



**Выдержки из статьи Г.А. Закладного, д.б.н., профессора, Е.Ф. Козтева, к.т.н.,
Н.А. Калашиникова, А.Л. Догадин, ГНУ ВНИИ зерна и продуктов его переработки (ГНУ ВНИИЗ)**

Важнейшая роль в предотвращении потерь хранящегося зерна принадлежит защите его от повреждения насекомыми и клещами – вредителями хлебных запасов.

Для уничтожения вредителей в зерне в подавляющем большинстве случаев в России используют препараты на основе фосфидов металлов, генерирующих газ фосфин, который, собственно, и убивает вредителей.

Препараты на основе фосфида алюминия присутствуют на рынке в препаративной форме в виде округлых таблеток массой 3 г. Препарат на основе фосфида магния выпускается также и в виде пластин массой 117 г. Одна таблетка генерирует 1 г фосфина, одна пластина выделяет 33 г фосфина.

Все препараты разрешены для дезинсекции продовольственного, семенного и фуражного зерна насыпью в складах и в силосах элеваторов в норме расхода 9 г/т. Экспозиция фумигации для препаратов на основе фосфида алюминия должна быть 5 суток, для препарата на основе фосфида магния – 3 суток.

Однако, **в указанных режимах они не эффективны при температуре 15°C и ниже, а также не убивают хлебных клещей.** Кроме того, **они не зарегистрированы для фумигации зерна в вагонах в пути следования.** Вместе с тем, практика дезинсекционных работ показала, что есть насущная необходимость проводить обработки охлажденного зерна, зерна, зараженного хлебными клещами, а также отгружаемого в вагоны.

Мы провели цикл исследований для решения этих проблем. Поскольку препараты на основе фосфида магния требуют меньшей экспозиции фумигации и кроме таблеток выпускается в виде пластин, мы остановили выбор на этих препаратах.

Известно, что от температуры зависит скорость генерирования фосфина из таблеток, полнота их разложения, концентрация газа в межзерновом пространстве, устойчивость насекомых к фосфину, продолжительность дегазации зерна и, в конечном итоге, - успех дезинсекции. Поэтому мы исследовали именно эти показатели в диапазоне температур от 5°C до 15°C в сравнении с более высокой температурой при норме расхода 9 г таблеток на 1 т зерна.

Эксперименты показали, что с понижением температуры скорость выделения фосфина затормаживается. При температуре 5, 10, 20 и 30°C около 90% фосфина высвобождается из таблетки через 130, 110, 30 и 20 часов соответственно. Через 5 суток в препарате остается около 12, 8, 4 и 2% соответственно неразложившегося фосфида магния. При температуре 5 и 10°C даже спустя 8-10 суток остается около 5-6% неразложившегося препарата. Поэтому при низкой температуре требуется увеличивать экспозицию фумигации, чтобы завершилась химическая реакция и максимально использовалось потенциальное количество фосфина, которое может быть генерировано из препарата.

При температуре зерновой массы 5-8°C в разных точках зерновой насыпи концентрация фосфина от минимальной 0,44 г/м³ через сутки экспозиции увеличивалась до максимальной 3,00 г/м³ через 8 суток. Затем, по причине сорбции фосфина зерном, концентрация газа снижалась до 0,07 г/м³ через 21 сутки.

С точки зрения эффективности воздействия на насекомых важно проследить за характером изменения величины произведения концентрации фосфина на время экспозиции (ПКЭ). В целом величина ПКЭ росла с течением времени экспозиции. Причем наиболее активный рост наблюдается в первые 14-15 суток, затем он резко замедляется, и в следующие 6-7 суток прирост величины ПКЭ незначителен. К окончанию периода разложения таблетки, т.е. к 8-му дню экспозиции, величина ПКЭ составила 216 - 286 г·ч/м³, а к 21-му дню она была в диапазоне от 437 до 490 г·ч/м³. Разница в величине ПКЭ по толще насыпи зерна не превышала 1,1 – 1,3 раза.

Биологическая активность фосфина также зависела от температуры. При температуре 5, 10, и 25°C величина ПКЭ-99,9 составляла для жуков амбарного долгоносика 3, 86 и 100 г·ч/м³ и для жуков малого мучного хрущака 3, 38 и 54 г·ч/м³ соответственно.

Что касается преимагинальных стадий амбарного долгоносика (яиц, личинок, куколок) в скрытой форме заражения ими зерна, то они проявили чрезвычайную устойчивость к фосфину в условиях низкой температуры. Когда ПКЭ составляло 94 г·ч/м³, погибло 86% особей при температуре 5°C и 90% при 10°C.



