

ВЛИЯНИЕ ОЗОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ВРЕДИТЕЛЕЙ ЗЕРНА

Иван Васильевич Баскаков

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Вредители зерна наносят значительный вред сельскому хозяйству, так как в результате их жизнедеятельности уничтожается значительная часть урожая зерновых культур. В настоящее время для борьбы с вредителями используют инсектициды, которые не только загрязняют окружающую среду, но и требуют особых условий производства, хранения и транспортировки. Кроме того, в обрабатываемом материале задерживается часть вредных для человека ядохимикатов. В связи с этим исследования альтернативных методов дезинфекции являются актуальными. Одним из наиболее прогрессивных способов обработки зерна является процесс озонирования. Ученым удалось доказать эффективность применения озона в качестве дезинфицирующего средства. Однако практические рекомендации по использованию газа при обработке зерна крайне скудны. Поэтому целью исследований было выявить режимы проведения дезинфекции, которые позволят эффективно уничтожить наиболее распространенных вредителей зерна, а именно амбарного долгоносика и зерновой моли. При проведении исследований зерно вместе с насекомыми помещали в герметичную стеклянную емкость объемом 5 л, имеющую входные и выходные штуцеры. Концентрацию озона в подаваемой озонозодушной смеси варьировали от 5 до 15 мг/м³ в зависимости от режима работы озонатора и времени обработки. Расход агента составлял 1,0 м³/ч. Обработка длилась в течение часа при температуре окружающего воздуха +25°C. Результаты исследования показали, что часовая озонная обработка при концентрации газа 5–15 мг/м³ уничтожает 86,1% амбарного долгоносика и 90,5% зерновой моли, при этом выжившие особи теряют свою активность, т. к. поражаются озоном. Использование озонозодушной смеси для дезинфекции зерна позволит снизить объем производства инсектицидов, сократить затраты на транспортировку и хранение ядохимикатов, улучшить экологическую обстановку в сельском хозяйстве, уменьшить себестоимость производства сельскохозяйственной продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерно, зерновой ворох, зараженность, зерновые вредители, озон, озонирование, дезинфекция.

GRAIN OZONOUS TREATMENT AND ITS INFLUENCE ON STORED-GRAIN PESTS AND INSECTS

Ivan V. Baskakov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Stored-grain pests and insects cause significant harm to agriculture, because they destroy crops and carry diseases. Currently, agricultural specialists use insecticides to control pests. Such chemical substances not only pollute the environment, but also require special precautions during production, storage and transportation. In addition, a certain portion of harmful to health and environment components of pesticides reserve in the grain after harvesting. In this regard, studies on alternative methods of disinfection become topical. The most advanced method of grain treatment is the process of ozonation. Scientists both in Russia and abroad were able to prove the effectiveness of ozone as a disinfectant. However, practical recommendations on the use of gas in grain processing are extremely scarce. Therefore, the research was devoted to identification of operation disinfection practices effectively destroying the most common pests of grain, namely granary weevil and mottled grain moth. During the research, analysis samples of grain heap with the inhabiting insects were placed in a sealed glass container with a volume of 5 liters, the container was provisioned with input and output fittings. The ozone concentration in the ozone-air mixture varied from 5 to 15 mg/m³ depending on the operating mode of the ozonator and the treatment time. The flow rate of the agent was 1.0 m³/h. The treatment lasted for an hour at an ambient air temperature of +25°C. The results of studies showed that one-hour ozone treatment at gas concentration of 5-15 mg/m³ destroyed 86.1% of granary weevil and 90.5% of mottled grain moth, the activity of the surviving individuals declined, because they were affected by ozone. Moreover, disinfection of grain by ozone-air mixture assists in reducing the output production of insecticides, the cost of transportation and storage of pesticides, and in the long run assists in improving the environmental situation in agriculture, as well as the cost of manufactured agricultural products.

KEYWORDS: grain, grain heap, contamination, grain pests, ozone, ozonation, disinfection.

Наращивание производства зерновых культур в России вызывает необходимость совершенствования конструкций технологических машин с целью снижения травмирования зерна во время уборки [28, 33]. Однако наряду с успехами в этом направлении остро стоит задача снижения повреждаемости урожая вредителями.

Согласно материалам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) «Food and Agriculture Organization», если не проводить различные мероприятия по уничтожению вредных насекомых, то значительная часть выращенного зерна может быть повреждена. Ежегодно вредители уничтожают около 15% мирового урожая зерновых культур [23]. В Российской Федерации недобор зерна из-за деятельности вредных насекомых в среднем составляет 9,3% [7]. Особенно активно насекомые развиваются в поврежденных (травмированных) и влажных зерновках [32].

