Научная статья
УДК 631.559.2:621.385.6
doi:10.35694/YARCX.2022.58.2.013

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ НА КАЧЕСТВО СЕМЯН ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Федор Александрович Киприянов[1], Светлана Владимировна Белозерова[2]
[1, 2]Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, Вологда-Молочное, Россия
[1]kipriyanovfa@bk.ru, ORCID 0000-0001-5974-4934
[2]79114412800@yandex.ru

Реферат. Сокращению доли зерна в структуре комбикормов способствует повышение его кормовой ценности, что особенно важно для развития кормовой базы на севере Нечернозёмной зоны России, относящейся к зоне рискового земледелия. Для увеличения урожайности зерновых культур и их кормовой ценности используют такой способ предпосевной обработки зернового материала, как микронизация на основе применения СВЧ-энергии. В исследовании обосновано использование установки для предпосевной микронизации зерна в условиях северной части Нечерноземья России, способствующей повышению качества семенного материала, увеличению урожайности фуражного зерна при одновременном снижении давления на окружающую среду. Авторами определены конструктивные параметры устройства, обеспечивающие возможность регулировки режимов обработки зерна на транспортёре при микронизации в зависимости от вида зерновых культур. Равномерность обработки семенного зерна под воздействием СВЧ-излучения обеспечивается путём формирования дополнительных поворотно-колебательных движений в зоне сечения жёлоба транспортёра, что значительно повышает эффективность процесса подготовки семян к посеву. Выравнивание напряжения магнитного поля связано с колебанием стенок жёлоба и днища транспортёра, которые формируют изменения отражения и рассеивания волн устройства. Результаты проведения и анализа опытов по определению влияния времени сверхвысокочастотной обработки на качество для семян свидетельствуют о том, что оптимальное время однократного СВЧ-излучения, обеспечивающее высокий уровень всхожести и силы роста семенного материала, составляет 15 с.

Ключевые слова: *СВЧ-излучение, конструктивные параметры, микронизация, зерновой материал, качество, урожайность*

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF PRE-SOWING GRAIN TREATMENT WITH MICROWAVE RADIATION ON THE QUALITY OF BARLEY SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN PART OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

Fedor A. Kipriyanov[1], Svetlana V. Belozerova[2]
[1, 2]Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda-Molochnoe, Russia
[1]kipriyanovfa@bk.ru, ORCID 0000-0001-5974-4934
[2]79114412800@yandex.ru

Abstract. A reduction in the share of grain in the structure of formula feed is facilitated by an increase in its feed value, which is especially important for the development of the feed base in the north of the Non-Chernozem zone of Russia which belongs to the zone of risky agriculture. To increase the yield of grain crops and their fodder value, such a method of pre-sowing grain material treatment is used as micronization based on the use of microwave energy. The study justifies the use of a pre-sowing grain micronization plant in the northern part of the Non-Black Earth Region of Russia, which contributes to improving the quality of seed material, increasing the yield of feeder grains while reducing pressure on the environment. The authors have determined the design parameters of the device, which ensure the possibility of adjusting the modes of grain

processing on the conveyor during micronization depending on the type of grain crops. The uniformity of seed grain processing under the influence of microwave radiation is ensured by the formation of additional rotary and oscillatory movements in the section zone of the conveyor trough, which significantly increases the efficiency of the process of preparing seeds for sowing. The voltage grading of the magnetic field is associated with the oscillation of the walls of the conveying trough and the bottom of the conveyor, which form changes in the reflection and dispersion of the waves of the device. Results of carrying out and analysis of experiments to determine influence of time of microwave treatment on quality for seeds indicate that optimal time of single microwave radiation providing high level of germination and growth force of seed grain is 15 s.

