

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВРЕМЕННОГО
ХРАНЕНИЯ И СУШКИ ЗЕРНА ОЗОНИРОВАНИЕМ
СУШИЛЬНОГО АГЕНТА**

Голубкович А.В.¹, Чижиков А.Г.¹, Выговский Ю.Н.², Выговская Н.Ю.²

¹ГНУ Всероссийский НИИ механизации сельского хозяйства

²ООО МТО «Медиа»

Озон обладает выраженным бактерицидным, фунгицидным и дезодорирующим действием, что позволяет использовать его в процессах послеуборочной обработки семян и зерна, существенно увеличивая сроки их безопасного временного хранения и сокращая время низкотемпературной сушки. Это обеспечивает снижение пиковых нагрузок на зернообрабатывающее оборудование и энергоемкость процесса. Выполнены экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях по обеззараживанию, стимуляции и сушке семян зерновых культур озono-воздушной смесью. Обеззараживающее действие озono-воздушной смеси оценивали по изменению сроков безопасного хранения зерна, а стимулирующее воздействие по изменению энергии прорастания и всхожести семян. Установлено увеличение сроков безопасного хранения зерна в 1,5...2 раза, повышение семенных качеств на 15 %, снижение длительности низкотемпературной сушки и расхода энергии на сушку зерна на 15...20 %.

Важнейшей задачей технологии обработки семян и зерна является снижение энергоемкости процесса и предотвращение потерь. Эту задачу можно решить путем использования озона в процессах обработки с.-х. продуктов. Работами ряда ученых [1, 2] показано, что применение озono-воздушных смесей позволяет ускорить процесс обработки зерна, снизить его энергоемкость, обеспечить повышение посевных качеств и предотвратить порчу.

Предпосевная обработка с.-х. материалов с использованием озono-воздушной смеси может рассматриваться как один из методов, оказывающих влияние на интенсивность этого процесса и его качественные показатели. В литературе имеются данные об использовании озона в процессах обработки продуктов животноводства и кормов с целью обеззараживания, консервирования и т.д. Однако сведения о параметрах процессов обработки озоном, скудны и зачастую противоречивы. В тоже время кроме

обеспечения сохранности отмечается положительное влияние озона на качество семян и подсушивающий эффект. При этом на эффективность процессов сохранности оказывает влияние большое количество различных факторов, в том числе культура и сорт семян, анатомическое строение скелета, физико-механические свойства и т.п.

Взаимодействие озона с растительными материалами в процессах обработки семян представляет особый интерес, поскольку это связано с количеством остаточного озона, выходящего в окружающую среду и влияющего на степень безопасности обслуживающего персонала.

Известен способ обработки зерна [3], в котором используется озono-воздушная смесь с концентрацией озона 4...10 мг/м³. Указывается, что применение этого способа обеспечивает обеззараживание семян, а также ускоряет сушку.

Проведена работа по активному вентилированию зерна озоном в Литовском НИИМЭСХ [4], в которой использована озono-воздушная смесь с концентрацией 15...30 мг/м³. При большой влажности наружного воздуха смесь подогревали. Удельный расход энергии на удаление влаги составил 2,5, а в контроле 4,7 МДж/кг.

Установлено сильное фунгицидное действие озона, а том числе на семена и зерно. При концентрации озона 2,5 мг/л и десятиминутной экспозиции гибель спор и плесени составляет 95 % [5]. Подобные результаты получены и зарубежными исследователями при дозе 0,5...50 мг озона на 1 кг продукта (зерно, горох, бобы и т.д.) при обработке в течение часа. Кроме того установлено, что семена удерживают озон длительное время (несколько месяцев), препятствуя развитию микрофлоры [6]. В таблице 1 приведены данные, полученные при обработке семян ячменя озono-воздушными смесями.

Таблица 1

Действие озона на микроорганизмы и их токсины при обработке пораженных плесенью семян ячменя в течение 60 мин.

