

## ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНА ОТ АМБАРНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ

*В.А.Кутовой<sup>1</sup>, Б.И. Рудяк<sup>1</sup>, Л.А.Базыма<sup>2</sup>, А.В.Бастеев<sup>2</sup>, О.А.Малинин<sup>3</sup>, И.А.Маишкєй<sup>3</sup>,  
А.А.Мищенко<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Научно-производственный комплекс «Возобновляемые источники энергии и ресурсосберегающие технологии» Национального научного центра «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков, Украина, [kutovoy@kift.kharkov.ua](mailto:kutovoy@kift.kharkov.ua);*

<sup>2</sup>*Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина, [a.v.basteev@htsc.kipt.kha](mailto:a.v.basteev@htsc.kipt.kha);*

<sup>3</sup>*Институт экспериментальной и клинической ветеринарной медицины Украинской академии аграрных наук, г. Харьков, Украина, [toxi-lab@vet.kharkov.ua](mailto:toxi-lab@vet.kharkov.ua)*

Приведені результати експериментальних досліджень по фізичному способу пригнічення біологічної активності шкідників зерна і зернопродуктів: шкідливих комах (Insecta), кліщів (Arachrida Acariformes), а також мікроскопічних грибків. Розроблені технології дезинсекції зерна основані на опромінуванні його ВЧ- електромагнітним полем. Показано, що при реалізації високочастотної технології в камері опромінування створюється передумова для знищення амбарних шкідників. Це приводить до підвищення ефективності знищення шкідників зерна і збереження навколишнього середовища

Представлены результаты экспериментальных исследований физического способа подавления биологической активности вредителей зерна и зернопродуктов: вредных насекомых (Insecta), клещей (Arachrida Acariformes), а также микроскопических грибов. Разрабатываемые технологии дезинсекции зерна основаны на облучении его ВЧ - электромагнитным полем. Показано, что при реализации высокочастотной технологии в камере облучения создаются предпосылки для уничтожения амбарных вредителей. Это приводит к повышению эффективности уничтожения вредителей зерна, с сохранением полной экологической безопасности.

The results of experimental investigation of physical methods are presented for suppressing of biological activity of grain and grain product pests: harmful insects at each developmental stage except eggs (Insecta), mites (Arachnida, Acariformes) and microscopic fungi and bacteria. The technologies under development for disinfestation and disinfection of grain are based on irradiation of grain by high-frequency (HF) electromagnetic fields. It is shown, that at implementation of high-frequency technology in the chamber of irradiation there are premises for destruction harmful pests. It results in increase of efficiency of destruction grain pests, with complete environmental safety.

### ВВЕДЕНИЕ

Защита урожая зерновых культур от вредных насекомых, микроскопических грибов относится к ряду мировых проблем, имеющих общечеловеческое значение. До настоящего времени она решается химическим способом. В свою очередь, химический способ все более и более входит в противоречие с экологическими требованиями к зерну и зернопродуктам. Экологические и энтомологические исследования на комбикормовых заводах, элеваторах и других зерноперерабатывающих предприятиях показали, что на территории Украины обитает более 100 видов амбарных вредителей. Наиболее распространенными видами вредителей являются долгоносики (*Curculionidae*), чернотелки (*Tenebrionidae*), притворяшки (*Ptinidae*), кожееды (*Dermestidae*), точильщики (*Anobiidae*), а также настоящие моли (*Tineidae*). Кроме этого зерно и зернопродукты в значительной степени заражены спорами микроскопических грибов. Перечисленные виды вредителей в большинстве своем имеют короткий период развития, особенно в условиях мягкого и теплого климата юга России и Украины. Их скопление в зерне способствует саморазогреву последнего. Вредители поедают запасы, продуктами своей жизнедеятель-

ности загрязняют зерно, в результате чего оно теряет свои питательные свойства, становится токсичным и не пригодным для питания человека и сельскохозяйственных животных.

В результате жизнедеятельности вредителей, при хранении зернопродуктов на протяжении зимнего периода, теряется до 30% их начального веса. Загрязненное насекомыми и микроорганизмами зерно и комбикорм могут содержать значительное количество токсических веществ: контарицина, микотоксинов, солей мочевого и щавелевой кислот. Эти токсические вещества могут являться причиной тяжелых хронических заболеваний и даже гибели человека и домашних животных. Таким образом, хозяйства Украины теряют не только значительное количество зерна и комбикормов, но и продуктов животноводства.

