

Технология и средство механизации для обработки зерна

Рудик Феликс Яковлевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес: 410012, город Саратов, Театральная площадь, дом 1

E-mail: rudik.sgau@mail.ru

Моргунова Наталья Львовна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес: 410012, город Саратов, Театральная площадь, дом 1

E-mail: morgunovanl@mail.ru

Красникова Екатерина Сергеевна

ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Адрес: 393760, Тамбовская область, город Мичуринск, ул. Интернациональная, дом 101

E-mail: krasnikovaes77@yandex.ru

Фауст Елена Александровна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес: 410012, город Саратов, Театральная площадь, дом 1

E-mail: faustea@sgau.ru

Семилет Никита Александрович

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес: 410012, город Саратов, Театральная площадь, дом 1

E-mail: semiletna@yandex.ru

Зерно подвержено заражению плесневыми грибами, что является значительной проблемой в кормопроизводстве и пищевой промышленности. Высокая концентрация микотоксинов в зерне может привести к отравлениям и даже летальному исходу. Поэтому актуальны исследования по совершенствованию технологий и технических средств обеззараживания зерна. В статье представлены результаты исследований бактерицидного свойства ультразвука низких частот в среде анолита. Авторами разработана технология и установка для обработки зерна. Показана целесообразность проведения обеззараживания зерна ультразвуком низких частот 24-26 кГц с интенсивностью ультразвука не более 1 Вт/см² в среде анолита, полученного на установке СТЭЛ. Разработанная технология позволяет уменьшить содержание в зерне бактерий и плесневых грибов, а также предотвращает накопление в нём микотоксинов и уменьшает загрязненность минеральными примесями.

Ключевые слова: ультразвук, анолит, микотоксины, ультразвуковая установка, обеззараживание зерна, микрозагрязнения зерна, микрофлора зерна

Введение

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы направлена на сохранение природного потенциала и повышения безопасности пищевых продуктов за счет применения

новых экологических технологий в растениеводстве и пищевой промышленности. Пшеница – это социально-значимая культура, являющаяся сырьём для многих отраслей промышленности. Главными источниками заражения зерна и зернопродуктов служат необеззараженные хранилища, приемные площадки, прискладская территория, зерноочистительные машины и механизмы, тара, инвентарь и транспортные средства и зараженное

зерно, поступающее от зернопроизводителей. Вместе с тем, заражение зерна плесневыми грибами происходит уже на стадии транспортировки зерна с поля, а также при его неправильном хранении и обработке (Ганиев, Недорезков, Шарипов, 2009, с. 6).

В связи с увеличением поступления на элеваторы партий зерна, зараженного фитопатогенными и патогенными микроорганизмами, актуальной становится задача обезвреживания зерна прежде, чем оно поступит на дальнейшую переработку (Юсупова, 2008, с. 20).

Литературный обзор

В настоящее время известны различные методы обезвреживания микотоксинов, вырабатываемых микроскопическими плесневыми грибами, однако они имеют достаточно большое количество недостатков. Более перспективно предотвращать развитие самих плесневых грибов, а не бороться с результатами их жизнедеятельности.

Так, известны предупредительные способы обеззараживания зерна, когда проводят подготовку семян перед закладкой на хранение, обрабатывая их органическими консервантами (Ермоленко, 2004, с. 3; Никифорова, 2017, с. 7). Однако за счет повышенного содержания органических кислот зерно теряет всхожесть и приобретает кислый привкус (Росляков, Прудникова, 1993, с. 17). Предложены агротехнические приемы, которые способствуют устойчивости растений к поражению грибами, продуцирующими токсины. Наиболее успешны в этой области генетически модифицированные растения. Также к предупредительным способам можно отнести обработку элеваторов, складов, оборудования и транспортеров дезинфектантами. Однако вопросы их безопасности для окружающей среды и для конечного потребителя требуют глубокого всестороннего анализа (Требух, Тышко, 2016, с. 246).

Широкое распространение получили различные физические способы обработки зерна, такие как охлаждение или вымораживание (Guoqing, 2019, р. 1). Однако такие методы не обеззараживают зерно, а лишь приостанавливают развитие микроорганизмов. Известны способы обработки зерна СВЧ-полем в зерно-очистительной машине (Васильев, 2018, с. 1) или воздействием энергией СВЧ-поля совместно с процессом отволаживания в бункере перед подачей зерна на первую драную

систему (Юсупова, Юсупов, 2012, с. 78-85). Однако недостатком СВЧ-обработки является повышение температуры, что может привести к денатурации белка и отразиться на технологических свойствах зерна или семян. Исследована возможность обработки зерна ионизирующим гамма-излучением (Алексахин, Санжарова, Козьмин, Гераськин, Павлов, 2014, с. 78-85). Однако применение этой технологии предполагает использование высокотехнологичного производства и дорогостоящих вложений. Рассмотрена возможность обработки зерна ультрафиолетом (Евдокимов, Кузнецова, 2016, с. 202-205). Однако для успешной реализации данного процесса необходимо подавать зерно тонким слоем, что требует долгих временных затрат. Изучено влияние озона на степень обеззараживания зерна (Авдеева, Безгина, Любая, 2013, с. 1). Однако недостатком озонирования является то, что есть предельная доза концентрации озона, губительная для зерна. Также озон положительно влияет на всхожесть и прорастание зерна, что неприемлемо при закладке зерна на хранение. Высокие показатели обеззараживания получены при ультразвуковой обработке зерна (Саруханова, 2015, с. 1-7). Однако при обработке ультразвуком низких частот при высокой интенсивности ультразвука (выше порога кавитации) может происходить разрыв оболочки зерна, а при низкой интенсивности (до 1 Вт/см²) – снижается бактерицидный эффект.