Концентрация озона, мг/л	Содержание плесневых грибков, колоний в мл вытяжки		Содержание токсинов, мг/кг зерна	
	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
0,48	54	27	5,11	0,32
0,63	87	3	3,89	0,12
1,36	74	0	4,76	следы
1,48	63	0	5,21	0
2,57	37	0	4,93	0

Воздействие озона даже в минимальных дозах значительно снижает жизнеспособность плесени и приводит к разрушению токсинов. Совокупность полученных результатов свидетельствует о целесообразности использования озона при обработке семян и зерна.

При длительном хранении материала в хранилищах часто происходят потери, в связи с деятельностью вредных насекомых: амбарный и рисовый долгоносики, зерновой точильщик, малый черный хрущак и др. Потери семян и зерна в отдельных случаях достигают 5% из-за нарушения защитной оболочки, что способствует их поражению микроорганизмами и плесневыми грибами.

Известны работы по озонированию зерна в хранилищах [7]. Половые клетки насекомых и клещей наиболее чувствительны к мутагенному действию озона. Мутации, вызванные озоном, связаны с химическими изменениями в хромосомах половых клеток. Таким образом большинство спариваний не будет успешным. Обработку зерна с концентрациями озона 30...60 мг/м³ проводили не менее трех раз через каждые 7...10 дней, при экспозиции 30...60 мин. Гибель основных вредителей зерна достигала до 100%. Испытания проводили в элеваторном зернохранилище с высотой насыпи около 30 м. Такой способ обеспечивает эффективную защиту семян и зерна при длительном хранении. При этом полностью сохраняются свойства материала и исключается его заражение химическими веществами.

Имеются примеры эффективного использования озона при временном и длительном хранении семян и зерна. В совхозе «Реконструкция» Михайловского района Волгоградской области в сентябре 1996 г. обработано озоном ~300 т семян подсолнечника влажностью 15...16%, которые затем хранили в бурте высотой 2,5...3,0 м в помещении. Последняя партия семян из бурта была реализована в конце декабря. Самосогревания и порчи семян не отмечено.

С целью обоснования безопасных и низкочувствительных режимов обработки семян и зерна озono-воздушными смесями проведены исследования в лабораторных и производственных условиях. В качестве объекта исследования использованы сухие и влажные семена пшеницы, овса, ржи и ячменя.

Программа исследований предусматривала вентилирование навески семян неозонированным и озонированным воздухом в интервале 10...90 мин. с последующим хранением в течение 1...14 суток, а также высушиванием до кондиционной влажности после завершения хранения в указанном интервале времени.

В общем случае программа и методика предусматривала два этапа работ:

- вентилирование навески влажных семян озono-воздушной смесью и наружным воздухом с последующей закладкой на хранение и определением через заданное время хранения энергии прорастания и всхожести;
- дополнительное озонирование при временном хранении.

На первом этапе исследовали влияние озono-воздушной смеси на длительность безопасного хранения семян пшеницы и ржи. Семена пшеницы увлажняли до 17,9; 19,2 и 24,6%, выдерживали три дня в термостате, затем навеску семян массой ~1,0 кг закладывали в кассету сушильной установки и вентилировали как озono-воздушной смесью, так и наружным воздухом в течение 15, 30 и 45 мин. при скорости 0,3...0,6 м/с (температура воздуха 18...21⁰С, относительная влажность ~60...65%) и закладывали на хранение в банки с герметичными крышками по 0,5 кг зерна. Банки с семенами помещали в термостат и выдерживали при температуре 20...21⁰С. Периодически из этих банок отбирали навески по ~100 г семян (после предварительного перемешивания в банке), а также пробы на семенные качества (в двух повторностях).

