



DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.8.12>

УДК: 621.389

НЕТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МОЩНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ ЗЕРНА

В.А. Вдовин¹, Ю.В. Гуляев¹, Г.А. Закладной², О.Ю. Масленников³, В.А. Черепенин¹

¹ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

125009, Москва, ул. Моховая, 11, корп.7

² Всероссийский Научно-Исследовательский Институт

Зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ)

127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11

³ ООО "Инновационный центр импульсных технологий" (ИЦИТ)

117342, Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 5

Статья поступила в редакцию 21 июля 2023.

Аннотация. Приведены экспериментальные результаты по нетепловому воздействию мощными электромагнитными импульсами наносекундной длительности на насекомых-вредителей зерна. Показана возможность гибели большинства насекомых.

Ключевые слова: мощные электромагнитные импульсы, нетепловое воздействие, насекомые-вредители зерна.

Автор для переписки: Вдовин Владимир Александрович, ydv@cplire.ru

Введение

Работы по применению мощных микроволновых электромагнитных импульсов ведутся во многих направлениях. Особый интерес представляют исследования по различным эффектам, возникающих при их воздействии на биологические среды. Биомедицинские работы в этой области появились ещё в прошлом столетии [1]. Однако, ввиду сложности экспериментального оборудования и неопределенной интерпретации результатов, интерес к ним несколько угас. В последние годы, благодаря интенсивному развитию электрофизики больших мощностей [2] появилась возможность возвратиться к этим и другим работам на новом уровне развития экспериментальной базы, которая стала и дешевле, и надежнее.

В области биомедицинских приложений направления исследований можно разделить, по крайней мере, на две части. Одна связана с исследованиями воздействий на клеточном масштабе, которые можно назвать микроскопическом, другая часть работ относится к воздействию на организмы в целом, которую можно назвать воздействием на макроскопическом уровне. Вполне очевидно, что такое деление, довольно условно, но оно позволяет лучше понять характер исследований. Так, например, понятно, что работы по санитарным критериям воздействий ведутся на макроскопическом уровне, а работы по результатам воздействий могут вестись и на микроскопическом уровне.

В настоящей работе представлены исследования, выполненные в 2007 г. на базе Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки с помощью системы воздействия, предложенной в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН и созданной в ООО «Инновационный центр импульсных технологий». Объектом воздействия были насекомые-вредители зерна, то есть исследования проводились на макроскопическом уровне.

Экспериментальная установка для воздействия принципиально не отличалась от использованной ранее для других приложений [3]. Длительность

единичных импульсов составляла 5 нс по основанию. Максимальная напряженность электрического поля на электродах составляла около 150 кВ/см.

1. Материалы и методы

Эффективность воздействия электромагнитных импульсов испытывали в отношении взрослых насекомых (жуков) пяти видов – основных вредителей хлебных запасов: рисовый долгоносик *Sitophilus oryzae* L., амбарный долгоносик *Sitophilus granarius* L., зерновой точильщик *Rhizopertha dominica* F, булавоусый хрущак *Tribolium castaneum* Hb., суринамский мукоед *Oryzaephilus surinamensis* L. в явной форме зараженности, а также в отношении преимагинальных стадий рисового долгоносика, амбарного долгоносика и зернового точильщика в скрытой форме зараженности зерна.

Культуры насекомых выращивали на зерне пшеницы в термостатах при температуре 25 °С и относительной влажности воздуха около 75 %. Жуков из культур отбирали для опытов по счету без разделения на пол и возраст.

Жуков по 10 экземпляров каждого вида подсаживали к 100 г зерна пшеницы, которое было помещено в полиэтиленовый конверт (рис. 1) размером 10 x 10 см.



Рис. 1. Биопробы в полиэтиленовых конвертах, подготовленные для обработки на установке электромагнитных импульсов

В другие такие же полиэтиленовые конверты помещали по 100 г зерна пшеницы, зараженного насекомыми в скрытой форме во всех стадиях развития (яйца, личинки, куколки, имаго). Зерно, зараженное разными видами, помещали в разные конверты.

После обработки сразу же зерно с жуками разбирали вручную, определяя состояние насекомых.

Затем зерно с насекомыми в явной и скрытой формах зараженности переносили в пластмассовые стаканчики (см. рис. 2) и помещали в термостат, где их хранили при температуре 25 °С и относительной влажности воздуха около 75 %.



Рис. 2. Биопробы в пластмассовых стаканчиках, хранившиеся после обработки на установке электромагнитных импульсов

Ежедневно в течение 4 суток пробы зерна с явной зараженностью просматривали и определяли состояние насекомых.