Теоретическое обоснование

Литературный и патентный анализ показал актуальность совершенствования технологий обработки зерна, позволяющих улучшить его микробиологическое состояние, в том числе и при хранении.

Теоретические исследования позволили выделить наиболее приемлемый способ для изучения. Исследования многих ученых показали, что ультразвуковая обработка имеет очень высокий потенциал. Так, в цитоплазме микроорганизмов, находящихся в жидкой среде, при действии ультразвука образуется кавитационная полость, которая заполняется парами жидкости; в пузырьке возникает давление, что приводит к дезинтеграции цитоплазматических структур. Поэтому ультразвук используют для стерилизации пищевых продуктов и дезинфекции предметов (Акопян, Ершов, 2005, с. 119).

Воздействие ультразвука на биологические ткани применяется для разрушения микроорганизмов в процессах стерилизации медицинских инструментов и лекарственных веществ; для получения фармакологических препаратов; для решения разнообразных задач в биологической и медицинской лабораторной технике (Голямин, 1979, с. 22).

В книге Хмелева В.Н. отмечено, что стерилизующее действие ультразвука проявляется при частоте волны 20 кГц и выше и при интенсивности волны более 0,5 Вт/см². Ультразвуком разрушаются кишечная, брюшнотифозная, дифтерийная и сенная палочки; возбудители дизентерии и столбняка; сальмонеллы; кокки, в том числе гонококки, трипаномы и т.д. (Хмелев, Сливин, Барсуков, Цыганок, Шалунов, 2010, с. 80-81). Также подтверждение бактерицидного эффекта ультразвука можно найти в работах и других ученых (Симонян, Кавтарадзе, 1970, с. 381-388; Исаенко, 2008, с. 5-9; Awada, Moharram, Shaltout, Asker, Youssef, 2012, р. 89-99; Перельман, Моисеев, 1980, с. 38-41; Антушева, 2013, с. 1; Шапхаев, Цыренов, Чебунина, 2005, с. 53-65).

Однако существующие способы и средства механизации для ультразвуковой обработки зерна либо имеют порог обеззараживания не более 80%, либо частоты и интенсивность волны ультразвука были подобраны для других задач, например, для ускорения отволаживания.

В связи с тем, что строение зерновки имеет сложную конфигурацию, то весьма перспективно, на наш взгляд, использование комбинированных методов обеззараживания зерна. Так, например, известными дезинфицирующими и стерилизующими свойствами, а также универсальным биоцидным действием обладает раствор анолита АНК. Анолит представляет собой экологически чистый раствор высокоактивных кислородных соединений хлора и озона, который относится к 4-му классу малотоксичных веществ по ГОСТ 12.1.007-76 (Государственный реестр лекарственных средств, Рег. № ЛС-002150, 2020). Анолит не требует специальных условий для перевозки и хранения. Комбинация действующих веществ в анолите не позволяет адаптироваться грибам и микроорганизмам к его биоцидному действию, а малая суммарная концентрация соединений активного кислорода и хлора гарантирует полную безопасность для животных, людей и окружающей среды (Прилуцкий, Долгополов, Барабаш, 2013, с. 33).

Исходя из вышесказанного, целью данной работы была разработка технологии обеззараживания зерна ультразвуком с использованием раствора анолита АНК и средства механизации для обеззараживания зерна.

Для достижения поставленной цели были выдвинуты следующие задачи: 1) оценить степень загрязненности зерна пшеницы, поставляемой на кормовые цели, микотоксинами и минеральными примесями; 2) изучить влияние ультразвуковой обработки при различных параметрах и раствора анолита АНК на эффективность обезвреживания зерна; 3) разработать технологию обеззараживания зерна ультразвуком в среде раствора анолита АНК; 4) создать полезную модель для обработки зерна согласно разработанной технологии.

В основу настоящих исследований положена следующая рабочая гипотеза: поверхность зерна можно очистить от механических примесей, бактерий и плесневых грибов с помощью низкочастотного ультразвука, вызывающего микротоки вдоль поверхности зерна; усилить бактерицидный эффект можно путем проведения обработки зерна в растворе анолита.