К наиболее распространенным вредителям зерна в нашей стране относятся амбарный долгоносик и зерновая моль, которыми в совокупности заражено около 14% всего зерна [6]. Каждому опасному для зерновых культур насекомому межгосударственный стандарт ГОСТ 13586.6-93 присваивает определенный коэффициент вредоносности [4]. Наиболее трудно обнаружить и уничтожить вредителей, развивающихся внутри зерна. К таковым относятся амбарный долгоносик и зерновой точильщик. Поэтому именно им присваиваются наибольшие коэффициенты вредоносности, равные соответственно 1,5 и 1,7. Кроме того, деятельность данных вредителей сопровождается выделением тепла и влаги, что способствует самосогреванию вороха и образованию плесени. Значительный урон зерну наносит и зерновая моль, которая имеет коэффициент вредоносности, равный 1,1, что является третьим по вредности показателем. Ее гусеница также вгрызается в зерновку и там развивается. При этом теряется до 50% веса зерна пшеницы и до 24% сухого вещества зерна кукурузы. В зависимости от условий и вида насекомого одна самка вредителя дает потомство 100...600 особей несколько раз в год. Поэтому даже невысокая зараженность зернового материала очень опасна, так как через несколько недель она увеличится в десятки раз, а через несколько месяцев – в сотни и тысячи раз. Ворох, имеющий чрезмерную зараженность, уже не пригоден для дальнейшего использования.

В настоящее время для борьбы с вредителями используют инсектициды. Данные химические препараты зачастую не только уничтожают вредных насекомых, но также являются опасными для других живых существ, включая человека. Для производства инсектицидов необходимо сложное оборудование, влияющее на загрязнение окружающей среды. Многие химические препараты токсичны и легко перемещаются со сточными водами в водоемы или питьевые скважины. Для транспортировки и хранения инсектицидов необходимы специальные условия, что ведет к повышению себестоимости продукции. Кроме того, нередко используемые при дезинфекции химические препараты накапливаются в обрабатываемом материале и в некотором количестве поступают в продукты переработки зерна.

На данный момент на первый план выходят экологически чистые технологии, которые не загрязняют природу и при этом являются экономически целесообразными. Наиболее перспективным направлением исследований по дезинфекции сельскохозяйственного сырья и объектов является процесс озонирования [11, 13, 16, 20, 21, 29, 31]. Озонная обработка не образует токсинов в обрабатываемом продукте, не загрязняет окружающую среду, благоприятно сказывается на чистоте и качестве зерна, экономически это более выгодная операция, чем химическая обработка [8, 15, 19, 27, 30].

Особенно актуально применение процесса озонирования при заготовке семян зерновых культур, так как озон помимо дезинфекции способствует стимулированию

ростовых процессов, уничтожению патогенной флоры, снижению пагубного температурного воздействия на посевной материал, повышению будущей урожайности возделываемых культурных растений [1, 3, 9, 12, 18].

Озоновоздушную смесь получают на месте потребления посредством применения специальных приборов, называемых озонаторами [2, 10, 22]. При этом в качестве сырья используются кислород или обычный воздух. Поэтому нет необходимости затариваться озоном или его транспортировать. Кроме того, после распада газ превращается в обычный кислород, обогащая тем самым воздух. Избытки озона, выбрасываемого в атмосферу, при необходимости можно разложить каталитическим или другим способом [25].

Ученым удалось доказать эффективность применения озона в качестве дезинфектанта [13, 14, 17, 24, 26]. Однако практические рекомендации по использованию газа при обработке вредных насекомых крайне скудны, поэтому целью исследований было выявить режимы проведения дезинфекции, которые позволят эффективно уничтожить наиболее распространенных вредителей зерна, а именно, амбарного долгоносика и зерновой моли.

При проведении исследований насекомых вместе с зерном помещали в герметичную стеклянную емкость объемом 5 л, имеющую входные и выходные штуцеры. В подаваемой озоновоздушной смеси концентрация озона варьировала от 5 до 15 мг/м³ в зависимости от режима работы озонатора и времени обработки. Расход агента составлял 1,0 м³/ч. Обработка длилась в течение часа при температуре окружающего воздуха +25°С. В результате исследований получены данные, представленные в таблице.