Пробы зерна со скрытой зараженностью проверяли с периодичностью в несколько дней, подсчитывая количество выходящих из зерна жуков в опытных и контрольном вариантах.

2. Воздействие электромагнитных импульсов на взрослых насекомых

В табл. 1 приведены результаты оценки воздействия электромагнитных импульсов на жуков рисового долгоносика. Количество импульсов приведено в условных единицах.

Таблица 1. Результаты воздействия электромагнитных импульсов на смертность жуков рисового долгоносика

Количество импульсов (у.е.)	Смертность жуков в % по дням после обработки				
	0	1	2	3	4
0 (контроль)	0	0	0	0	0
1	0	0	0	10	10
5	10	10	10	20	20
6	0	30	30	30	40
10	0	10	-	-	80
15	30	40	-	-	60

При анализе этих данных можно выделить два обстоятельства. Во-первых, смертность жуков увеличивается со временем после обработки. Например, в варианте с 15 импульсами воздействия сразу после обработки смертность жуков составила 30 %. На следующие сутки она была на уровне 40 %, а спустя 4 суток смертность жуков возросла до 60 %. Смертность увеличивается с увеличением количества импульсов, т. е. с увеличением дозы электромагнитных импульсов. Например, на четвертые сутки после обработки смертность жуков рисового долгоносика составила в вариантах с 1, 5, 6, 10 и 15 импульсами 10, 20, 40, 80 и 60 % соответственно.

Отмеченные два обстоятельства особенностей воздействия электромагнитных импульсов в отношении жуков рисового долгоносика характерны также и в отношении жуков других четырех видов насекомых, экспериментальные данные по которым приведены в табл. 2, 3, 4 и 5. Если проанализировать эти данные, можно убедиться, что смертность жуков всех видов нарастает с увеличением количества импульсов и с увеличением времени наблюдения за жуками после обработки.

Таблица 2. Результаты воздействия электромагнитных импульсов на смертность жуков амбарного долгоносика

Количество импульсов (у.е.)	Смертность жуков в % по дням после обработки				
	0	1	2	3	4
0 (контроль)	0	0	0	0	0
1	0	10	10	10	10
5	10	20	20	40	40
6	0	20	40	50	50
10	40	60	-	-	90
15	40	50	-	-	70

Таблица 3. Результаты воздействия электромагнитных импульсов на смертность жуков зернового точильщика

Количество импульсов (у.е.)	Смертность жуков в % по дням после обработки				
	0	1	2	3	4
0 (контроль)	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	10
5	0	0	0	20	20
6	30	40	40	40	40
10	10	20	-	-	20
15	30	40	-	-	60

Таблица 4. Результаты воздействия электромагнитных импульсов на смертность жуков булавоусого хрущака

Количество импульсов (у.е.)	Смертность жуков в % по дням после обработки				
	0	1	2	3	4
0 (контроль)	0	0	0	0	0
1	0	30	30	30	30
5	10	30	30	40	40
6	20	40	40	40	40
10	50	50	-	-	50
15	50	50	-	-	80

Таблица 5. Результаты воздействия электромагнитных импульсов на смертность жуков суринамского мукоеда

Количество импульсов (у.е.)	Смертность жуков в % по дням после обработки				
	0	1	2	3	4
0 (контроль)	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	10
6	0	0	10	20	20
10	10	20	-	-	20
15	50	50	-	-	70

В табл. 6 приводим сравнительные данные о воздействии электромагнитных импульсов на жуков разных видов. Из этих данных можно сделать вывод о примерно одинаковой чувствительности жуков испытанных видов насекомых к исследованному поражающему фактору. При прочих равных условиях смертность жуков всех видов находилась в пределах 60-80 %.

Таблица 6. Сравнительные результаты воздействия электромагнитных импульсов на жуков разных видов насекомых на 4 сутки после 15 импульсов обработки

Виды насекомых	Смертность жуков, %
Рисовый долгоносик	70
Амбарный долгоносик	60
Зерновой точильщик	60
Булавоусый хрущак	80
Суринамский мукоед	70

Заметим, что ни в одном из вариантов опытов мы не отметили полной гибели жуков. Однако то обстоятельство, что обработка приводила к отмиранию части популяции, свидетельствует о перспективности поиска режимов обработки, которые могут привести к желаемому результату. Среди таких направлений поиска могут быть: усиление напряженности электромагнитного поля, увеличение продолжительности обработки, разрежение плотного слоя зерна и т.п.

3. Воздействие электромагнитных импульсов на насекомых в преимагинальных стадиях развития

В таблице 7 приводим результаты оценки воздействия электромагнитных импульсов на насекомых в скрытой форме зараженности зерна. Насекомые внутри отдельных зерновок находились на разных стадиях развития – яйца, личинки, куколки и молодые жуки. Количество импульсов обработки изменялось в широких пределах от 1 до 15 раз.