Химическая дезинсекция тары, зерна, территории зерноперерабатывающих предприятий производится с использованием технологий контактного действия с помощью химических препаратов. После такой обработки продукция длительное время содержит остатки химических веществ и может использоваться только после того, как их концентрация станет ниже МДУ (максимально допустимого уровня).

Существуют объективные трудности в разработке и использовании надежных методов измерения уровня токсичности продукции, прошедшей химическую обработку. В то же время, в силу ряда международных соглашений, содержание в зерне остатков пестицидов полностью исключает возможность экспорта зерна и зернопродуктов.

Химический способ обработки зерна с помощью фостоксина, например, представляет потенциальную опасность для здоровья животных. Заболевания и гибель животных, которым скармливали зерно не прошедшее установленного режима дезактивации, наблюдались достаточно часто. Проведенные нами опыты подтвердили, что при скармливании лабораторным животным (белые мыши) зерна дезактивированного в течение 10 суток наблюдается гибель 80-100% подопытных животных. Таким образом, при современных технологиях перевозки и обработки больших масс зерна создается реальная угроза его недостаточной дезактивации и следовательно не только потери продуктивности, но и гибели сельскохозяйственных животных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный нами комплекс научно-исследовательских работ направлен на создание ВЧ-технологии обработки зерна с целью уничтожения амбарных вредителей.

Исследования воздействия микроволн на насекомых и микроорганизмы продолжаются в течение почти 50 лет в различных странах мира. (1,2,3). При этом было выдвинуто несколько теоретических предпосылок воздействия микроволн на биологические объекты.

Эффект избирательного перегрева. Отсутствие у насекомых постоянной температуры тела и зависимость их жизни от температуры окружающей среды, позволяют использовать в качестве средств борьбы с ними температурный фактор.

Тот факт, что молекула воды, входящая в состав всех биологических объектов, является полярной молекулой, делает её чувствительной к падающей электромагнитной волне. Степень нагрева ВЧ - электромагнитным полем зависит от количества содержащейся в облучаемом объекте воды. Эффективная влажность насекомого-вредителя значительно выше влажности зерна, поэтому скорость нагрева и перегрев насекомого будет выше чем зерна. Избирательный перегрев насекомого-вредителя в зерне до температуры 48 - 60° С вызывает его гибель. Эта закономерность является концептуальной основой ряда известных работ. Однако, энергетическая и экономическая эффективность такого способа использования ВЧ - энергии для обеззараживания зерна невысока (4).

Инертные газы. При вытеснении атмосферного воздуха, содержащего кислород и заполнении хранилищ инертными газами, насекомые погибают, так как они нуждаются в кислороде воздуха.

Ультрафиолет. Были попытки использовать для борьбы с насекомыми и микрофлорой ультрафиоле-

товое облучение. Бактериальная загрязненность кормов, например, в опытах В.Г.Иванова, (1988), при облучении ультрафиолетом в дозе 120 Кдж\м<sup>2</sup> снижалась на 87,5- 99,9%.

Гамма облучение. Действие гамма облучения Со60 при дозе 0,6 Мрад в значительной степени снижало количественные характеристики контаминирующей корма микрофлоры.

Токи высокой частоты. Высокочастотная технология обработки кормов и продуктов с целью уничтожения контаминирующей их микрофлоры и вредителей наиболее привлекательна, так как является наиболее безопасной с экологической точки зрения.

Почти все исследования, фиксируют бактерицидное действие ВЧ излучений. Большинство авторов сходятся во мнении, что микроволны в сантиметровом диапазоне ( 1 - 30 см ) обладают большей бактерицидностью, чем в метровом ( 6 - 10 м ). Причем бактерицидный эффект получен при более низких уровнях температуры и в более короткий срок, чем при обычной тепловой дезинфекции. Относительно невысокие мощности ВЧ поля усиливают рост микроорганизмов. При нарастании мощности излучения этот процесс переходит в обратный.

Анализ известных нам материалов свидетельствует о том, что в полной мере механизм взаимодействия ВЧ - излучения с биологическими объектами мало изучен.

Наблюдается так называемая «электрошоковая» реакция у параметрий подвергавшихся воздействию микроволн в то время, когда среда прогревалась всего на 1 градус. Аналогичные реакции наблюдаются обычно при воздействии простого тепла при очень высоких температурах.(5).

Насекомые, имеющие более высокую структурную организацию организма, сильнее подвержены воздействию ВЧ полей. При воздействии ВЧ поля насекомыегреваются практически мгновенно, зерно в то же время не успевает нагреться до критических температур. Летальный исход у насекомых, связываемый обычно с поражением нервной системы, во многом зависит от используемых частот и напряженности поля. С увеличением частоты колебаний, градиенты напряженности поля и укорочением длины волны, усиливается эффект воздействия на насекомых. Установлено, что при относительно небольших дозах ВЧ полей наблюдается стерилизация самцов, что должно приводить к нарушению размножения популяции в биотопе ( 6 ).

