

УДК 633.1:631.563

## Значение межзернового пространства при работе с зерном

Агапкин Александр Матвеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» (г. Москва).

**Аннотация.** *Зерновая масса это рукотворная система, нестабильная и неоднородная. Отдельное зерно и зерно, находящееся в насыпи имеют разные условия хранения. Зерновая масса формируется в бункере комбайна во время уборки урожая, затем она перевозится, обрабатывается и хранится от нескольких часов до 15 – 20 лет. В свежесобранной сырой зерновой массе концентрация углекислого газа уже к концу первых суток хранения в насыпи, может достигать 5-10 процентов и более. В ночные часы, содержание углекислого газа почти в полтора раза превышает дневное значение. Можно говорить о неравномерности накопления углекислого газа в различных участках насыпи, от максимальных значений в нижележащих слоях, до минимальных, в верхних. Различие крайних значений может достигать 10-15%. Такая концентрация углекислого газа и недостаток кислорода приводит к гибели зародышей зерна и снижению посевных качеств семенного материала. В связи с этим обновление воздуха межзернового пространства путем активного вентилирования является обязательной технологической операцией. Показаны и возможные отрицательные последствия термовлагопроводности. Знание природы этих свойств поможет успешно работать с зерном и избежать порчи зерна вследствие плесневения и самосогревания.*

**Ключевые слова:** зерно, качество, межзерновое пространство, термовлагопроводность, насыпь, зерновая ворох, углекислый газ.

Влиянию состава и свойств зерновой массы на формирование качества зерна в процессе хранения и обработки посвящено много работ как в нашей стране так и за рубежом [1-20]. Дело в том, что отдельное зерно и зерно, находящееся в насыпи имеют разные условия хранения. Зерновая масса это рукотворная система, нестабильная и неоднородная. Зерновая масса формируется в бункере комбайна во время уборки урожая, затем перевозится, обрабатывается и хранится до ее использования. Зерна в насыпи располагаются не плотно друг к другу, между ними образуется т.н. межзерновое пространство или межзерновые промежутки. Величина межзернового пространства выражается через скважистость. Скважистость - объем межзернового пространства, выраженный в процентах от общего объема насыпи. В зависимости от вида зерна скважистость колеблется от 40% у зерна проса до 70 % у овса. Скважистость может уменьшаться от содержания в зерне мелких примесей. Воздух межзернового пространства отличается от атмосферного воздуха тем, что содержит продукты биохимических и микробиологических процессов, протекающих в зерне. Дыхание сухого зерна с влажностью ниже критического уровня ничтожно, тем не менее, содержание углекислого газа за год может достигнуть 1%, что во много раз больше чем в атмосфере (0,03%). Человек выдыхает воздух с концентрацией углекислого газа около 4%. Баланс углекислого газа и кислорода в воздухе атмосферы равен 21%.

В свежесобранной сырой зерновой массе концентрация углекислого газа уже к концу первых суток хранения в насыпи, может достигать 5-10 процентов и более. В ночные часы концентрация углекислого газа почти в полтора раза может превышать дневное значение (Рис1). Кроме того, можно говорить о неравномерности накопления углекислого газа в различных участках насыпи от максимальных значений в нижележащих слоях, до минимальных, в верхних. Различие крайних значений может достигать 10-15%. Такая концентрация углекислого газа и недостаток кислорода приводит к гибели зародышей зерна и снижению посевных качеств семенного материала. В связи с этим обновление воздуха межзернового пространства путем

активного вентилирования является обязательной технологической операцией.

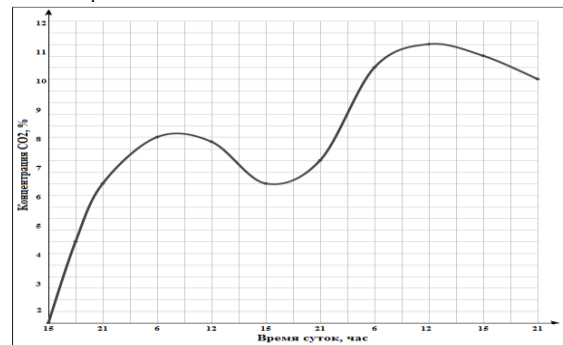


Рис 1. Динамика концентрации углекислого газа в воздухе межзернового пространства свежесобранного зернового вороха в течение двух суток с момента поступления на ток под открытым небом (высота насыпи – 1м, ширина у основания – около 4м., влажность и засоренность зерна 34,0 и 4,2%)

Процессы тепломассообмена зерна и окружающего воздуха происходят двумя путями: контактным и конвективным [1,9]. Первый путь это передача тепла и влаги от отдельного зерна к зерну при соприкосновении, второй путь - при конвективном движении воздуха межзернового пространства.

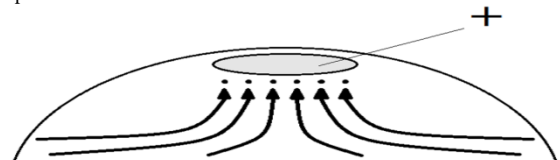


Рис.2. Конвективное движение воздуха в межзерновом пространстве при хранении сырого свежесобранного зернового вороха на току с образованием водного конденсата (+).