Аналогично проводили опыты с семенами ржи, влажность которых составляла 12,1; 22,2; 24,6; 27,6; 29,0 и 31,8%. Навески продували в течение 15 и 45 минут озонированным и наружным воздухом. Навески семян пшеницы и ржи продували озono-воздушной смесью после заданного срока хранения (1; 2 и 4 суток).

Режимные параметры опытов выбирали из следующих соображений. В хозяйствах, не располагающих избыточными сушильными мощностями, влажные семена и зерно временно хранят на вентилируемых и неventилируемых площадках, складах с напольными системами воздухоподдачи и в бункерных установках. Срок хранения зависит от зерносушильных мощностей, но редко превышает 10...14 суток, удельная подача воздуха обычно составляет 30...100 в складах, 300...500 в бункерах и 500...1500 м³/ч т в напольных установках активного вентилирования, что определяло скорость потока в кассете установки. Влажность семян соответствовала их уборочной влажности в различных областях Нечерноземья. Концентрация озона в смеси составляла 10...20 мг/м³, что соответствует рекомендациям по сушке семян активным вентилированием [1]. Предварительными опытами установлено, что в течение 2...3 ч вентилирования семян с толщиной слоя 0,5 м при скорости 0,2...0,3 м/с происходит насыщение зерна озonom и его концентрация в отходящем теплоносителе начинает возрастать. При проведении лабораторных исследований толщина слоя в кассете диаметром 0,12 м составляла 0,12...0,15 м, т.е. 15 мин. продувки вполне достаточно для насыщения семян озonom.

Семена после временного хранения высушивали озонированным теплоносителем с температурой 35...38⁰С (при большей температуре эффективность применения озона резко снижается из-за его распада), скорость теплоносителя составляла 0,3...0,6 м/с, а ряд опытов по продувке и сушке проведен в псевдооживленном слое при скорости теплоносителя 1,0...1,3 м/с. Для сопоставления семена высушивали и неозонированным теплоносителем. После сушки определяли семенные качества, а также целесообразность и эффективность использования озono-воздушной смеси для досушки. Семена повышенной влажности дополнительно озонировали с целью увеличения срока безопасного хранения.