Микроволны разной интенсивности вызывают нарушение структуры и функции нервных клеток, которые не всегда интерпретируются как чисто тепловые. Наиболее отчетливо реакции клеток мозговой ткани проявляются в случаях использования импульсных ВЧ полей в диапазоне частот 150 - 450 МГц и частотой следования импульсов 1 - 50 Гц, при мощности потока излучения  $\Phi = 0,1 - 1 \text{ МВт/см}^2$  (7,8).

Молекулярная структура носителей генетической информации представляет собой спиральный резонатор или цепочку большого количества сильно

связанных колебательных контуров. В итоге воздействия ВЧ поля генетическая информация не может быть считана, что и приводит к потере репродуктивной функции биологического объекта.

Влияние ВЧ излучений на амбарных вредителей (*Sitophilus granarius* L., *S. Oryzae* L., *Tenebrio molitor* L., *Alphitobius diaperinus* Pz. и другие) проводили на установках Харьковского физико-технического и Харьковского авиационного института. Изучалось несколько диапазонов длин волн при различных мощностях генератора (9).

**Таблица 1.**

Экспозиция (секунд)	(U) кВ	Интенсивность потока энергии (Дж/см <sup>2</sup> в импульсе)	Уровень смертности вредителей (%)
5	10,5	0,940	85,5 + 8,0
10	10,5	0,940	96,2 + 2,7
20	10,5	0,940	89,3 + 8,9
60	10,5	0,940	71,3 + 11,8
60	8,5	0,615	53,8 + 4,4
60	5,5	0,254	42,5 + 28,9

При использовании генератора с частотой 47,7 МГц биологический эффект действия был связан с мощностью потока излучения и амплитудой напряжения (U Кв). Время экспозиции при этом практически не влияло на увеличение летального исхода среди насекомых. Так, например, при увеличении U Кв с 5,5 до 8,5 и 10,5 Кв летальность насекомых увеличивалась, при экспозиции 60 секунд, с 42,5% до 53,8% и 71,3%, соответственно. Следует отметить, что установка работала в импульсном режиме - 2 импульса в секунду. В то же время, при U = 10,5 Кв, увеличение экспозиции с 5 секунд до 60 секунд практически не сказывалось на летальности в отношении насекомых. (Таблица 1).

Действие ВЧ- излучения с частотой 47,7 МГц на амбарных вредителей вида *Sitophilus granarius*. Характер излучения - импульсный, с частотой следования 2 имп /сек.

Таким образом, приведенные в таблице 1 данные дают основание для предположения о том, что увеличение U до 12 - 15 Кв позволит уничтожить до 95-100% вредителей обитающих в массе зерна. Установлено, что зерно при этом практически не нагревается.

**Таблица 2.**

№ п/п	Экспозиция (секунд)	Вт/см <sup>2</sup> Удельная мощность излучения	Смертность (%)
1	5	2,3 - 2,8	68,3 + 19,4
2	10	2,3 - 2,8	80,0 + 28,3
3	15	2,3 - 2,8	79,3 + 7,9
4	30	2,3 - 2,8	97,1 + 2,0
5	60	2,3 - 2,8	100 + 0
6	60 - 90	0,8 - 1,1	90 + 100
7	120	0,8 - 1,1	100

Кроме этого, изучалось воздействие ВЧ - излучения, частота 2450 МГц на насекомых и грибов. Приведенные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что в данном случае летальность у насекомых непосредственно коррелировала с экспозицией. Повышение экспозиции обработки зерна с 5 до 45 -90 секунд способствовало увеличению количества погибших насекомых с 68 до 100%. Температура зерна при этом не превышала 45 - 50° С.

Биологическая активность ВЧ излучения, частота 2450 МГц на амбарных вредителей, *Sitophilus granarius*. Характер излучения стационарный.

Одним из наиболее опасных биологических факторов контаминирующих зерновые корма в условиях хранения, являются микроскопические грибы. В связи с этим изучалось воздействие различных доз ВЧ облучения на некоторые виды микроскопических грибов. Полученные в данном направлении результаты свидетельствуют о том, что различные виды грибов не адекватно реагируют на источники и мощность ВЧ волн. При воздействии в диапазоне 47,7 МГц (U=10), в ряде случаев отмечалось увеличение ростовой активности некоторых микроскопических грибов. Диапазоны частот и 2400 МГц оказывали более сильный эффект действия. Почти все виды грибов резко снижали активность роста при обработке корма в течение 60 секунд. При увеличении экспозиции до 120 - 180 секунд активность роста микроскопических грибов контаминирующих зерновые корма понижалась на 60 - 100%. Полученные нами в этом направлении результаты не противоречат известным в литературе данным.

