналах из ядра РИНЦ за последние 8 лет должна составлять не менее 50% списка литературы. Ссылки на учебники, учебные пособия, авторефераты диссертаций не принимаются. Также не принимаются ссылки на материалы конференций старше 2 лет. Число источников в «сериальных» ссылках должно быть не более трех.

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

9. «Сведения об авторах» Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, указать кафедру или отдел, адрес для связи, e-mail и полное наименование организации.

Пропускается одна строка.

10. На английском языке печатается по центру печатается название статьи.

Так же на английском языке слева печатается реферат, затем ключевые слова.

11. Приводится библиографический список на латинице (путем транслитерации) под заголовком References. (Переводить только названия статей, остальное – в латинской транслитерации)

12. «Authors:» – информация на английском языке.

Иллюстрации к статье (при наличии) в формате JPEG, PNG, TIF должны быть четко выполненными, хорошего качества, наглядно иллюстрирующими текст. В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Нумерация рисунков производится в порядке ссылок по тексту. Нумерационный заголовок набирается выравниванием по центру. Тематический заголовок в той же строке, сразу после нумерационного (например: Рис. 1 –. Ссылка на рисунок в основном тексте оформляется в скобках: (рис. 1), если а тексте только один рисунок, то не нумеруется.

Таблицы представляются в редакторе WORD. Нумерация таблиц производится в порядке ссылок по тексту. В тексте статьи обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные таблицы. Нумерационный заголовок набирается с выравниванием по центру (например: Таблица 1. …). Ссылка на таблицу в основном тексте оформляется в скобках, например: (табл. 1), если в тексте только одна таблица, то не нумеруется.

Простые **формулы**, не содержащие специальных символов (отсутствующих на клавиатуре), должны быть набраны символами с клавиатуры без использования специальных редакторов. Формулы, содержащие специальные символы (отсутствующие на клавиатуре), а также сложные и многострочные формулы должны быть целиком набраны в редакторе формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 или MathType equation. Не допускается набор части формулы символами, а части – в редакторе формул. Не рекомендуется вставлять в текст формулы в виде рисунков. Ссылка на формулы в основном тексте оформляется в скобках, например: (1). В тексте обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные формулы. Если в тексте статьи формулы нумеруются, то эту нумерацию следует выполнить ручным набором чисел. Автоматическая нумерация не допускается.

Авторы предоставляют в редакцию (одновременно):

– электронная версия статьи (по электронной почте: vestnik@kazgau.com) (шаблон ниже). Файл со статьей следует называть по фамилии первого автора (Иванов И.И. – Определение силы);

– сведения об авторах (в электронном виде): Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, указать кафедру или отдел, адрес для связи, телефон, e-mail и полное наименование организации, эти же сведения на английском языке.

Звездочкой отмечается фамилия автора, с которым необходимо вести переписку;

– сопроводительное письмо на имя главного редактора журнала на бланке направляющей организации с заключением об актуальности работы и рекомендациями к опубликованию, с подписью руководителя учреждения.

– аспиранты предоставляют справку подтверждающую место учебы.

Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию, предоставленная автором рукопись статьи рецензируется, согласно установленного порядка рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража. Рукописи статей подвергаются редакционной обработке. Редакция оставляет за собой право вносить изменения, имеющие редакционный характер и не затрагивающие содержания статьи. Все статьи проходят институт рецензирования (экспертной оценки), по результатам которого редакционная коллегия принимает окончательное решение о целесообразности опубликования. За содержание статей юридическую и иную ответственность несут авторы. Статьи, направленные в редакцию без выполнения основных требований к публикуемым статьям, не рассматриваются. В случае отклонения статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

Публикация статей в журнале для аспирантов бесплатна соответственно доли участия, остальные авторы статьи оплачивают по стандартной тарификации.

Статьи отправлять на электронный адрес: vestnik@kazgau.com

For Authors

Articles submitted for publication must contain the results of scientific research in the field of economics of the agro-industrial complex, mechanization and technical service, agronomy. Articles are selected for the criterion of relevance and novelty of the scientific problems under consideration.