Keywords: *microwave radiation, design parameters, micronization, seed grain, quality, yield*

Введение. Обеспечение устойчивого повышения производства продукции животноводства требует инновационных подходов в технологии производства фуражного зерна, способствующих росту конкурентоспособности кормовой базы и направленных на продовольственную безопасность страны. В соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства необходимо наращивать отечественные инновационные разработки, направленные на создание и внедрение новаторских подходов, в том числе и в технологии выращивания зерна для производства комбикормов [1; 2]. Повышение кормовой ценности зерна даёт возможность сократить его долю в структуре комбикормов, что особенно важно для развития кормовой базы в Нечернозёмной зоне России, относящейся к зоне рискового земледелия. Один из способов предпосевной обработки зернового материала, нацеленный на увеличение урожайности зерновых культур и их кормовой ценности, – микронизация на основе применения СВЧ-энергии.

Применение данной технологии целесообразно и даже необходимо, по мнению зарубежных и российских учёных, в связи с отнесением её к так называемым «зелёным технологиям», широкое применение которых способствует сокращению издержек производства, повышению производительности технологического процесса при одновременном снижении давления на окружающую среду. Уникальность СВЧ-технологий в кормопроизводстве в условиях северной части Нечерноземья связана с понятием «чистых технологий», ориентация на которые позволяет не только повышать качество семенного материала и улучшать свойства зерна при приготовлении кормовых смесей, но и сформировать единую систему, включающую технологию производства зерновых культур, экологию, энергосбережение и технологию приготовления кормов [3; 4].

Целью исследования является обоснование использования установки для предпосевной микронизации зерна в условиях северной части Нечерноземья России, способствующей повышению

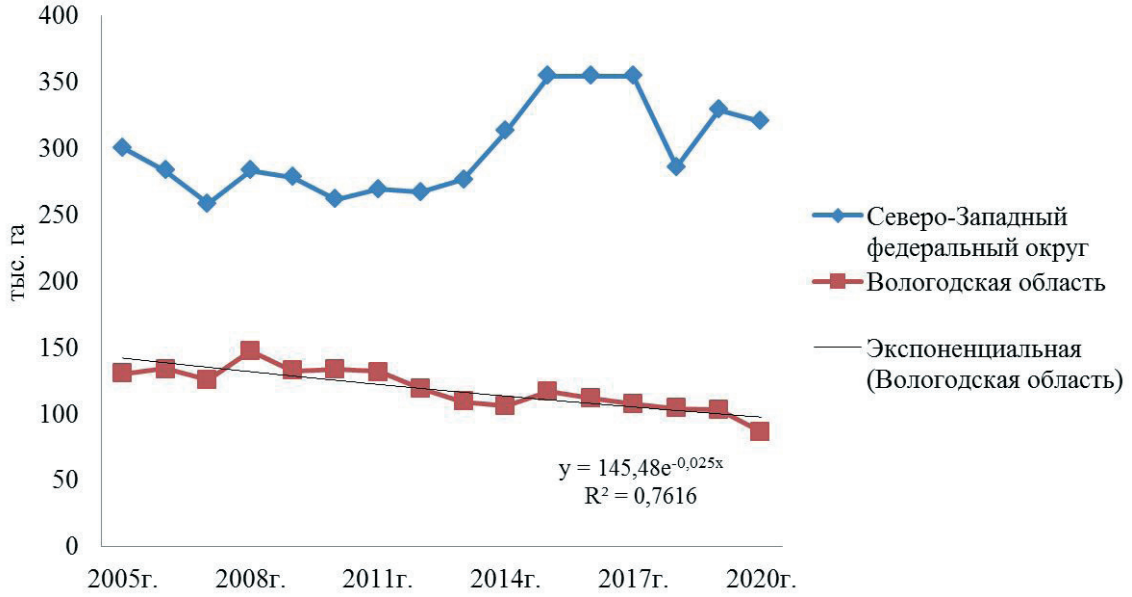


Рисунок 1 – Посевные площади зерновых и зернобобовых культур в период 2005–2020 гг.

качества семенного материала, увеличению урожайности фуражного зерна при одновременном снижении давления на окружающую среду.

Материалы и методы. Исследование основано на фундаментальных положениях, опубликованных в трудах зарубежных и отечественных учёных, занимающихся вопросами разработки технических средств для производства и приготовления концентрированных кормов. Экспериментальные результаты исследования процесса микронизации предпосевной обработки зерна в условиях севера Нечернозёмной зоны России и определения оптимальных теоретических и технологических параметров, полученных в лабораторных и производственных условиях, основаны на использовании статистических, математических и физических методов.