Дальнейшее увеличение величины ПКЭ до $530 \text{ г}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ не вызывало заметного повышения гибели, которая оставалась на уровне 90-92%. Отсюда напрашивается вывод, что около 10% особей преимагинальных стадий насекомого абсолютно не восприимчивы к воздействию фосфина при низкой температуре, и они могут выживать в условиях практической дезинсекции зерна.

Проведенные исследования убеждают, что при низкой температуре (в диапазоне от 5°C до 15°C) можно проводить фумигацию зерна фосфином с использованием препарата на основе фосфида магния при режимах, достаточных для уничтожения жуков. **При этом следует смириться с возможным выживанием до 10% преимагинальных стадий.**

Рассмотрим результаты анализов содержания фосфина в зерне в процессе его дегазации при температуре $5-8^\circ\text{C}$. Среднее содержание фосфина в зерне через 3, 10, 15, 20 и 24 суток после начала дегазации составило 1,44 мг/кг, 1,21 мг/кг, 0,84 мг/кг, 0,46 мг/кг и 0,06 мг/кг соответственно. При этом, после 24 дней дегазации содержание фосфина в зерне было близким к МДУ (0,1 мг/кг) вблизи таблетки (0,11 мг/кг) и в десять раз меньше МДУ вдали от таблетки (0,01 мг/кг). Через 27 суток фосфин в зерне не обнаруживался.

На основании результатов проведенных исследований можно рекомендовать режимы дезинсекции зерна препаратом на основе фосфида магния, приведенные в табл. 1. Ужесточение этих режимов бессмысленно, так как оно не приведет к повышению эффекта.

Теперь рассмотрим возможность уничтожения в зерне хлебных клещей. Ранее (см. "Защита растений", 2003, № 9) мы сообщали о высокой устойчивости хлебных клещей к фосфину, зарегистрированной в различных исследованиях.

Нами экспериментально исследована смертность подвижных стадий удлиненного клеща (личинки, нимфы, имаго) при концентрации фосфина $0,85 \text{ г}/\text{м}^3$, температуре 23°C , относительной влажности воздуха 75% и разным времени экспозиции. Полученные данные показали, что при коротких экспозициях (6-18 ч) гибели клещей не происходит. С увеличением времени экспозиции от 24 ч и более отмечается значительное количество мертвых клещей. При экспозиции 90 ч, что соответствует величине ПКЭ $77 \text{ г}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$, все подопытные клещи погибли. Заметим, что для полной гибели насекомых при этой температуре достаточна величина ПКЭ $25 \text{ г}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$.

Результаты наших исследований практически совпали с данными, полученными при более детальном изучении, выполненном Ф.А. El-Lakwah и др. (1991) с разными видами хлебных клещей и при разном температурном воздействии. Анализ этих материалов в сравнении с собственными исследованиями позволил нам предложить режимы фумигации зерна препаратом на основе фосфида магния против хлебных клещей, которые приводятся в табл. 2.

Наконец, мы провели отработку регламентов дезинсекции зерна препаратом на основе фосфида магния в вагонах в пути следования.

В ходе эксперимента анализировали концентрацию фосфина в воздухе рабочей зоны около вагонов во время введения препарата в зерно и после герметизации загрузочных люков вагонов, а также во время разгрузки зерна около вагонов и внутри элеватора. Изучали распределение фосфина в зерновой массе внутри вагонов. Оценивали гибель насекомых в явной и скрытой формах заражения ими зерна. Определяли в динамике остатки фосфина в зерне, хранящемся в силосах элеватора после выгрузки из вагонов.

Результаты исследований показали возможность осуществления дезинсекции зерна в вагонах в пути следования путем фумигации его фосфином с использованием препарата на основе фосфида магния при условии соблюдения соответствующих регламентов, обеспечивающих эффективность и безопасность работ.



Таблица 1. Рекомендуемые режимы фумигации зерна препаратом на основе фосфида магния против насекомых

Показатели	Величины показателей при температуре		
	От 5 °С до 10°С	От 10°С до 15°С	Свыше 15°С
Норма расхода, г/т	9	9	9
Время экспозиции, сутки	13	13	3
ПКЭ, г·ч/м ³	100 (возможно выживание до 10 % преимагинальных стадий)	85 (возможно выживание до 10 % преимагинальных стадий)	25
Период дегазации, сутки	25	25	10

Таблица 2. Рекомендуемые режимы фумигации зерна препаратом на основе фосфида магния против хлебных клещей

Показатели	Величины показателей при температуре	
	От 5°С до 15°С	Свыше 15°С
Норма расхода, г/т	9	9
Время экспозиции, сутки	20	8
ПКЭ, г·ч/м ³	450 (возможно выживание до 5 % яиц)	450
Период дегазации, сутки	25	10