Исследование

Материал и методы исследования

Объектом исследования служило зерно пшеницы, поставляемое на кормовые цели. Предварительно зерно было исследовано на наличие микотоксинов методом жидкостной хроматографии по стандартным методикам (ФР 1.31.2008.04629, 2008, МУ 3184-84, 1984; ГОСТ 28001-88, 1988) а также на загрязненность минеральными примесями.

Загрязненность минеральными примесями определялась измерением площадей микрозагрязнений зерна, определением суммарной площади единичных участков поверхностных загрязнений у пробной выборки зерен, исходя из периметров их контура (Рисунок 1). Определялось процентное отношение загрязненной площади к суммарной поверхностной площади зерен средней исходной пробы (Рудик, Моргунова, Савельев, 2013, с. 107-109).



Рисунок 1. Частица загрязнения в бороздке зерна (увеличение – 100×).

Опытную партию зерна массой 300 г в растворе анолита АНК подвергали воздействию ультразвука в диапазоне частот 20-35 кГц в ультразвуковых установках УОМ-2, ПСБ-Галс и РАП при разной интенсивности ультразвуковых волн (от 0,3 до 1 Вт/см²) от 1 до 40 минут (Таблица 1).

Контролем служило нативное зерно (контроль I) и зерно, подвергавшееся воздействию ультразвука в воде (контроль II). Затем контрольную и опытную партию зерна исследовали на наличие минеральных примесей и проводили микробиологические исследования. Микробиологические исследования зерна проводили по

ГОСТ Р 51278-99. При этом зерно исследовали на наличие бактерий и плесневых грибов на третий, четвертый и пятый день после посева на агаризованную питательную среду путем подсчёта колоний с использованием микроскопа Микромед «Атом» с диапазоном увеличения 40х-800х.

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе исследований в зерне пшеницы, взятом для эксперимента, были обнаружены микотоксины, а именно, афлатоксин В₁, Т-2 токсин, охратоксин (Таблица 2), что является основным индикатором недоброкачества кормовой базы. Следует отметить, что было выявлено превышение содержания афлатоксина В₁ в два раза по сравнению с нормативным показателем, установленным Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011).

Следует отметить, что, несмотря на визуальную чистую поверхность зерна, микроскопический анализ показал наличие минеральных загрязнений в области бороздки и бороздки зерна. Так, относительная частота загрязнений составила 12% в интервале площадей загрязнений 0,13-0,09 мм²; 19% – в интервале 0,05-0,01 мм²; 15% – в интервале 0,09-0,05 мм² и 54% – в интервале 0,0100-0,0001 мм² (Рисунок 2).

Таблица 1
Матрица эксперимента

Номер партии зерна	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Время обработки, мин	1			10			20			30			40		
Интенсивность ультразвука, Вт/см ²	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1
Частота ультразвука, кГц	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	24	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	26	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 2
Содержание в зерне пшеницы микотоксинов

Наименование показателя	Нормы по нормативным документам, мг/кг	Результаты исследований, мг/кг	Нормативные документы на методы измерений	Плесневые грибы, продуцирующие микотоксины
Афлатоксин В1	не более 0,02	0,04*	ФП 1.31.2008. 04629	<i>Aspergillus</i>
Т-2 токсин	не более 0,1	0,01	МУ 3184-84	<i>Fusarium</i>
Охратоксин А	не более 0,05	0,03	ГОСТ 28001-88	<i>Aspergillus, Penicillium</i>

* - превышение нормы



Рисунок 2. Результаты анализа относительной частоты загрязнения поверхности зерна минеральными примесями.

Далее нами показано, что наиболее эффективной оказалась обработка зерна в анолите ультразвуком с частотой волны 24-26 кГц при интенсивности волны 1 Вт/см² при воздействии в течение 30 минут. Так, на Рисунке 3 представлены фотографии поверхности зерна, обработанного ультразвуком 26 кГц в воде и в среде анолита.

Следует отметить, что поверхность зерна была абсолютно чистой, даже в зоне бороздки (Рисунок 3в).

Что касается влияния ультразвуковой обработки (с частотой волны 26 кГц) и анолита на наличие микрофлоры на поверхности зерна, то полученные результаты наглядно продемонстрированы на Рисунке 4. Следует отметить, что зерно, обработанное по предложенному способу, было без признаков поражения плесневыми грибами.

Интересно отметить, что увеличение интенсивности ультразвукового воздействия или изменение частоты ультразвука в меньшую сторону приводило к нарушению структуры зерна (отделению плодовой оболочки, разрыхлению эндосперма), что нежелательно при его хранении (Рисунок 5).

Далее нами было установлено положительное влияние ультразвукового воздействия в среде анолита на снижение микрзагрязненности зерна. Так, после обработки зерна по предложенной нами технологии минеральные загрязнения на поверхности зерна отсутствовали.