Результаты исследований. Вологодская область традиционно специализируется на отрасли молочного животноводства. В молочном скотоводстве к приоритетам можно отнести внедрение технологий производства кормов на основе использования ресурсосберегающих подходов, обеспечивающих полноценное кормление животных с оптимальными затратами на их производство. Включение в рационы высокоэнергетических кормов, в том числе ячменя, является незаменимым при синтезировании полнорационных кормосмесей для крупного рогатого скота, что актуально для северной части Нечерноземья России.

Несмотря на значимость зерновых культур в рационе животных, посевные площади под зерновыми и зернобобовыми культурами в период с 2005 г. по 2020 г. в Вологодской области сократились на 33,5%, или на 46,3 тыс. га (рис. 1). При этом в целом по Северо-Западному федеральному округу посевные площади под данными видами культур имеют тенденцию к росту.

За изучаемый период не наблюдается значительного прироста урожайности зерновых культур, достаточного для создания условий для самообеспеченности северной части Нечерноземья России комбикормами (рис. 2). В целом по Северо-Западному федеральному округу наблюдалось увеличение урожайности зерновых культур в 2019 году, что связано с ростом данного показателя в Калининградской и Псковской областях, где урожайность составила 51,8 и 36,9 ц/га соответственно.

В структуре посевных площадей более 60% занимает ячмень. За изучаемый период в Вологодской области наблюдается снижение валового сбора зерна на 12%.

Предпосевная обработка семенного материала путём применения СВЧ-энергии создаёт условия для роста урожайности культур, повышения всхожести посевов в условиях нечернозёмной части России. Предложенную авторами конструкторскую разработку целесообразно использовать в отрасли растениеводства аграрного сектора при предпосевной подготовке семян зерновых культур.

К вопросу применения электромагнитного изучения в аграрном секторе обращались отечественные и зарубежные учёные [4; 5]. Исследования, посвящённые предпосевной обработке семенного материала на основе использования СВЧ-излучения, содержат обоснования и апробацию облучения порций зерна в плотном слое в стационарном положении.

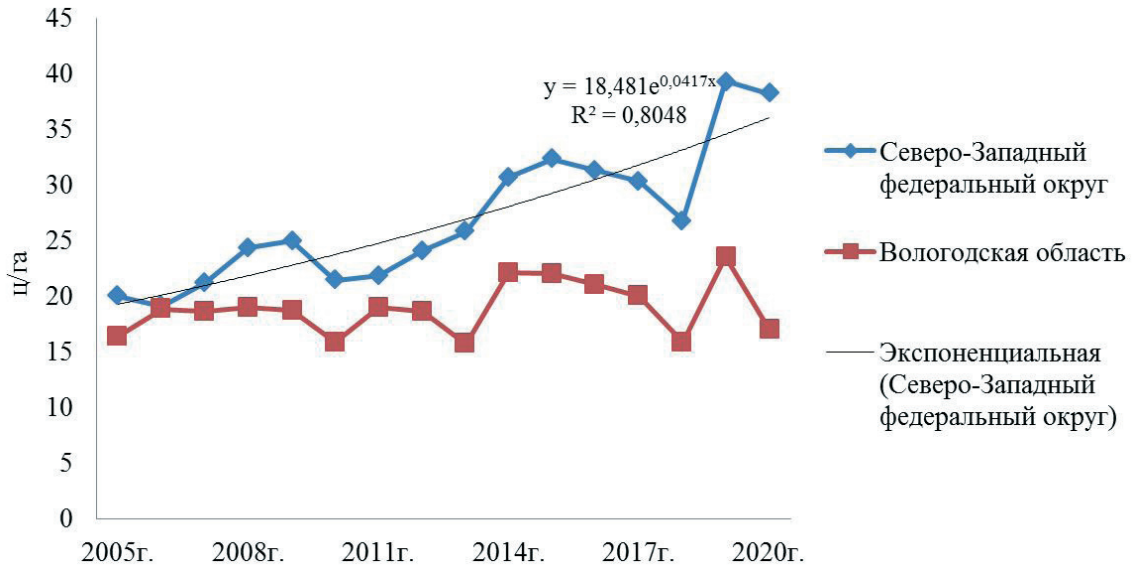


Рисунок 2 – Урожайность зерновых и зернобобовых культур в период 2005–2020 гг.