Можно заметить, что воздействие электромагнитных импульсов не отразилось на количестве выживших насекомых в скрытой форме зараженности

зерна. Так в контрольной пробе амбарного долгоносика количество отродившихся жуков было равно 130 экз. После обработки зерна количество отродившихся жуков амбарного долгоносика в разных вариантах опыта колебалось от 111 экз. до 147 экз., в среднем составляя 130 экз.

Таблица 7. Результаты анализа количества отродившихся жуков из зерна, зараженного насекомыми в скрытой форме в разных стадиях развития и подвергнутого обработке электромагнитными импульсами

Количество импульсов (у. е.)	Количество отродившихся жуков, экз.	
	Амбарный долгоносик	Зерновой точильщик
0 (контроль)	130	118
1	147	121
3	129	121
5	111	120
6	134	109
10	123	129
15	134	110
Среднее по опытным вариантам	130	118

Аналогичные данные получены и в отношении зернового точильщика. В контрольной пробе численность отродившихся жуков зернового точильщика составила 118 экз. В опытных вариантах численность отродившихся жуков находилась в пределах от 109 экз. до 129 экз., в среднем – 118 экз., т. е. как и в случае с амбарным долгоносиком, повторяя результаты контрольной пробы.

Если соотнести результаты исследований по скрытой форме зараженности зерна с данными, полученными при обработке жуков в межзерновом пространстве, то можно предположить два обоснования различий в эффективности: или насекомые в преимагинальных стадиях развития отличаются более высокой устойчивостью к электромагнитным импульсам, или электромагнитные импульсы отличаются слабой проникающей способностью через зерновки, не достигая насекомого внутри ее. В том и в другом случае вопрос остается открытым и нуждается в дополнительной экспериментальной проработке, чтобы сделать окончательное заключение. Не исключено, что

использование разреженного слоя зерна в зоне обработки могло принести несколько иные результаты.

Заключение

1) Исследована эффективность нетеплового воздействия электромагнитных импульсов в отношении взрослых насекомых (жуков) пяти видов – основных вредителей хлебных запасов: рисовый долгоносик *Sitophilus oryzae* L., амбарный долгоносик *Sitophilus granarius* L., зерновой точильщик *Rhizopertha dominica* F, булавоусый хрущак *Tribolium castaneum* Hb., суринамский мукоед *Oryzaephilus surinamensis* L. в явной форме зараженности, а также в отношении преимагинальных стадий рисового долгоносика, амбарного долгоносика и зернового точильщика в скрытой форме зараженности зерна.

2) Установлено, что электромагнитные импульсы в испытанных дозах (до 15 импульсов) вызывают гибель около 60–80 % жуков всех пяти испытанных видов. При этом смертность жуков возрастала с увеличением времени экспозиции и времени выдержки жуков после обработки (до 4 суток). Не отмечено различий в чувствительности к воздействию электромагнитными импульсами у жуков разных видов.

3) В испытанных дозах воздействия электромагнитными импульсами на насекомых в преимагинальных стадиях развития в скрытой форме заражения ими зерна не отмечено различий в количестве отродившихся из зерна жуков между опытными и контрольными вариантами.

4) Поскольку обработка зерна приводила к отмиранию части популяции жуков, есть основание предполагать о перспективности поиска режимов обработки, которые могут привести к желаемому результату. Среди таких направлений поиска могут быть, например, усиление напряженности электромагнитного поля, увеличение продолжительности обработки, помещение зерна в зону обработки в разреженном состоянии и т. п.

Литература

1. Девятков Н.Д., Плетнев С.Д., Чернов З.С. и др. Воздействие низкоэнергетического импульсного КВЧ- и СВЧ-излучения наносекундной длительности с большой пиковой мощностью на биологические структуры (злокачественные образования) // Докл. РАН. 1994. Т.336. № 6. С. 826–828.
2. Месяц Г.А., Яландин М.И. Пикосекундная электроника больших мощностей // УФН, 2005, Т.175, С. 225–246.
3. Вдовин В.А., Гуляев Ю.В., Чантурия В.А., Черепенин В.А. Нетепловое воздействие мощных электромагнитных импульсов на золотосодержащую горную породу// Радиотехника и электроника. 2005. Т. 50. № 9. С. 1129–1133.

Для цитирования:

Вдовин В.А., Гуляев Ю.В., Закладной Г.А., Масленников О.Ю., Черепенин В.А. Нетепловое воздействие мощных микроволновых электромагнитных импульсов на насекомых-вредителей зерна // Журнал радиоэлектроники. – 2023. – №. 8. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.8.12>