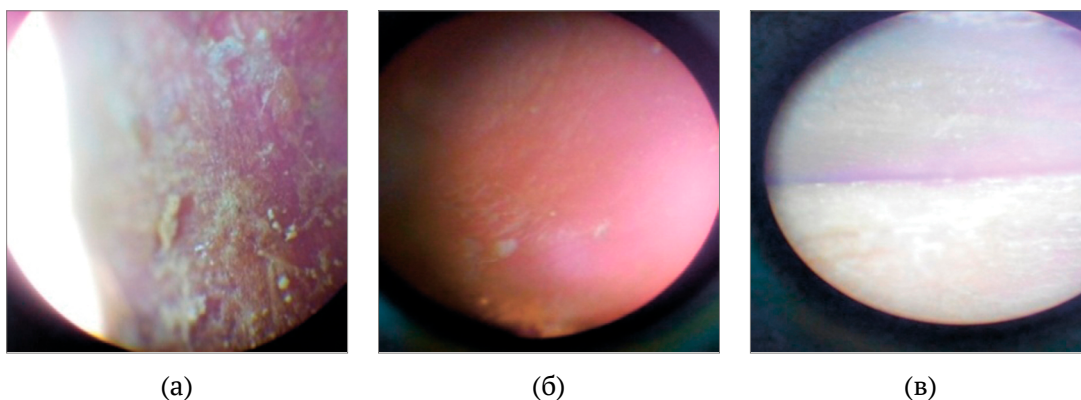


Рисунок 3. Влияние ультразвука с частотой волны 26 кГц и анолита АНК на развитие плесневых грибов на поверхности зерновки (увеличение – 160×): а – нативное зерно; б – в воде; в – в среде анолита АНК.



Рисунок 4. Рост колоний микроорганизмов зерна, обработанного ультразвуком в воде и анолите АНК.



Рисунок 5. Зерновка пшеницы после воздействия ультразвуком с частотой волны 20 кГц и интенсивностью 3 Вт/см² в воде (увеличение – 100×).

Таблица 3

Влияние ультразвуковой обработки зерна на показатель КМАФАнМ

Вид обработки	КМАФАнМ, КОЕ/г	Снижение содержания микроорганизмов, %
Нативное зерно (контроль I)	$2,7 \cdot 10^4 \pm 1,3 \cdot 10^3$	-
Ультразвуковая обработка, 26 кГц в воде (контроль II)	$9,9 \cdot 10^3 \pm 4,7 \cdot 10^2^*$	63,3**
Ультразвуковая обработка, 26 кГц в среде анолита	$5,4 \cdot 10^2 \pm 2,7 \cdot 10^{*#}$	98,0**

Примечание: * – различия статистически достоверны по сравнению с контролем I; # – различия статистически достоверны по сравнению с контролем II ($P \leq 0,05$ при t критическом 2,10); ** – по сравнению с контролем I.

Аналогичная зависимость от параметров ультразвуковой обработки и наличия анолита АНК прослеживалась и при исследовании зерна пшеницы на наличие бактерий и плесневых грибов. Так, обработка зерна ультразвуком в среде анолита при частоте волны 26 кГц и интенсивности волны 1 Вт/см² в течение 30-ти минут позволила подавить развитие микрофлоры на 98% (Таблица 3).

На основании полученных нами данных о положительном эффекте ультразвуковой обработки зерна в среде анолита АНК в борьбе с микроорганизмами, микотоксинами и механическими примесями, нами была разработана полезная модель для обработки зерна в поле ультразвуковых волн (Рисунок 6).

Установка работает следующим образом. Зерно или семена загружают в корпус 1 через загрузочный бункер 2, где происходит его перемешивание шнеком 3. Внутри корпуса зерно обрабатывается анолитом, подаваемым из установки СТЭЛ 6 по трубопроводу 5 через штуцер

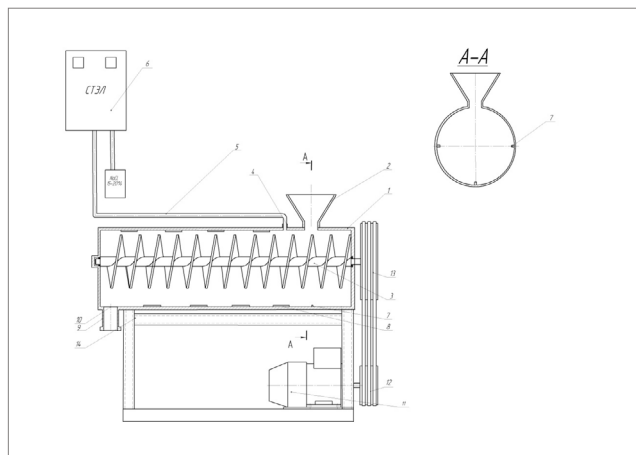


Рисунок 6. Установка для обеззараживания зерна: 1 – корпус цилиндрический, 2 – загрузочный бункер, 3 – шнек, 4 – штуцер, 5 – трубопровод, 6 – установка СТЭЛ, 7 – форсунки, 8 – ультразвуковые излучатели, 9 – выгрузной патрубок, 10 – задвижка, 11 – мотор-редуктор, 12 – ведущий шкив, 13 – ведомый шкив, 14 – опора.