Оценка конструкций, использующихся в настоящее время для предпосевной обработки семян СВЧ-излучением, позволила выявить следующие недостатки: имеются проблемы с возможностью регулирования времени обработки семенного материала, а также с обеспечением равномерного его распределения в рабочей зоне СВЧ-камеры при перемещении на транспортёре. Установки отличаются многоступенчатостью обработки, что повышает трудоёмкость процесса и снижает его экономическую эффективность. Используемые технологии не предоставляют возможность влиять на однородность обработки зерновых культур путём перемешивания семян в процессе СВЧ-излучения.

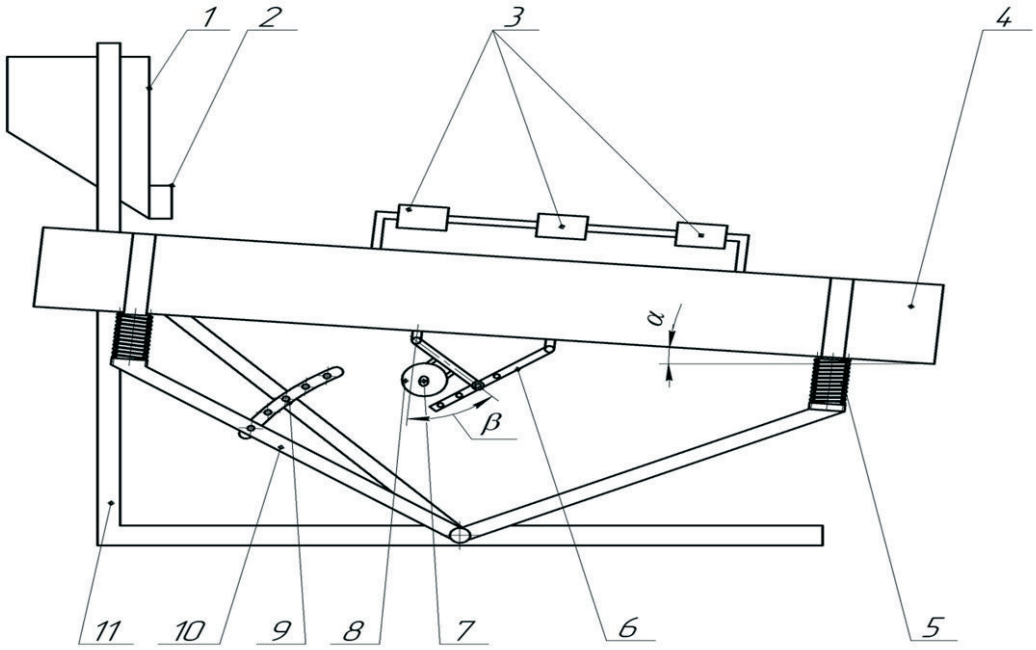
Обработка зерна в псевдоожиженном слое позволяет увеличить коэффициент полезного действия поглощения сверхвысокочастотной энергии до 95% за счёт случайной ориентации частиц и низкой плотности.

Конструкторская разработка, принятая за прототип, позволяет после попадания зернового материала в загрузочный дозатор перемещать его в СВЧ-камере, на внутренней поверхности которой формируется рыхлый псевдоожиженный слой, создаваемый за счёт установки направляющих усечённых конусов. Однако, несмотря на преимущества предложенной установки, при образовании псевдоожиженного слоя не учитываются морфологические особенности различных зерновых культур, то есть размер и характер контролируемого объекта, так как параметры рассчитаны только для обработки определённого вида зерна. Кроме этого, в предлагаемой конструкции не обеспечивается равномерность воздействия СВЧ-излучения на зерно, находящееся в различных зонах обработки.