**Выживаемость амбарного долгоносика и зерновой моли
после часовой озонной обработки зерна**

Вредитель	Время после обработки, ч.	Всего, шт.	Живые особи		Мертвые и парализованные особи	
			Кол-во, шт.	%	Кол-во, шт.	%
Амбарный долгоносик	1	165	23	13,9	142	86,1
	18		18	10,9	147	89,1
	115		5	3,0	160	97,0
Зерновая моль	1	21	2	9,5	19	90,5
	18		0	0	21	100
Гусеницы зерновой моли	1	4	3	75	1	25
	18		2	50	2	50
	115		1	25	3	75

Анализ данных таблицы показывает, что часовая озонная обработка с концентрацией озона в озоновоздушной смеси 5...15 мг/м³ достаточно эффективно подавляет наиболее распространенных вредителей зерна. Так, сразу после обработки погибли или были парализованы 86,1% амбарного долгоносика и 90,5% зерновой моли. Возврата к жизни особей, которые были неспособны перемещаться, впоследствии не отмечено, поэтому все они были отнесены к мертвым. Часть насекомых хотя и не погибли, но находились под воздействием газа, поэтому зерновая моль была неспособна летать, а отдельные амбарные долгоносики перемещались на небольшие расстояния и замирали. Наибольшую устойчивость к озонной обработке проявили гусеницы. Лишь одна из них была парализована, а остальные достаточно энергично перемещались даже по стеклу.

Поскольку озон воздействует на гемолимфу насекомых, то действие газа прослеживалось и после обработки. По истечении 18 часов после дезинфекции погибли 5 амбарных долгоносиков и последние две особи зерновой моли и еще одна ее гусеница. При этом высокую активность проявляли только 5 жуков. Спустя 5 суток еще 13 амбарных долгоносиков и одна гусеница погибли.

Следовательно, часовая озонная дезинфекция с концентрацией озона в озоновоздушной смеси 5...15 мг/м³ позволит уничтожить 97,0% жуков амбарного долгоносика, всю зерновую моль и около 75% ее гусениц.

Полученные результаты исследований вполне согласуются с данными Г.А. Закладного и Е.К.М. Саеда [5, 24], которым за 5 часов озонной обработки с концентрацией озона в озоновоздушной смеси 70 мг/м³ удалось уничтожить всех амбарных долгоносиков, а за 4 часа – всех рисовых долгоносиков. Однако наши исследования показывают, что с достаточной эффективностью данные параметры можно сократить в 3...4 раза. При этом ученые Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки отметили, что плодовитость жуков амбарного и рисового долгоносика, выживших после низкоконцентрированного озонирования, снижается соответственно на 19 и 46%. Зерновой точильщик был полностью уничтожен после 15 часов озонной обработки и 10 суток наблюдений. Наибольшую устойчивость к озону проявляли особи суринамского мукоеда и малого мучного хрущака. Их количество даже после 20-часовой озонной обработки сократилось лишь наполовину. Однако увеличение концентрации озона в озоновоздушной смеси до 1400 мг/м³ способствовало подавлению всех исследуемых вредителей в течение часа [24].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте зерна и продуктов его переработки [5, 24] исследовали эффективность озона в преимагинальных стадиях развития вредителей. Так, для гибели яиц и личинок долгоносиков потребовалось их обрабатывать от 14 до 55 суток при концентрации озона в озоновоздушной смеси 20 мг/м³, с увеличением концентрации до 1400 мг/м³ время озонирования сократилось до 3...9 часов. Преимагинальные стадии развития вредителей, которые протекают не внутри зерна, а в межзерновом пространстве, значительно быстрее уничтожаются при озонной обработке. Так, личинки малого мучного хрущака полностью истребляются при концентрации озона в озоновоздушной смеси 1400 мг/м³ и экспозиции всего 45 мин. При этом яйца данного вредителя уничтожаются за полтора часа озонной обработки, а куколки – за 4 ч. [24].

Таким образом, часовая озонная дезинфекция с концентрацией озона в озоновоздушной смеси 5...15 мг/м³ при температуре воздуха +25°C позволит уничтожить 97% жуков амбарного долгоносика, всю зерновую моль и около 75% ее гусениц. Поскольку полученные результаты согласуются с данными проведенных ранее исследований, то при ликвидации других вредителей следует руководствоваться рекомендациями Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки [24].