4 и через форсунки 7. Ультразвуковая обработка происходит с помощью ультразвуковых излучателей 8. Выгрузка зерна осуществляется через выгрузной патрубок 9, где установлена задвижка 10. Движение шнека осуществляется за счет работы мотор-редуктора 11, который передает вращение на ведущий шкив 12 через клиноременную передачу на ведомый шкив 13. Установка расположена на опоре 14. Время обработки устанавливается в зависимости от степени загрязненности зерна.

Выводы

Итак, нами установлена целесообразность разработки технологии и средства механизации для обеззараживания зерна, так как имеет место быть факт загрязненности зерна пшеницы, поставляемой на кормовые цели, микотоксинами и минеральными примесями. Показано, что воздействие на загрязненное зерно в среде анолита АНК акустической кавитации, порождаемой ультразвуковыми волнами с частотой 24-26 кГц при

интенсивности ультразвука не менее 1 Вт/см², называемой порогом кавитации, наиболее эффективно и приводит к уменьшению содержания в зерне бактерий и плесневых грибов, предотвращает развитие в нём микотоксинов, уменьшает загрязненность минеральными примесями. Положительные результаты обеззараживания зерна ультразвуком в комплексе с дезинфектантом позволили создать полезную модель для обработки зерна с использованием установки СТЭЛ для электрохимического синтеза анолита АНК.

Литература

- Авдеева В.Н., Безгина Ю.А., Любая С.И. Влияние обработки озонем на физиологические параметры пшеницы // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8696> (дата обращения: 10.03.2020).
- Акопян Б.В., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 224 с.
- Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Гераськин С.А., Павлов А.Н. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации // Вестник российской академии естественных наук. 2014. № 1. С. 78-85.
- Антушева Т.И. Некоторые особенности влияния ультразвука на микроорганизмы // Живые и биокосные системы. 2013. № 4. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-11/> (дата обращения: 10.03.2020).
- Бондарева Л. Загроза для збережуваного зерна // Пропозиція. Зерно: від поля до елеватора. 2016. С. 28-32. URL: // <https://propozitsiya.com/borba-s-vreditelyami-zerna-vo-vremya-hraneniya-0> (дата обращения: 10.03.2020).
- Ганиев М.М., Недорезков В.Д., Шарипов Х.Г. Вредители и болезни зерна и зернопродуктов при хранении. М.: КолосС, 2009. 208 с.
- ГОСТ 28001-88. Зерно фуражное, продукты его переработки, комбикорма. Методы определения микотоксинов: Т-2 токсина, зеараленона (Ф-2) и охратоксина А. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 10 с.
- ГОСТ Р 51278-99. Зерновые, бобовые и продукты их переработки. Определение количества бактерий, дрожжевых и плесневых грибов. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 11 с.
- Евдокимов А.П., Кузнецова Т.А. Применение коротковолнового ультрафиолетового излучения для бактерицидной обработки зерна // Современное научное знание в условиях системных изменений: материалы Первой национальной научно-практической конференции. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2016. С. 202-205.
- Исаенко Е.Ю. Применение ультразвука для дезинтеграции микробных клеток // Annals of Mechnicov Institute. 2008. № 1. С. 5-9.
- МУ 3184-84. Методические указания по обнаружению, идентификации и определению содержания Т-2 токсина в пищевых продуктах и продовольственном сырье. М.: Министерство Здравоохранения СССР, 1984. 10 с.
- О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы: постановление Правительства Рос. Федерации от 14.07.2012 № 717. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/> (дата обращения: 10.03.2020).
- Перельман М.И., Моисеев В.С. Бактерицидное действие ультразвука // Проблемы техники в медицине. Таганрог: ТРТИ, 1980. С. 38-41.
- Прилуцкий В.И., Долгополов В.И., Барабаш Т.Б. Анолиты на рынке дезсредств: не ошибитесь в выборе // Медицинский алфавит. Эпидемиология и гигиена. 2013. № 3. С. 29-38.
- Росляков Ю.Ф., Прудникова Т.Н. Целесообразность использования пропионовой кислоты для консервирования влажного зерна // Известия Вузов. Пищевая технология. 1993. № 5-6. С. 17-19.
- Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Савельев И.Ф. Методика определения загрязнений зерна исследованием состояния микроплощадей // Технология и продукты здорового питания: Материалы VII Международной практической конференции. Саратов: Буква, 2013. С. 107-109.
- Свидетельство № 29-08 от 04.03.2008. ФР.1.31.2008.04629. Методика выполнения измерений массовой доли афлатоксинов В1, В2, G1 и G2 в пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
- Симонян З.Г., Кавтарадзе Ц.В. Влияние ультразвуковых волн на патогенные свойства стафилококков и их чувствительность к антибиотикам // Тр. НИИ дерматологии МЗ ГрСССР. Тбилиси: МЗ ГрСССР, 1970. Т. 13-14. С. 381-388.
- Состав для хранения зерна, пищевых продуктов, семян злаковых, бобовых и комбикормов: пат. 2632977 Российская Федерация. № 2016145957