Технология СВЧ-излучения, предложенная авторами в опытном образце конструкции, заключается в выравнивании напряжённости магнитного поля и увеличении равномерности обработки семян перед посевом за счёт создания псевдоожиженного слоя. Такой подход обеспечивает точное поддержание заданных параметров с учётом морфологических особенностей зерновых культур. Для реализации этих задач была разработана система, позволяющая менять угол наклона, направление и частоту колебаний жёлоба транспортера, что способствует снижению неравномерности электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Разработка устройства осуществлена в два этапа. Первый этап включает разработку сборочного чертежа как составной части конструкторской документации опытного образца (рис. 3). На втором этапе изготовлен опытный образец установки для предпосевной обработки семенного зерна СВЧ-излучением. На разработанную авторами установку получен патент на изобретение [6].

Зерно поступает в жёлоб вибрационного транспортёра из бункера питателя, в состав ко-



1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – магнетроны СВЧ-камеры; 4 – жёлоб; 5 – пружинная подвеска; α – угол наклона жёлоба; 6 – механизм изменения угла направления колебаний; β – угол направления колебаний; 7 – эксцентрики; 8 – электродвигатель; 9 – механизм изменения угла наклона жёлоба; 10 – поворотная рама; 11 – остов.

Рисунок 3 – Схема установки для СВЧ-обработки семенного материала

торого входит бункер и дозирующее устройство. Под воздействием движущей силы, создающейся благодаря жёлобу вибрационного транспортёра, установленного на пружинной подвеске поворотной рамы, зерно перемещается по транспортёру. Жёлоб транспортёра является одновременно камерой СВЧ-излучения. В результате воздействия происходит нагрев контролируемого объекта и, благодаря ускорению биологических процессов, улучшается всхожесть и сила роста семенного материала.

Регулирование скорости движения и времени обработки зернового материала реализуется посредством предложенных авторами механизмов изменения угла наклона жёлоба транспортёра и направления его колебаний, а также за счёт изменения частоты вибрационных перемещений. Повышение эффективности СВЧ-обработки формируется за счёт создания псевдоожиженного слоя. Равномерность обработки семенного зерна под воздействием СВЧ-излучения обеспечивается путём формирования дополнительных поворотно-колебательных движений в зоне сечения жёлоба транспортёра, что значительно повышает эффективность процесса подготовки семян к посеву. Выравнивание напряжения магнитного поля связано с колебанием стенок жёлоба и днища транспортёра, которые формируют изменения отражения и рассеивания волн устройства.

Полевые опыты по изучению влияния предпосевной обработки зерна микроволновым излучением на качество проростков ячменя проведены в период с 2019 по 2021 годы на опытном поле ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, находящемся в Вологодском районе Вологодской области. Почвенный покров поля не имеет признаков избыточного переувлажнения и представлен среднесуглинистыми дерново-подзолистыми почвами. Повторность опытов – трёхкратная, площадь одной опытной делянки составляет 140 м2. Схема опыта пред-

Таблица 1 – Урожайность ярового ячменя при разных уровнях СВЧ-излучения при вибрации транспортёра (2019–2021 гг.)

Год	Продолжительность СВЧ-излучения ячменя при вибрации транспортёра, с	Органические удобрения, т/га	Средняя доза NPK, кг д.в./га	Ячмень (зерно), ц/га
Без предпосевной микронизации зерна (контроль)				
2019	0	50	190	31,8
2020				31,6
2021				32,2
После предпосевной микронизации зерна				
2019	15	50	190	34,3
	25			33,7
	35			32,1
	45			30,7
	55			29,2
	65			24,2
	75			19,1
2020	15	50	190	33,1
	25			32,8
	35			31,9
	45			29,6
	55			29,1
	65			23,4
	75			17,1
2021	15	50	190	30,3
	25			29,4
	35			27,3
	45			27,1
	55			26,1
	65			22,2
	75			16,2