В первом случае тепломассообменные процессы распространяются только по поверхностный слой насыпи, глубиной 4-6см., поскольку теплопроводность зерна и воздуха небольшая, площадь контактов между зерновками

также мала. Поэтому охлажденная зерновая масса может храниться без существенного снижения качества до 5-20 лет. При конвективном движении воздуха межзернового пространства, которое возникает при температурной разнице между слоями насыпи, процессы влагообмена усиливаются [8]. Такое явление называют термовлагопроводностью. **Термовлагопроводность** это перемещение влаги вместе с потоком тепла при перепаде (градиенте) температур между слоями насыпи или стенами хранилища. В результате холодные участки насыпи становятся более влажными из-за притока сюда влаги в виде пара и образования водяного конденсата, что увеличивает риск самосогревания и плесневения (Рис 3). Наши наблюдения показали, что при температурном перепаде между нижними и верхними слоями конвективное движение воздуха приводит к увлажнению верхнего слоя насыпи (Рис 2, Рис 3-а). При градиенте температур между стенами хранилища сырееет, как правило, зерно у холодной стены (Рис3-б).

Отрицательная сторона термовлагопроводности заключается в том, что это явление имеет место даже при хранении сухого зерна стандартной влажности. Поэтому, в практике работы с зерном это обязательно учитывают. Так

для отражения тепла солнечной радиации снаружи стены зерно и семенохранилищ белят или красят в белый цвет.

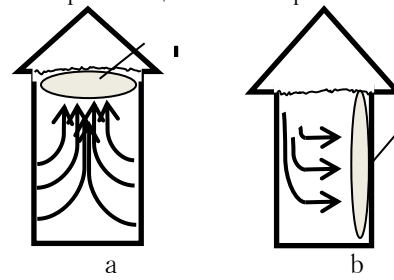


Рис 3. Конвективное движение межзернового воздуха и появление водяного конденсата (+) при градиенте температур между верхними и нижними (а) и боковыми слоями (б) зерновой массы в цилиндрическом хранилище (силосе).

Мешки с зерном размещают на специальные деревянные поддоны, которые обеспечивают воздушную изоляцию продукта от пола. Между стенами и потолком также оставляют воздушные промежутки. Полы хранилищ, как правило, асфальтируют, бетонные плиты и бетонирование не применяют, поскольку бетон притягивает холод.

### Литература

- 1.Трисвятский Л.А. Хранение зерна. - М. : Агропромиздат, 1986.
2. Агапкин А.М. Исследование свежесобранной зерновой массы с целью совершенствования послеуборочной обработки семян в условиях Нечерноземной зоны РСФСР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 1983
3. Агапкин А.М. Основные положения вводной лекции по товароведению продовольственных товаров. Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 9. С. 38-44.
4. Агапкин А.М. Еще раз о зерновых злаковых культурах, оценке качества и производстве зерна. Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 3. С. 8-14.
5. Агапкин А.М. Зерновая масса, состав и краткая характеристика ее компонентов. Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 4. С. 10-18.
- 6.Агапкин А.М. Расчеты за свежесобранное зерно в зависимости от его качества. Евразийское Научное Объединение. 2017. Т. 1. № 1 (23). С. 100-103.
- 7.Агапкин А.М. К вопросу об оплате свежесобранного зерна пшеницы в зависимости от его качества. Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 3. С. 57-61.
8. Агапкин А.М. Способы снижения потерь массы и качества зерна при хранении. Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 5. С. 50-52.
9. Смирнова Н.А., Надежнова Л.А., Селезнева, Г.Д., Воробьева Е.А. Товароведение зерномучных и кондитерских товаров. М. Изд. Экономика. 1989.
- 10.Агапкин А.М. К ВОПРОСУ О ЗЕРНОВЫХ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУРАХ, ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕРНА. Евразийское Научное Объединение. 2017. Т. 1. № 1 (23). С. 103-106.
- 11.Агапкин А.М. ДОБРОКАЧЕСТВЕННОСТЬ, ИЛИ ПИЩЕВАЯ БЕЗВРЕДНОСТЬ, ПРОДУКТОВ. Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2016. № 6 (90). С. 183-189.
12. Агапкин А.М., Юрина О.В., Карагодин В.П. ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА БЕЛКОВО - УГЛЕВОДНЫХ ПРОДУКТОВ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ. В сборнике: ВЛИЯНИЕ НАУКИ НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2016. С. 25-29.
- 13.Агапкин А.М. СОСТОЯНИЕ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА СОВРЕМЕННОЙ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ. Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 7. С. 48-53.
14. Сумелиди Ю.О., Карташева М.А., Белецкий С.Л., Агапкин А.М. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЛАГОСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГРЕЧНЕВОЙ КРУПЫ ПОСЛЕ ХРАНЕНИЯ. В сборнике: Инновации в товароведении, общественном питании и длительном хранении продовольственных товаров Сборник материалов VII Межведомственной научно-практической конференции. 2015. С. 193-196.
15. Agapkin A.M., Karagodin V.P., Yurina O.V. INTERNATIONAL WHEAT TRADE— PROTEINOR GLUTEN? Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Т. 8. № 2. С. 1956-1961.
16. Агапкин А.М. Распределение углекислого газа в межзерновом пространстве свежесобранных семян при их хранении в насыпи на току в зависимости от температуры и влажности атмосферного воздуха. Сборник научных трудов. Актуальные вопросы селекции и семеноводства полевых культур. М. :ТСХА. 1981 с. 114-117
17. Агапкин А.М. Накопление углекислого газа в межзерновом пространстве свежесобранного зернового вороха. М.: Доклады ТСХА. Выпуск 264. 1980. с 48-52



[www.esa-conference.ru](http://www.esa-conference.ru)

18. Агапкин А.М. ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕУБОРОЧНОГО ДОЗРЕВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ. Евразийское Научное Объединение. 2018. Т. 3. № 1 (35). С. 218-221.

19. Агапкин А.М. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ С ЗЕРНОМ. Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2018;(2):226-230.

20. Агапкин А.М. ОБСУЖДЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ С ЗЕРНОМ. Товаровед продовольственных товаров. 2018. № 2.