- / Никифорова М.П.; заявл. 23.11.2016; опубл. 11.10.2017, Бюл. № 29.
- Способ обеззараживания зернового сырья: пат. 2539731 Рос. Федерация. № 2013131878/10 / Саруханова Л.Е.; заявл. 11.07.2013; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.
- Способ подготовки зерна перед закладкой на хранение: пат. 2222171 Рос. Федерация. № 2002124565/13 / Ермоленко С.А., Надыкто В.Д., Квасенков О.И.; заявл. 16.09.2002; опубл. 27.01.2004, Бюл. № 3.
- ТР ТС 015/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности зерна» (с изменениями на 15 сентября 2017 года) / Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 874.
- Требух М.Д., Тышко Н.В. Иммунологические методы в исследованиях безопасности ГМО // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 2. С. 246.
- Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Гл. ред. И.П. Голямина. М.: Советская энциклопедия, 1979. 400 с.
- Устройство для обеззараживания зерна для зерно- и семяочистительного агрегата: пат. на полезную модель 179642 Рос. Федерация. № 2015150524 / Васильев А.А., Будников Д.А., Васильев А.Н.; заявл. 25.11.2015; опубл. 21.05.2018, Бюл. № 15.
- Хмелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. Бийск: Изд-во Алт. гос. тех. ун-та, 2010. 203 с. URL: <https://books.google.ru/books?id=CjM-Rwlq>
- KiQC&pg=PA168&lpg=PA168&dq=pdf (дата обращения: 10.03.2020)
- Шапхаев Э.Г., Цыренов В.Ж., Чебунина Е.И. Основы биотехнологии. Дезинтеграция микробных клеток. Улан-Уде: Изд-во ВСГТУ, 2005. 94 с.
- Юсупова Г.Г. Деконтаминация зерна и продуктов его переработки от токсикогенных грибов энергией СВЧ-поля // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2008. № 4(29). С. 19-22.
- Юсупова Г.Г., Юсупов Р.Х. Электротермическое воздействие энергией СВЧ-поля – экологичное решение проблемы качества и безопасности зернового сырья // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2012. № 1(52). С. 9-11.
- Awada T.S., Moharram H.A., Shaltout O.E., Asker D., Youssef M.M. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food // Food Research International. 2012. Vol. 48. No. 2. P. 410-427.
- Vacuum refrigeration granary of guaranteeing quality: Pat. 208354004 (U) CN. № CN201820591593U / Guoqing L.U.; declared 24.04.2018; published 11.01.2019.
- Zbigniew J.D., Stadnik J., Stasiak D. Applications of ultrasound in food technology // Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 2007. Vol. 6. No. 3. P. 89-99.

Technology and Means of Mechanization for Grain Processing

Feliks Ya. Rudik

*Saratov State Vavilov Agrarian University
1 Teatralnaya sqr., Saratov, 410012, Russian Federation
E-mail: rudik.sgau@mail.ru*

Natalya L. Morgunova

*Saratov State Vavilov Agrarian University
1 Teatralnaya sqr., Saratov, 410012, Russian Federation
E-mail: morgunovanl@mail.ru*

Ekaterina S. Krasnikova

*Michurinsk State Agrarian University
101 Internationalnaya str., Michurinsk, Tambov region, 393760, Russian Federation
E-mail: krasnikovaes77@yandex.ru*

Elena A. Faust

*Saratov State Vavilov Agrarian University
1 Teatralnaya sqr., Saratov, 410012, Russian Federation
E-mail: faustea@sgau.ru*

Nikita A. Semilet

*Saratov State Vavilov Agrarian University
1 Teatralnaya sqr., Saratov, 410012, Russian Federation
E-mail: semiletna@yandex.ru*

Grain is susceptible to infection by fungi, which is a significant problem in the feed production and food industry. The high concentration of mycotoxins in the grain can lead to poisoning and even death, so relevant research to improve technologies and technical means of disinfection of grain. The article presents the results of studies of the bactericidal properties of low-frequency ultrasound in the anolyte. The authors have developed a technology and installation for grain processing. The expediency of carrying out grain disinfection by ultrasound of low frequencies 24-26 kHz with ultrasound intensity no more than 1 W/cm² in the anolyte obtained at the STEL installation is shown. The developed technology reduces the content of bacteria and fungi in the grain, as well as prevents the accumulation of mycotoxins in it and reduces contamination with mineral impurities.