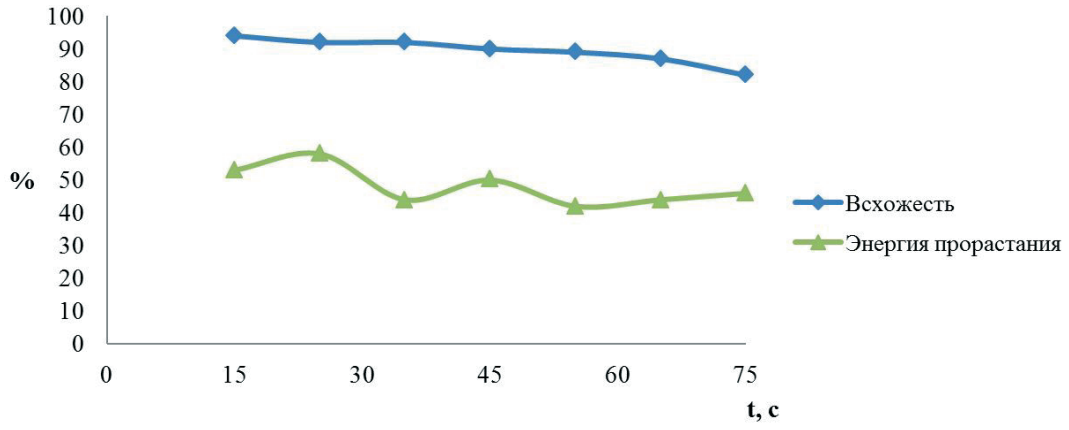


Рисунок 4 – Изменение всхожести и энергии прорастания ячменя в зависимости от времени СВЧ-облучения при вибрации транспортёра и мощности СВЧ-облучения 550 Вт

ставляет собой: вариант без предпосевной микронизации зерна, семь вариантов с различной продолжительностью облучения ячменя от 15 до 75 с при вибрации транспортёра. Технология возделывания ячменя была общепринятой для Северо-Западной зоны. Среднемесячная температура воздуха в весенне-летний период в целом была близка к многолетним значениям. Погодные условия за период исследования с 2019 по 2021 годы были типичными для зоны рискового земледелия. Известно, что на урожайность оказывают влияние не только погодные условия, но и удобрения. При проведении полевых опытов применялось припосевное внесение удобрений согласно обоснованным нормам их внесения в условиях региона (табл. 1).

Используемый при закладке опыта сорт ярового ячменя «Эколог» является районированным, зернофуражным с высоким содержанием белка – от 16 до 20%. Мощность СВЧ-излучения была фиксирована и составила 550 Вт.

Качество семян ячменя определяет всхожесть и энергия прорастания (сила роста) семенного материла. Для исследования влияния продолжительности облучения ячменя при вибрации транспортёра на всхожесть семян была поставлена серия опытов, учитывающих действие мощности СВЧ-излучения и время его однократного применения. Обработанное зерно было проверено на всхожесть согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

Всхожесть рассчитана в процентах на седьмые сутки после прорастания семян в растильнях. При подсчётах учитывались семена, которые имели не менее двух развитых корешков с длиной не менее длины семени. Для всех классов семян ячменя предусмотрена всхожесть не менее 92%.

Результаты проведения и обработки опытов по определению влияния времени сверхвысокочастотной обработки на всхожесть свидетельствуют о том, что с увеличением времени однократного СВЧ-излучения происходит снижение всхожести семян (рис. 4).

Оптимальное время однократного СВЧ-излучения при предпосевной обработке семян ячменя составляет 15 с.

Выводы. В исследовании обосновано использование установки для предпосевной микронизации зерна в условиях северной части Нечерноземья России, способствующей равномерному распределению семенного материала при обработке. Конструктивные параметры устройства обеспечивают возможность регулировки режимов обработки зерна при микронизации в зависимости от вида зерновых культур. Для исследования влияния продолжительности облучения ячменя при вибрации транспортёра на всхожесть семян была поставлена серия опытов, учитывающая время однократного СВЧ-облучения. Результаты проведения и анализа опытов по определению влияния времени сверхвысокочастотной обработки на всхожесть и силу роста семенного материала позволяют определить оптимальную продолжительность однократного СВЧ-излучения для семян ячменя, что подтверждается экспериментальными данными.

Список источников

1. Медведева, Н. А. Сценарии развития сельского хозяйства региона / Н. А. Медведева. – Текст : непосредственный // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2014. – № 3 (35). – С. 60–64. – ISSN 2073-9338.