Использование озоновоздушной смеси для дезинфекции зерна позволит снизить объем производства инсектицидов, сократить затраты на транспортировку и хранение ядохимикатов, улучшить экологическую обстановку в сельском хозяйстве, уменьшить себестоимость производства сельскохозяйственной продукции, повысить экономические показатели аграрных предприятий. Рекомендуется традиционную химическую обработку заменить озонированием зараженного зернового вороха.

Библиографический список

1. Авдеева В.Н. Предпосевная обработка семян пшеницы озоном / В.Н. Авдеева, Г.П. Стародубцева, С.И. Любая // *Аграрная наука*. – 2008. – № 5. – С. 19–20.
2. Влияние полярности и геометрических параметров игольчатого коронирующего электрода на начальное напряжение разряда / Н.В. Ксенз, И.Г. Сидорцов, Н.Г. Леонтьев, А.В. Белоусов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2015. – № 12. – С. 17–19.
3. Влияние процесса озонирования на эффективность сушки зерна кукурузы / И.В. Баскаков, В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, Т.Н. Тертычная // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. – 2018. – Т. 11, № 4 (59). – С. 127–133.
4. ГОСТ 13586.6-93. Зерно. Метод определения зараженности вредителями. ОКСТУ 9709. – Введ. 1995–01–01. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 1994. – 8 с.
5. Закладной Г.А. Биологическая активность озона в отношении вредителей зерна – рисового долгоносика и амбарного долгоносика / Г.А. Закладной, Е.К.М. Саеед, Е.Ф. Когтева // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2003. – № 4. – С. 59–61.
6. Закладной Г.А. Сколько зерна пшеницы кушают насекомые / Г.А. Закладной // *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. – 2017. – № 8 (8). – С. 160–166.
7. Защита зерновых культур от болезней : монография / А.Ю. Кекало, В.В. Немченко, Н.Ю. Заргарян, М.Ю. Цыпышева. – Куртамыш : ООО «Куртамышская типография», 2017. – 172 с.
8. Изменение концентрации озона в ворохе зерна кукурузы / И.В. Баскаков, В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, А.П. Тарасенко // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. – 2018. – Т. 11, № 4 (59). – С. 134–140.
9. Исследования процесса озонирования при вентилировании зерна / И.В. Баскаков, В.И. Оробинский, В.А. Гулевский, Р.Н. Карпенко // *Аграрный научный журнал*. – 2019. – № 2. – С. 66–72.
10. Ксенз Н.В. Генерация озона коронным разрядом / Н.В. Ксенз, О.В. Меликова, И.Г. Сидорцов // *Физико-технические проблемы создания новых экологически чистых технологий в агропромышленном комплексе : матер. VI Российской науч.-практ. конф. (Россия, г. Ставрополь, 22–24 апреля 2011 г.)*. – Ставрополь : Ставропольское изд-во «Параграф», 2011. – С. 70–73.
11. Ксенз Н.В. Распределение озона от электроозонатора в воздушной среде производственного помещения / Н.В. Ксенз, И.Г. Сидорцов, А.В. Белоусов // *Вестник аграрной науки Дона*. – 2017. – Т. 4, № 40. – С. 70–76.
12. Ксенз Н.В. Способы снижения энергоемкости процесса сушки семян зерновых культур использованием электрофизических методов / Н.В. Ксенз, Н.И. Шабанов // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2014. – № 2 (14). – С. 48–51.
13. Ксенз Н.В. Электроозонирование воздушной среды животноводческих помещений / Н.В. Ксенз, И.Г. Сидорцов, О.В. Меликова // *Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : труды 7-й Международной науч.-техн. конф. (Россия, г. Москва, 18–19 мая 2010 г.)*. – Т. 3. – Москва : ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства», 2010. – С. 200–203.
14. Ксенз Н.В. Озон в технологиях сельскохозяйственного производства / Н.В. Ксенз. – Ростов-на-Дону : Терра Принт, 2008. – 176 с.
15. Ксенз Н.В. Электроозонирование воздушной среды животноводческих помещений : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.02 / Н.В. Ксенз. – Москва, 1992. – 307 с.
16. Нормов Д.А. Озон в отраслях АПК / Д.А. Нормов // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. науч. тр.* – Краснодар : КубГАУ, 2002. – С. 86–89.
17. Огнев В.Н. Применение экологически безопасных способов предпосевной обработки семян для защиты ярового ячменя против корневых гнилей / В.Н. Огнев, Л.В. Корепанова // *Научный потенциал* –

аграрному производству : матер. Всероссийской науч.-практ. конф. (Россия, г. Ижевск, 26–29 февраля 2008 г.). – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. – Т. I. – С. 172–176.