Keywords: ultrasound, anolyte, mycotoxins, ultrasonic installation, grain disinfection, grain micro-contamination, grain microflora

References

- Avdeeva V.N., Bezgina Yu.A., Lyubaya S.I. Vliyanie obrabotki ozonom na fiziologicheskie parametry pshenicy [Influence of ozone treatment on physiological parameters of wheat]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013, no. 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8696> (accessed 10.03.2020).
- Akopyan B.V., Ershov YU.A. Osnovy vzaimodejstviya ultrazvuka s biologicheskimi obyektami: Ultrazvuk v medicine, veterinarii i eksperimentalnoj biologii [Fundamentals of interaction of ultrasound with biological objects: Ultrasound in medicine, veterinary medicine and experimental biology]. Moscow: BMGTU publishing house, 2005. 224 p.
- Aleksahin R.M., Sanzharova N.I., Kozmin G.V., Geraskin S.A., Pavlov A.N. Perspektivy ispolzovaniya radiacionnyh tekhnologij v agropromyshlennom komplekse Rossijskoj Federacii [Prospects of use of radiation

- technologies in agroindustrial complex of the Russian Federation]. *Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk [Bulletin of the Russian Academy of natural sciences]*, 2014, no. 1, pp. 78-85.
- Antusheva T.I. Nekotorye osobennosti vliyaniya ultrazvuka na mikroorganizmy [Some features of the influence of ultrasound on microorganisms]. *Zhivye i biokosnye sistemy [Living and bio-inert systems]*, 2013, no. 4. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-11/> (accessed 10.03.2020).
- Bondareva L. Zagroza dlya zberezhuvanogo zerna [Threat to stored grain]. *Propozitsiya. Zerno: vid polya do elevatora [Offer. Grain: From the field to the elevator]*, 2016, pp. 28-32. URL: <https://propozitsiya.com/borba-s-vreditelyami-zerna-vo-vremya-hraneniya-0> (accessed 10.03.2020).
- Ganiev M.M., Nedorezkov V.D., Sharipov H.G. Vrediteli i bolezni zerna i zernoproduktov pri hranenii [Pests and diseases of grain and grain products during storage]. Moscow: KolosS, 2009, 208 p.
- GOST 28001-88. Zerno furazhnoe, produkty ego pererabotki, kombikorma. Metody opredeleniya mikotoksinov: T-2 toksina, zearalenona (F-2) i ohratoksin A [Fodder grain, products of its processing, mixed feeds. Methods for determination of micotoxins: T-2 toxin, zearalenon (F-2) and ochratoxin A]. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, 1999. 10 p.
- GOST R 51278-99. Zernovye, bobovye i produkty ih pererabotki. Opredelenie kolichestva bakterij, drozhzhevyh i plesnevyyh gribov [Cereals, pulses and derived products. Enumeration of bacteria, yeasts and moulds]. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, 1999. 11 p.
- Evdokimov A.P., Kuznecova T.A. Primenenie korotkovolnovogo ultrafioletovogo izlucheniya dlya baktericidnoj obrabotki zerna [Application of short-wave ultraviolet radiation for bactericidal processing of grain]. *Sovremennoe nauchnoe znanie v usloviyah sistemnyh izmenenij: Materialy Pervoj nacionalnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Modern scientific knowledge in the conditions of system changes: Materials of the First national scientific and practical conference]*. Omsk: Omsk state agrarian university named after p. P.A. Stolypin, 2016, pp. 202-205.
- Isaenko E.Yu. Primenenie ultrazvuka dlya dezintegratsii mikrobnnyh kletok [The use of ultrasound for disintegration of microbial cells]. *Annals of Mechnicov Institute*, 2008, no. 1, pp. 5-9.
- MU 3184-84. Metodicheskie ukazaniya po obnaruzheniyu, identifikatsii i opredeleniyu soderzhaniya T-2 toksina v pishchevyh produktah i prodovolstvennom syrye [Methodical instructions on detection, identification and definition of the maintenance of T-2 of toxin in foodstuff and food staples]. Moscow: Ministerstvo Zdravoohraneniya SSSR, 1984. 10 p.
- Postanovlenie Pravitelstva RF ot 14 iyulya 2012 g. N 717 "O Gosudarstvennoj programme razvitiya selskogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov selskohozyajstvennoj produkcii, syrya i prodovolstviya na 2013-2020 gody" [On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2013-2020]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/> (accessed 10.03.2020)
- Perelman M.I., Moiseev V.S. Baktericidnoe dejstvie ultrazvuka [Bactericidal effect of ultrasound]. In *Problemy tekhniki v medicine [Problems of technology in medicine]*. Taganrog: TRTI, 1980, pp. 38-41.
- Priluckij V.I., Dolgopopol V.I., Barabash T.B. Anolity na rynke dezсредstv: ne oshibites v vybore [Anolites in the market of disinfectants: Do not be mistaken in the choice]. *Medicinskij alfavit. Epidemiologiya i gigiena [Medical alphabet. Epidemiology and hygiene]*, 2013, no. 3, pp. 29-38.
- Roslyakov Yu.F., Prudnikova T.N. Celesoobraznost ispolzovaniya propionovoj kisloty dlya konservirovaniya vlazhnogo zerna [Expediency of propionic acid use for preservation of moist grain]. *Izvestiya Vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [Izvestiya Vuzov. Food technology]*, 1993, no. 5-6, pp. 17-19.
- Rudik F.Ya., Morgunova N.L., Savelev I.F. Metodika opredeleniya zagryaznenij zerna issledovaniem sostoyaniya mikroploshchadej [Methods for determining grain pollution by studying the state of micro-areas]. *Tekhnologiya i produkty zdorovogo pitaniya: Materialy VII Mezhdunarodnoj prakticheskoy konferencii [Technology and healthy food products: Materials of the VII International practical conference]*. Saratov: Bukva, 2013, pp. 107-109.
- Svidetelstvo № 29-08 ot 04.03.2008. FR.1.31.2008.04629. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj doli aflatoksinov V1, V2, G1 i G2 v pishchevyh produktah metodom vysokoeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii [Method of measuring the mass fraction of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in food products by high-performance liquid chromatography].
- Simonyan Z.G., Kavtaradze C.V. Vliyanie ultrazvukovyh voln na patogennyye svoystva stafilokokkov i ih chuvstvitelnost k antibiotikam [Influence of ultrasonic waves on pathogenic properties of staphylococci and their sensitivity to antibiotics]. In *Trudy nauchno-issledovatel'skogo kozhno-venerologicheskogo instituta MZ GrSSSR [Proceedings of the skin and venereological institute]*