2. Medvedeva, N. A. Assessment of Company Competitive Advantage Strategy Through Supply Chain / N. A. Medvedeva, A. O. Merenkov, E. V. Medvedeva. – Text : unmediated // International Journal of Supply Chain Management. – 2020. – Vol. 9, No. 3. – P. 778–783. – ISSN 2051-3771.

3. Kipriyanov, F. A. Prospects for the use of microwave energy in grain crop seeding / F. A. Kipriyanov, Y. A. Plotnikova, N. A. Medvedeva [et al.]. – Text : unmediated // Journal of Water and Land Development. – 2021. – T. 49, № 4-6. – C. 74–78. – ISSN 1429-7426.

4. Червяков, А. В. Изучения влияния СВЧ-обработки на посевные качества семян зерновых культур / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, А. С. Циркунов. – Текст : непосредственный // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 194–200.

5. Савиных, П. А. Термическая обработка зерна как способ повышения его усвояемости / П. А. Савиных, А. Ю. Исупов, Ф. А. Киприянов. – Текст : непосредственный // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 2. – С. 31–40. – ISSN 1995-4646.

6. Патент 2754444 C1 Российская Федерация, МПК A01C 1/00 (2006.01). Установка для предпосевной СВЧ-обработки семенного зерна : № 2020134936 : заявление от 26.10.2020 ; опубликовано 02.09.2021, Бюл. № 25 / Киприянов Ф. А., Савиных П. А., Белозерова С. В. ; патентообладатель ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. – 6 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Medvedeva, N. A. Scenarii razvitija sel'skogo hozjajstva regiona / N. A. Medvedeva. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo universiteta servisa. Serija: Jekonomika. – 2014. – № 3 (35). – S. 60–64. – ISSN 2073-9338.

2. Medvedeva, N. A. Assessment of Company Competitive Advantage Strategy Through Supply Chain / N. A. Medvedeva, A. O. Merenkov, E. V. Medvedeva. – Text : unmediated // International Journal of Supply Chain Management. – 2020. – Vol. 9, No. 3. – P. 778–783. – ISSN 2051-3771.

3. Kipriyanov, F. A. Prospects for the use of microwave energy in grain crop seeding / F. A. Kipriyanov, Y. A. Plotnikova, N. A. Medvedeva [et al.]. – Text : unmediated // Journal of Water and Land Development. – 2021. – T. 49, № 4-6. – C. 74–78. – ISSN 1429-7426.

4. Chervyakov, A. V. Izuchenija vlijanija SVCh-obrabotki na posevnye kachestva semjan zernovyh kul'tur / A. V. Chervyakov, S. V. Kurzenkov, A. S. Tsirkunov. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Baranovichskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnicheskie nauki. – 2013. – T. 1, № 1. – S. 194–200.

5. Savinykh, P. A. Termicheskaja obrabotka zerna kak sposob povyshenija ego usvojaemosti / P. A. Savinykh, A. Yu. Isupov, F. A. Kipriyanov. – Tekst : neposredstvennyj // Mezhdunarodnyj tehniko-jekonomicheskij zhurnal. – 2021. – № 2. – S. 31–40. – ISSN 1995-4646.

6. Patent 2754444 S1 Rossijskaja Federacija, MPK A01S 1/00 (2006.01). Ustanovka dlja predposevnoj SVCh-obrabotki semennogo zerna : № 2020134936 : zajavlenie ot 26.10.2020 ; opublikovano 02.09.2021, Bjul. № 25 / Kipriyanov F. A., Savinykh P. A., Belozerova S. V. ; patentoobladatel' FGBOU VO Vologodskaja GMHA. – 6 s. – Tekst : neposredstvennyj.

Сведения об авторах

Федор Александрович Киприянов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина», spin-код: 8937-8109.

Светлана Владимировна Белозерова – ассистент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина», spin-код: 2414-9342.

Information about the authors

Fedor A. Kipriyanov – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Energy Resources and Technical Service, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin", spin-code: 8937-8109.

Svetlana V. Belozerova – Assistant of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin", spin-code: 2414-9342.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.