Эффект воздействия ВЧ излучения на микроскопические грибы (микромитеты).

**Таблица 3**

Вид микромитетов	Эффект воздействия ВЧ излучения на микромитеты за определенный промежуток времени, в секундах (тысяч спор в 1 г)			
	Контроль	60	120	180
<b>частота - 2400 МГц</b>				
<i>Aspergillus fumigatus</i>	23,78+1,70	17,37+3,19	23,95+3,17	18,80+2,94
<i>Cl. cladosporium</i>	5,72+0,73	1,05+0,21	0,55+0,33	2,62+1,12
<i>Cl. cladosporium</i>	7,30+0,94	1,96+0,29	0,25+0,25	0,05+0,05
<i>Aspergillus candidus</i>	11,50+0,50	7,36+1,50	5,27+1,08	2,12+1,28
<i>Aspergillus fumigatus</i>	13,26+0,71	6,85+0,76	2,64+0,33	0,62+0,12
<b>частота 47,7 МГц, 2 импульсы в секунду, U=5,75 кВт</b>				
<i>Aspergillus fumigatus</i>	13,64+0,62	19,94+3,54	15,44+1,38	17,50+1,84
<i>Cl. cladosporium</i>	5,72+0,73	2,94+1,54	5,16+2,13	4,31+1,38
<i>Cl. cladosporium</i>	7,30+0,94	1,95+0,31	2,25+0,28	1,60+0,17
<i>Aspergillus candidus</i>	11,44+1,14	3,80+0,73	3,65+0,53	3,88+1,63

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зерновые корма зачастую имеют высокую степень контаминации амбарными вредителями: насекомые и клещи, микроскопическими грибами и ми-

кроорганизмами, которые снижают питательную ценность кормов, являются причиной накопления в кормах токсических веществ биологического происхождения.

ВЧ - технологии позволяют вести борьбу со многими вредителями кормов биологической природы, наиболее безопасным с экологической точки зрения способом.

Различные диапазоны ВЧ излучений отличаются по характеру биологического воздействия на клещей, насекомых, микроскопические грибы и другую микрофлору. При воздействии на клещей и насекомых волн метрового диапазона, в импульсном режиме, наблюдается коррелятивная зависимость между уровнем смертности и используемой амплитудой излучения. Экспозиция (время воздействия) не имеет при этом столь существенного значения и может быть достаточно короткой - в пределах 5 - 10 секунд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Бастеев, Л.А. Базыма, В.А. Кутовой и др. Высококачественная технология защиты зерна. // *Защита и карантин растений*. 1, 2000г. ст.38,39  
2. А.В. Basteev, L.A. Bazyma, V.A. Kutovoy, Complex High-Frequency Technology for Protection of Grain Against Pests // *Journal of Microwave Power and*

*Electromagnetic Energi*. Vol.35 No.2, 2000.p.p. 179-184.

3.3. *Влияние СВЧ-излучений на организм человека и животных* / Под. ред. И.Р. Петрова. Ленинград.: «Медицина». 1970, 230 ст.

4.4. S. Nelson. *Dielectric properties of agricultural products and their use in moisture sensing and other application. Proceeding of their International Conference on Agricultural Machinery Engineering 96*. Vol. 11. Seoul, Korea, November 12-15, 1966, pp. 293-304.

5.5. А.С. Пресман, С.М. Раппопорт. *Бюл. Экспериментальной биологии*, 1965, т.59, 48 ст.

6.6. Г.А. Закладной, В.Ф. Рабанова. *Вредители хлебных запасов и меры борьбы с ними*. М.: «Колос.» 1973.16 ст.

7.7. Э.Ш. Исмаилов. *Биофизическое действие СВЧ-излучений*. М.: «Энергоиздат».1987, 220 ст.

8.8. Ю.Б. Кудряшов. *Биофизические основы действия микроволн*. М.: «МГУ». 1980, 160 ст.

9.9. А.В. Бастеев, В.А. Кутовой, А.А. Мищенко, И.А. Машкей, В.М. Рашкован. Экологическая безопасная комбинированная высококачественная технология защиты кормов и зерновых культур от вредных вредителей при хранении. // *Тезисы доклада. Научно-практическая конференция*. г. Харьков, 18 мая, 2000г.