

УДК 632.7.05

СМЕРТНОСТЬ НАСЕКОМЫХ – ВРЕДИТЕЛЕЙ ХЛЕБНЫХ ЗАПАСОВ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ИХ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

© 2022 г. Г. А. Закладной,* А. Л. Догадин, А. В. Яицких**

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна
и продуктов его переработки – филиал Федерального научного
центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
Дмитровское шоссе, 11, Москва, 127434 Россия
*e-mail: vlaza@list.ru, **e-mail: microbiolab@mail.ru

Поступила в редакцию 20.08.2020 г.

После доработки 13.09.2022 г.

Принята к публикации 13.09.2022 г.

Экспериментальными исследованиями установлена смертность жуков рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* (L.), амбарного долгоносика *Sitophilus granarius* (L.), зернового точильщика *Rhizopertha dominica* (F.) и малого мучного хрущака *Tribolium confusum* (Duv.) в зерне пшеницы и ячменя, подвергнутом обработке ускоренными электронами.

Ключевые слова: зерно, насекомые, ускоренные электроны.

DOI: 10.31857/S0367144522030066, **EDN:** HODRCI

По оценкам ФАО ООН, ежегодно в мире насекомые съедают около 10 % хранящегося зерна (FAO Policy Series). По нашим оценкам, Россия теряет от вредителей запасов 6–7 % зерна в первые 6 месяцев хранения.

В нашей стране для борьбы с вредителями запасов традиционно используют синтетические химические пестициды. Это ведет к загрязнению зерна и зернопродуктов их остатками и, как следствие, – к подтравливанию населения при питании такими продуктами. Альтернативой пестицидам может служить радиационная дезинсекция, которая исключает загрязнение продуктов ядовитыми остатками (Rajendran, 2020; Moirangthem, Baik, 2021).

В мире растет интерес к использованию радиационных технологий агропромышленного профиля, создано около 220 специализированных центров по облучению сельскохозяйственной продукции и продуктов питания (Санжарова и др., 2013; Hallman, 2013). В 69 странах действует разрешение на облучение более чем 80 видов продукции, около 40 стран проводят облучение пищевой продукции постоянно.

Скорость отмирания вредителей зависит главным образом от их видовой принадлежности, дозы и мощности дозы облучения. Например, гамма-облучение в дозах 700–1000 Гр (мощность – 500 Гр/ч), а также 150–600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) приводит к полной гибели малого хрущака *Tribolium confusum* через 15 сут, а при мощности дозы излучения 100 Гр/ч – через 30 сут (Лой и др., 2016). Отмирание жуков суринамского мукоеда *Oryzaephilus surinamensis* при гамма-облучении и обработке уско-

ренными электронами в дозе 250 Гр наступало через 15 сут, при 400–550 Гр (мощность 100 Гр/ч) – через 9 сут, при 900–1400 Гр (1800 Гр/ч) – через 6 сут (Лой и др., 2020). Близкие данные получены в более ранних опытах (Hosseinzadeh1 et al., 2010).

На Одесском портовом элеваторе в 1980 г. был создан радиационный дезинсектор зерна производительностью 400 т зерна в час. В качестве источников ионизирующих излучений применены два ускорителя ЭЛВ-2 с энергией электронов 1.32 МэВ. Они позволяли эффективно обрабатывать поток зерна толщиной только до 9 мм (Закладной, 2020).

Недавно в Калужской области введен в эксплуатацию Центр антимикробной обработки на базе ускорителя с энергией электронов 10 МэВ, который осуществляет радиационную фитосанитарную обработку упакованных продуктов.

Задачей данного исследования было установить толщину слоя зерна, обеспечивающую эффективное уничтожение насекомых – основных вредителей хлебных запасов после облучения их на указанном ускорителе с повышенной энергией электронов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве биотестов выбраны жуки рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* (L.), амбарного долгоносика *Sitophilus granarius* (L.), зернового точильщика *Rhizopertha dominica* (F.) и малого мучного хрущака *Tribolium confusum* (Duv.). Эти виды вредителей в России представляют наибольшую опасность для хранящегося зерна (Закладной, 2020).

По 30 г зерна пшеницы и ячменя влажностью около 14 % помещали в пластмассовые контейнеры размером 10 × 7 × 5 см с крышками. Толщина слоя зерна была до 3 см. В каждый контейнер вводили по 10 жуков каждого вида из многолетних лабораторных культур без разделения по полу и возрасту.

Обработку контейнеров с зерном и жуками проводили ионизирующими излучениями на ускорителе Центра антимикробной обработки с энергией электронов 10 МэВ в дозах 600 Гр и 1000 Гр. После облучения ежедневно проводили учеты состояния насекомых до полной их гибели. Опыты выполняли в трех повторностях при температуре 25 ± 2 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика летального воздействия ускоренных электронов на популяции насекомых видна на рис. 1, который показывает, что облучение ускоренными электронами приводит к постепенной гибели жуков всех четырех видов.

В табл. 1 приведены данные о времени полной гибели популяций жуков четырех видов в зерне пшеницы и ячменя.

Из данных табл. 1 видно, что после облучения слоя зерна толщиной 3 см ускоренными электронами с энергией 10 МэВ отмечается полная смертность жуков всех видов. В более ранних исследованиях (Закладной, 2020) после облучения слоя зерна толще 0.9 см ускоренными электронами с энергией 1.32 МэВ полный дезинсекционный эффект не достигался.

Из этого следует, что облучение упакованных продуктов в указанном Центре антимикробной обработки помимо уничтожения вредной микробиоты даст хороший дезинсекционный эффект.