It is supposed to check the material provided by the authors in the "Antiplagiat" system. The recommended length of an article, including annexes, should be at least 9 and no more than 14 pages. Articles should be formatted on A4 sheets, font - Times New Roman, size - 14 pt, line spacing - 1.0. Margins (usual) above and below - 2 cm, on the left - 3 cm on the right - 1.5 cm, paragraph (indentation) - 0.5 cm (do not use spaces), format - book.

If the article was or will be sent to another publication, it is necessary to notify the editorial office about it.

Article design.

1. In the upper left corner, without a paragraph, the UDC of the article is printed (check the correctness of the selected UDC on the website of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information - VINiTI).

2. Below, in the center of the line, the title of the article (the title of the article should reflect the main idea of the research, be as short as possible) in bold capital letters.

3. Then, in bold lowercase letters, the initials and surname of the author (s). One line is skipped.

4. After that, through a gap - the abstract of the article (the recommended volume is 200–250 words) reflects the topic of the article, value, novelty, main provisions and conclusions of research using digital data. It is forbidden to break the abstract into paragraphs, the use of introductory words and phrases. The abstract can be published independently and, therefore, should be understandable without referring to the text of the article. According to the abstract of the publication, the reader should be able to determine whether it is worth referring to the full text of the article to obtain more detailed information of interest to him.

5. From a new paragraph - keywords (no more than 9 words).

On the left, “Keywords:” is printed in lowercase letters (without quotes) and keywords or phrases are separated by commas. One line is skipped.

6. When writing a scientific article, it is necessary to adhere to the following structure of presentation: "Introduction", "Conditions, materials and methods", "Results and discussion", "Conclusions".

7. If your article was prepared during the implementation of the grant and there is a need to register this source, add the section "Information about the source of funding" after the conclusions. For example - Information about the source of funding: The work was carried out according to the state order of R&D

No. 0477–2019–0005 with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

In the "Introduction" section, a statement of the problem is proposed, the purpose of the work should be formulated and substantiated, and, if necessary, its connection with important scientific and practical areas should be considered, and a theoretical basis for the study is given. There should be links to publications of recent years, in this area, including foreign authors.

In the next section, the features of this research are revealed, conditions, materials and research methods are given. The place of research is specified to the area (edge). The time, place, methodology and conditions of the experiments should be reflected.

The main section of the article is devoted to the presentation, analysis and discussion of the results. The results obtained should be highlighted from the point of view of their scientific novelty and compared with the corresponding known data.

Finally, conclusions and recommendations are presented.

Subheadings and headings are capitalized in bold type. The numbering of references to the bibliographic list in the text is arranged in the order in which the sources are mentioned. Literature references in the text are given in square brackets, for example: [1].

8. After the main text of the article, one line is skipped and the title "Literature" is printed in the center (without quotes). A numbered list of sources in the order of links in the text is placed in one line. The list of literature (at least ten sources, including at least three foreign) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5-2008 and the requirements of the journal, carefully checked by the authors and given at the end of the article. References are numbered in the list in accordance with the order in which they appear in the text. Only one source of information should be indicated in one item on the list. Abuse of self-citation is not allowed. The share of references to the authors' own publications should be no more than 30% of the list of references. Citation of the works of any one author who is not part of the author's collective of the manuscript should also not exceed 30%. It is recommended to refer to no more than 2 publications of each of the authors. The share of references to sources older than 10 years should not exceed 30% of the list of references, the share of references to publications in journals from the RSCI core over the past 8 years should be at least 50% of the list of references. Links to textbooks, teaching aids, dissertation abstracts are not accepted. Also, links to materials are not accepted. conferences over 2 years old. The number of sources in "serial" links should be no more than three.

All sources must have a link in the text of the article.

9. "Information about the authors" (in full), academic degree, academic title, position, indicate the department or department, contact address, e-mail and full name of the organization

One line is skipped.