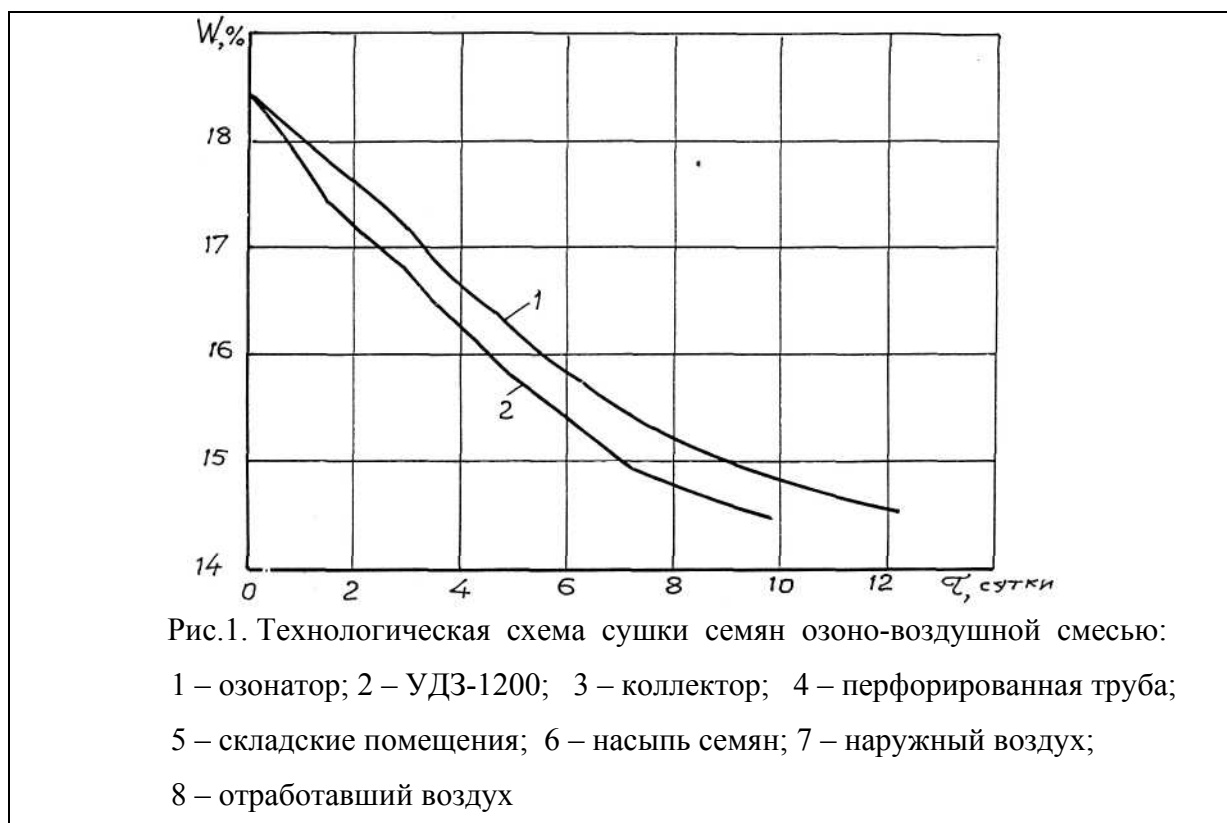
Установка, на которой проводили экспериментальные исследования по обработке семян озонem, включала нагнетающий вентилятор, калорифер, озонатор коронного разряда, трансформатор озонатора, трубу, патрубок для сброса воздуха, клапан, диффузор, воздухораспределительную решетку, бункер, зонг для сбора отработавшего теплоносителя, отсасывающий вентилятор, шибер для изменения скорости озono-воздушной смеси, средства измерения.

Длительность продувки семян озono-воздушной смесью с концентрацией озона ~20 мг/м³ составляла 45 мин., а скорость смеси в кассете 0,6 м/с. Аналогичные условия были в контрольных опытах при продувке навески семян наружным воздухом. В результате продувки возрастают энергия прорастания и всхожесть семян. При последующем хранении в течение 10...14 суток при постоянной температуре в герметичных банках снижается энергия прорастания, при этом наиболее существенно для навесок семян влажностью 24,6%; сравнительно мало для 17,8%.

Длительность безопасного хранения семян после обработки озонem составляет: для их влажности 17,9 – 8...10; 19,2 – 5...6 и 24,6 – 1,5...2 суток. Для семян не обработанных озono-воздушной смесью соответственно – 5,2 и 1 сутки при температуре хранения 20...21⁰С. Аналогичные результаты получены при временном хранении озонированных семян овса. При этом срок безопасного хранения семян в интервале влажности от 20 до 24% увеличивается на 3; в интервале более 24% на 1...2 суток по сравнению с однократным озонированием. Безопасный срок хранения озонированных семян в 1,5...2 раза превышает срок хранения неозонированных семян. Следует отметить, что эффективно дополнительное озонирование после 2-х суточного хранения, особенно для семян повышенной влажности (26% и более). После обработки существенно возрастает энергия прорастания и несколько меньше всхожесть семян. После первых суток хранения озонированных семян, их энергия прорастания незначительно снижается, но всхожесть

практически не изменяется. Однако заметно снижаются энергия прорастания и всхожесть неозонированных семян..

Сушку зерна озono-воздушной смесью проводили в складском помещении вместимостью 1200 т, оснащеном тепловентиляционной установкой УДЗ-1200 (рис.1).