- of the Ministry of Health of the GSSR*. Tbilisi: MZ GrSSSR, 1970, vol. 13-14, pp. 381-388.
- Sostav dlya hraneniya zerna, pishchevyh produktov, semyan zlakovyh, bobovyh i kombikormov [Composition for storage of grain, food products, seeds of cereals, legumes and feed]: Pat. 2632977 Russian Federation. No. 2016145957. Nikiforova M.P.; declared 23.11.2016; publ. 11.10.2017, bulletin no. 29.
- Sposob obezzarazhivaniya zernovogo syrya [Method of disinfection of grain raw materials]: Pat. 2539731 Russian Federation. No. 2013131878/10. Saruhanova L.E.; declared 11.07.2013; publ. 27.01.2015, bulletin no. 3.
- Sposob podgotovki zerna pered zakladkoj na hranenie [The method of preparing the grain before putting it in storage]: Pat. 2222171 Russian Federation. No. 2002124565/13. Ermolenko S.A., Nadykto V.D., Kvasenkov O.I.; declared 16.09.2002; publ. 27.01.2004; bulletin no. 3.
- TR TS 015/2011. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza "O bezopasnosti zerna" ["On the safety of grain" Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union] (s izmeneniyami na 15 sentyabrya 2017 goda) / Utverzhden Resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 goda N 874.
- Trebuh M.D., Tyshko N.V. Immunologicheskie metody v issledovaniyah bezopasnosti GMO [Immunological methods in safety studies of GMO]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 2016, vol. 85, no. 2, pp. 246.
- Golyamin I.P. Malenkaya enciklopediya. Ultrazvuk [Little encyclopedia. Ultrasound]. Moscow: Soviet encyclopedia, 1979. 400 p.
- Ustrojstvo dlya obezzarazhivaniya zerna dlya zerno- i semyaochistitelnogo agregata [Device for disinfection of grain for grain and seed cleaning unit]: Pat. on useful model 179642 Russian Federation. No. 2015150524. Vasilev A.A., Budnikov D.A., Vasilev A.N.; declared 25.11.2015; publ. 21.05.2018, bulletin no. 15.
- Khmelev V.N., Slivin A.N., Barsukov R.V., Cyganok S.N., Shalunov A.V. Primenenie ultrazvuka vysokoj intensivnosti v promyshlennosti [Application of high intensity ultrasound in industry]. Bijsk: Izdatelstvo Altajskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2010. 203 p. URL: <https://books.google.ru/books?id=CjM-RwlqKiQC&pg=PA168&lpg=PA168&dq=pdf> (accessed 10.03.2020).
- Shaphaev E.G., Cyrenov V.Zh., Chebunina E.I. Osnovy biotekhnologii. Dezintegraciya mikrobyh kletok [Fundamentals of biotechnology. Disintegration of microbial cells]. Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2005. 94 p.
- Yusupova G.G. Dekontaminaciya zerna i produktov ego pererabotki ot toksikogennyh gribov energiej SVCH-polya [Decontamination of grain and products of its processing from toxicogenic fungi by microwave field energy]. *Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina"* [Bulletin of the Federal state educational institution of higher professional education "Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin"], 2008, no. 4(29), pp. 19-22.
- Yusupova G.G., Yusupov R.H. Elektrotermicheskoe vozdejstvie energiej SVCH-polya – ekologichnoe reshenie problemy kachestva i bezopasnosti zernovogo syrya [Electrothermal effect of microwave field energy – ecological solution of the problem of quality and safety of grain raw materials]. *Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina"* [Bulletin of the Federal state educational institution of higher professional education "Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin"], 2012, no. № 1(52), pp. 9-11.
- Awada T.S., Moharram H.A., Shaltout O.E., Asker D., Youssef M.M. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food. *Food Research International*, 2012, vol. 48, no. 2, pp. 410-427.
- Vacuum refrigeration granary of guaranteeing quality: Pat. 208354004 (U) CN, No. CN201820591593U. Guoqing L.U.; declared 24.04.2018; published 11.01.2019.
- Zbigniew J.D., Stadnik J., Stasiak D. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*, 2007, vol. 6, no. 3, pp. 89-99.