10. In English, the title of the article is printed in the center.

The abstract is also printed in English on the left, then the keywords.

11. There is a bibliographic list in Latin (by transliteration) under the heading References. (Translate only the titles of articles, the rest - in Latin transliteration)

12. "Authors:" - information in English.

Illustrations for the article (if any) in JPEG, PNG, TIF format must be clearly executed, of good quality, clearly illustrating the text. The text of the article must contain links to the presented figures. Figures are numbered in the order of references in the text. The numbered heading is set by center alignment. Thematic heading in the same line, immediately after the numbering (for example: Fig. 1 -. The link to the figure in the main text is made out in brackets: (Fig. 1), if there is only one figure in the text, then it is not numbered.

Tables are presented in a WORD editor. Tables are numbered in the order of links in the text. The text of the article must contain references to all the tables presented. The numbered heading is set with center alignment (for example: Table 1.…). The link to the table in the main text is made in brackets, for example: (Table 1), if there is only one table in the text, then it is not numbered.

Simple formulas that do not contain special characters (absent on the keyboard) must be typed in characters from the keyboard without using special editors. Formulas containing special characters (absent on the keyboard), as well as complex and multi-line formulas must be typed entirely in the Microsoft Equation 2.0, 3.0 or Math-Type equation editor. It is not allowed to type a part of a formula with symbols, and a part in the formula editor. It is not recommended to insert formulas in the form of pictures into the text. References to formulas in the main text are made in brackets, for example: (1). The text must contain references to all presented formulas. If formulas are numbered in the text of the article, then this numbering should be performed by manually dialing numbers. Automatic numbering is not allowed.

The authors submit to the editor (at the same time):

- an electronic version of the article (by e-mail: vestnik@kazgau.com) (template below). The file with the article should be named by the name of the first author (Ivanov I.I. - Determination of force);
- information about the authors (in electronic form): full name (in full), academic degree, academic rank, position, indicate the department or department, contact address, telephone, e-mail and full name of the organization, the same information in English.

The asterisk marks the surname of the author with whom it is necessary to carry out the census

- a cover letter addressed to the editor-in-chief of the journal on the letterhead of the sending organization with a conclusion on the relevance of the work and recommendations for publication, signed by the head of the institution.
- graduate students provide a certificate confirming the place of study.

Articles received and accepted for publication will not be returned.

Subject to the fulfillment of the formal requirements for the materials for publication, the manuscript of the article provided by the author is reviewed in accordance with the established procedure for reviewing manuscripts submitted to the editorial office of the journal. The decision on the expediency of publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy editor-in-chief), and, if necessary, by the editorial board as a whole.

The editors reserve the right not to register articles that do not meet these requirements, as well as the right to reproduce materials (publication, duplication) without limiting the circulation. Manuscripts of articles are subject to editorial processing. The editors reserve the right to make changes that are editorial in nature and do not affect the content of the article. All articles go through the institute of peer review (peer review), as a result of which the editorial board makes the final decision on the appropriateness of the publication. The authors are legally and otherwise responsible for the content of the articles. Articles sent to the editorial office without fulfilling the basic requirements for published articles are not considered. In case of rejection of the article, the editorial board sends a reasoned refusal to the author.

The publication of articles in the journal for graduate students is free, according to the participation share, the rest of the authors of the article pay according to the standard tariffication.

Articles should be sent to the email address: vestnik@kazgau.com

Ежеквартальный научный журнал

Вестник Казанского ГАУ

№ 3 (75), ноябрь 2024 г.

Редактор – Михайлова Л.В.
Технический редактор – Шумков Т.А.
Коррекция переводов – Галлямова Н.Р.
Корректор – Барсукова Р.С.



Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 15.11.2024
Печать офсетная. Усл. п. л. 20,75 Заказ 66. Цена свободная.
Издательство Казанского ГАУ / 420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД № 06342 от 28.11.2001.
Отпечатано в типографии Казанского ГАУ.
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Казанский государственный аграрный университет