Технологический процесс осуществляли следующим образом: вентилятором засасывали воздух через озонатор, подавали в калорифер, затем в центральный коллектор и в перфорированные трубы, размещенные под насыпью. Подогрев воздуха осуществляли автоматически с целью поддержания его относительной влажности 60...70%. В частности, воздух подогревали ночью и в ненастную погоду, что позволило круглосуточно вентилировать зерно. Пронизывая насыпь снизу вверх, воздух насыщался влагой и выводился из помещения через фрамуги, размещенные в верхней части стен

Зерно высушивали в двух помещениях: в одном озонированном воздухом, в другом – наружным с поддержанием постоянной относительной влажности воздуха. Установки УДЗ-1200 работали круглосуточно, электрокалорифер включался автоматически на 2...4 ч, озонатор включали периодически на 6...8 ч в сутки. Процесс сушки прекращали по достижении зерном влажности ~14,5% в верхнем слое. Основные показатели временного хранения и сушки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные показатели временного хранения и сушки зерна

Наименование показателей и размерность	Значение показателей при вентилировании	
	озоно-воздушной смесью	наружным воздухом
Масса высушиваемого зерна, т	650	600
Начальная температура наружного воздуха (озоно-воздушной смеси), °С	22,7	22,6
Конечная температура наружного воздуха (озоно-воздушной смеси), °С	18,4	18,2
Средняя относительная влажность наружного воздуха (озоно-воздушной смеси), подаваемого в насыпь, %	55...60	55...60
Высота насыпи, м	2,1	2,0
Удельная подача воздуха (озоно- воздушной смеси), м ³ /ч т	40	42
Влажность зерна в верхнем слое насыпи, м - до сушки	18,4	18,3
- после сушки	14,4	14,4
Длительность сушки, ч	242	315
Производительность сушки, пл.т/ч	1,8	1,4
Удельный расход электроэнергии, кВт ч/т	9,5	11,9
Удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги, кДж	980	1010

Сушку проводили в августе месяце и вследствие сравнительно низкой относительной влажности наружного воздуха удалось высушить зерно за относительно короткий период с низкими удельными подачами воздуха (озоно-воздушной смеси). При продувке озоно-воздушной смесью насыпи снижение влажности зерна происходит более интенсивно, чем при использовании наружного воздуха (рис.2).