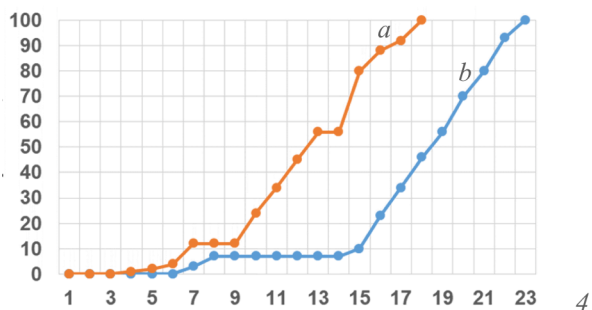
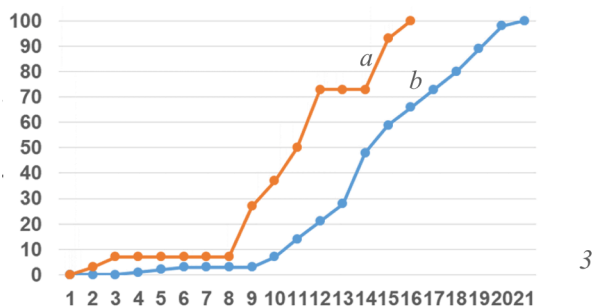
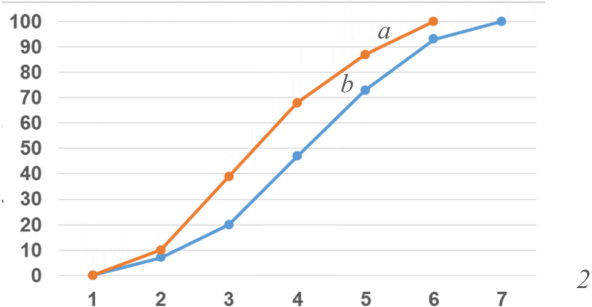
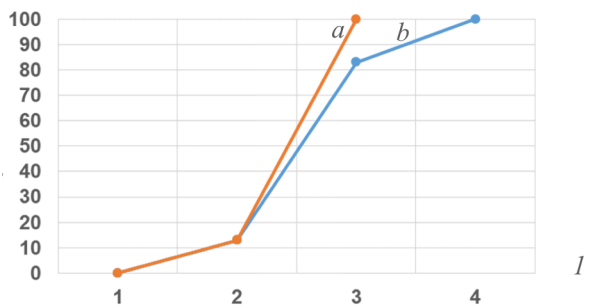


Рис. 1. Динамика отмирания жуков разных видов в зерне пшеницы в зависимости от дозы облучения ускоренными электронами ($a - 1000$, $b - 600$ Гр).

1 – рисовый долгоносик, 2 – амбарный долгоносик, 3 – зерновой точильщик, 4 – малый мучной хрущак.

По горизонтальной оси – время после облучения, сут. По вертикальной оси – смертность, %

Таблица 1. Время гибели жуков в зерне пшеницы и ячменя слоем 3 см после воздействия ускоренных электронов с энергией 10 МэВ

Вид зерна и доза облучения (Гр)	Время гибели последнего имаго в выборке, сутки			
	Рисовый долгоносик	Амбарный долгоносик	Зерновой точильщик	Малый мучной хрущак
Пшеница				
600	4	7	21	23
1000	3	6	16	18
Ячмень				
600	7	7	22	26
1000	4	6	15	18

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Закладной Г. А. 2020. Радиационная дезинсекция зерна. М.: Центр подготовки специалистов, 151 с.
- Лой Н. Н., Санжарова Н. И., Гулина С. Н. 2020. Влияние ионизирующих излучений на радиочувствительность *Oryzaephilus surinamensis*. Российская сельскохозяйственная наука **1**: 25–28.
- Лой Н. Н., Санжарова Н. И., Гулина С. Н., Щагина Н. И., Миронова М. П., Губарева О. С. 2016. Влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность насекомых-вредителей и качество зерна и зернопродуктов. Вестник российской сельскохозяйственной науки **6**: 53–55.
- Санжарова Н. И., Гераськин С. А., Исамов Н. Н., Козьмин Г. В., Лой Н. Н., Павлов А. Н., Пименов Е. П., Цыгвинцев П. Н. 2013. Научные основы применения радиационных технологий в сельском хозяйстве. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 133 с.
- FAO Policy Series: Sustainable Intensification of Agriculture.
<http://www.fao.org/agriculture/crops/>
- Hallman G. J. 2013. Control of stored product pests by ionizing radiation. Journal of Stored Products Research **52**: 36–41.
- Hosseinzadeh A., Shayesteh N., Zolfaghari H., Babaei M., Zare Shahi H., Mostafavi H., Fatollahi H. 2010. Gamma radiation sensitivity of different stages of saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). Journal of Plant Protection Research **50** (3): 250–255.
<https://doi.org/10.2478/V10045-010-0044-Y>
- Moirangthem T. T., Baik O. D. 2021. Disinfestation of stored grains using non-chemical technologies – A review. Trends in Food Science & Technology **107**: 299–308.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.002>
- Rajendran S. 2020. Insect pest management in stored products. Outlooks on Pest Management **31** (1): 24–35.
https://doi.org/10.1564/v31_feb_05

THE EXTINCTION OF INSECTS – STORED PRODUCT PESTS AFTER PROCESSING THEM WITH ACCELERATED ELECTRONS

G. A. Zakladnoy, A. L. Dogadin, A. V. Yaitskikh

Key words: grain, insects, accelerated electrons.

SUMMARY

Experimental studies have established mortality rate of the adults of *Sitophilus oryzae* (L.), *S. granarius* (L.), *Rhizopertha dominica* (F.), *Tribolium confusum* (Duv.) in stored wheat and barley grains treated with accelerated electrons.