18. Озонирование семенного материала – резерв повышения урожайности зерновых культур / И.В. Баскаков и др. // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве : матер. международной науч.-практ. конф., посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, г. Воронеж, 10 января 2017 г.). – Ч. II. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – С. 10–16.

19. Озоновоздушная смесь как эффективный инструмент для сушки зерна / Н. Ксенз, А. Белоусов, Н. Леонтьев, И. Сидорцов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2014. – № 4. – С. 49–50.

20. Оробинский В.И. Снижение травмирования зерна при уборке : монография / В.И. Оробинский, И.В. Баскаков, А.В. Чернышов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 161 с.

21. Пат. 2431785 Российская Федерация, МПК F24F 3/16 (2006.01). Ионный вентилятор-фильтр / Н.В. Ксенз, О.В. Меликова, И.Г. Сидорцов, С.В. Тюрин (РФ); патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА (RU). – № 2009127901/06; заявл. 20.07.2009; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 29. – 7 с.

22. Повышение качества зерна на основе использования озоновоздушных смесей / Н.В. Ксенз, К.Х. Попандупуло, И.Г. Сидорцов, О.В. Меликова // Вестник аграрной науки Дона. – 2009. – № 4. – С. 64–73.

23. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций «Food and Agriculture Organization» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/home/ru/> (дата обращения: 12.02.2019).

24. Саеед Е.К.М. Биологическая активность озона как средства дезинсекции хранящегося зерна : дис. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / Е.К.М. Саеед. – Москва, 2004. – 134 с.

25. Ткаченко С.Н. Гомогенное и гетерогенное разложение озона : дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.04 / С.Н. Ткаченко. – Москва, 2004. – 398 с.

26. Шестерин И.В. Влияние озона и протравителей на посевные качества и оздоровление яровой пшеницы : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05; 06.01.11 / И.В. Шестерин. – Саратов, 2004. – 148 с.

27. Энергосбережение в электрифицированных технологиях на основе активации взаимодействующих сред / Н.В. Ксенз, Н.И. Шабанов, И.Г. Сидорцов, А.В. Белоусов // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 4 (44). – С. 16–20.

28. Aldoshin N. Harvesting *Lupinus albus* axial rotary combine harvesters / N. Aldoshin, O. Didmanidze // Research in Agricultural Engineering. – 2018. – Vol. 64, No. 4. – Pp. 209–214.

29. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado / A.F. Rozado, L.R.A. Faroni, W.M.I. Urruchi, R.N.C. Guedes, J.L. Paes // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2008. – Vol. 12. – Pp. 282–285. DOI: 10.1590/s1415-43662008000300009.

30. Comparison of the effects of ozone, UV and combined ozone/UV treatment on the color and microbial counts of wheat flour / S. Beszédes, Z. László et al. // Ozone: Science and Engineering. – 2008. – Vol. 30, No. 6. – Pp. 413–417.

31. Influence of corn grain mass temperature on ozone toxicity to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and quality of oil extracted from ozonized grains / L.R.A. Faroni, A.M. Pereira, A.H. Sousa, M.T.C. Silva, W.I. Urruchi // IOA Conference and Exhibition Proceedings (Valência, Espanha, 2007). – Valência : IOA, 2007. – Vol. 1. – Pp. 1–6.

32. Seed Refinement in the Harvesting and Post-Harvesting Process / V.I. Orobinsky, A.M. Gievsky, I.V. Baskakov, A.V. Chernyshov // Advances in Engineering Research : International Scientific and Practical Conference «AGROSMART – Smart Solutions for Agriculture» (Agro-SMART 2018; Russia, Tyumen, July 16–20, 2018). – Netherlands : Atlantis Press, 2018. – Vol. 151. – Pp. 870–874.

33. Work improvement of air-and-screen cleaner of combine harvester / N. Aldoshin, O. Didmanidze, N. Lylin, M. Mosyakov // Engineering for Rural Development : Proceedings of 18th International Scientific Conference (Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering, Jelgava, May 22–24, 2019). – 2019. – Vol. 18. – Pp. 100–104. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N110.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Иван Васильевич Баскаков – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: vasich2@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 16.08.2019

Дата принятия к печати 28.09.2019

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Ivan V. Baskakov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: vasich2@yandex.ru.

Received August 16, 2019

Accepted September 28, 2019