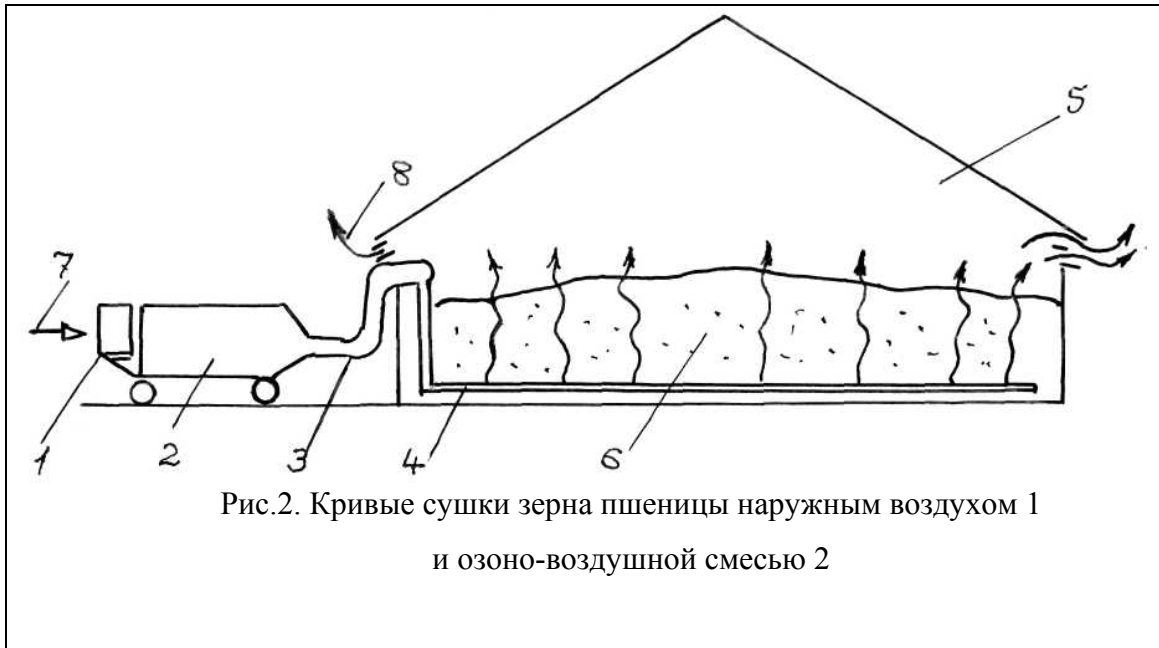


Рис.2. Кривые сушки зерна пшеницы наружным воздухом 1
и озono-воздушной смесью 2

При достижении зерном средней влажности 15,0% длительность сушки при вентилировании насыпи озono-воздушной смесью сокращается на 23%. Порчи зерна при сушке как наружным воздухом, так и озono-воздушной смесью не установлено. Подогрев воздуха (озono-воздушной смеси) не превышал 5⁰С. По сравнению с сушкой активным вентилированием наружным воздухом длительность процесса снизилась на 27%, а затраты энергии более чем на 20%.

На основании имеющихся данных и выполненных экспериментальных исследований можно заключить следующее.

1 . Применение озono-воздушных смесей в процессах послеуборочной обработки семян и зерна позволяет решить две значимые задачи:

- увеличить сроки безопасного хранения семян (зерна) в 1,5...2 раза по сравнению с вентилированием материала наружным воздухом и тем самым соответственно предотвратить порчу и потери зернового материала. Данный технологический прием наиболее подходит для хозяйств, не располагающих необходимыми сушильными мощностями, например, в фермерских и крестьянских хозяйствах. Это позволяет производить послеуборочную обработку зерна сушилками меньшей производительности и тем самым снизить капитальные затраты на их приобретение;

- повысить качество семенного материала (энергию прорастания и всхожесть) при незавершенном периоде его послеуборочного дозревания. Отмечен также сопутствующий эффект: озono-воздушная смесь освобождает зерновую массу (особенно влажную и засоренную) от насекомых и вредителей, отпугивает грызунов и птиц.

2. После окончания срока безопасного временного хранения материала влажностью 19% и более рекомендуется его дополнительное одно-двухкратное вентилирование озоно-воздушной смесью с концентрацией озона 15...20 мг/м³, что увеличивает срок безопасного хранения на 15...20%.

3. Озонированный материал после временного хранения рекомендуется высушивать в установках активного вентилирования низкотемпературным (до 35⁰С) озонированным (3...5 мг/м³) теплоносителем, что обеспечивает повышение всхожести семян и снижает длительность процесса сушки до 25% с соответствующим уменьшением энергозатрат.

Литература

1. Троцкая Т.П. «Энергосберегающие технологии сушки с.-х. материалов в озоно-воздушной среде», препринт, Минск, БелНИИИИИМСХ, 1997, 75 с.
2. Бородин И.Ф., Ксендз Н.В., Дацков И.И. «Электроозонированная сушка зерна», Мех. и электр.сельского хозяйства, 1993, №7, с.22
3. Авторское свидетельство СССР №1095899 МКИ А01J 23/00, 1984
4. Креймерис И.Б., Жильцов Б.В. «Озонаторная установка», Мех.и электр. сельского хозяйства, 1989, №3, с.14
5. Александрова И.Е., Плясухина О.И., Алексеева Л.В. «Действие озона на плесень при хранении зерна», Труды ВНИИС, 1983, №103, с.35-40.
6. Патент ФРГ №3501027 МКИ А61, 2/20, 1986
7. Кривопишин И.П. «Озон в промышленном птицеводстве», Росагропромиздат, М., 1988