

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s279>

УДК 631.1

Причины несанкционированной разгерметизации полиэтиленовых рукавов при полевом хранении растениеводческой продукции

А. В. Новикова

Федеральный центр охраны здоровья животных (ВНИИЗЖ), г. Владимир, Россия

Корреспонденция:

Новикова Алла Владимировна,
Федеральный центр охраны здоровья животных (ВНИИЗЖ),
Россия, 600901, г. Владимир,
микрорайон Юрьевец,
ул. Гвардейская, д. 6
E-mail: novikova-av@arriah.ru

Конфликт интересов:

автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 21.05.2025

Поступила после

рецензирования: 25.09.2025

Принята: 30.09.2025

Copyright: © 2025 Автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Широкое распространение полиэтиленовых рукавов в мире привело к применению их в разных отраслях народного хозяйства. Так, в агропромышленном комплексе (АПК) полиэтиленовые рукава являются неотъемлемой частью современного способа хранения растениеводческой продукции в полевых условиях. За время практического применения этого способа хранения в России аграрии столкнулись с рядом проблем, среди которых одной из основных является нарушение герметичности рукавов.

Материалы и методы. Объект исследований — нестационарный¹ способ хранения растениеводческой продукции в полиэтиленовых рукавах (силобеггах). Методы исследований включали полевые наблюдения, выполненные в ЦФО в течение аграрных сезонов в период с 2015 по 2023 г. Обследование площадок с полиэтиленовыми рукавами, заполненными зерном, выполнялось на протяжении 9 месяцев (лето-осень-зима). Перечень изучаемых параметров: массовая доля влаги растениеводческой продукции и степень повреждения силобегов.

Результаты. Предложена классификация процессов разгерметизации полиэтиленовых рукавов с зерном на этапе хранения: санкционированная и несанкционированная. Определены основные причины несанкционированной разгерметизации силобегов: нарушение техники эксплуатации силобегов на производственной площадке; вредоносное влияние представителей грызунов и птиц. Выявлено, что на несанкционированную разгерметизацию силобегов оказывает влияние базовая влажность товарной продукции, так как наибольшая степень их повреждения при хранении выявлена в зерне с влажностью до 13,0 %. Установлено, что причиной изменения влажности зерна в процессе хранения является разгерметизация полиэтиленовых рукавов. При этом характер разгерметизации влияет на интенсивность роста массовой доли влаги в зерне. Определен характер повреждений силобегов, корпусов полиэтиленовых рукавов, установлена степень повреждений (I–III).

Выводы. Результаты многолетних полевых наблюдений позволили определить основные причины несанкционированной разгерметизации силобегов при хранении растениеводческой продукции. Выявлено, что время года и относительная влажность воздуха оказывают влияние на изменения общей влажности зерновой массы при его хранении. Установлено, что при несанкционированной разгерметизации в летнее или зимнее время, когда наименьшее количество осадков, изменение влажности зерна является несущественным.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

полевое хранения зерна; полиэтиленовые рукава; полимеры; герметичность; несанкционированная разгерметизация; локальное и нелокальное повреждение

¹ Под нестационарным способом хранения мы понимаем размещение растениеводческой продукции на длительное хранение в полевых условиях. Стационарный способ хранения предполагает использование специальных сооружений: элеваторов разных типов, хлебо-приемных пунктов и складов напольного хранения.

Для цитирования: Новикова, А. В. (2025). Причины несанкционированной разгерметизации полиэтиленовых рукавов при полевом хранении растениеводческой продукции. *Health, Food & Biotechnology*, 7(3), 50–62. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s279>



<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s279>

Causes of Unauthorized Depressurization of Polyethylene Sleeves During Field Storage of Plant Products

Alla V. Novikova

Federal Center for Animal Health (ARRIAH),
Vladimir, Russia

Correspondence:

Alla V. Novikova,
Federal Center for Animal Health (ARRIAH),
6 Gvardeyskaya Street, Yuryevets
Microdistrict, Vladimir, Russia, 600901
E-mail: novikova-av@arriah.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 21.05.2025

Received in revised form: 25.09.2025

Accepted: 30.09.2025

Copyright: © 2025 The Author

ABSTRACT

Introduction. The widespread use of polyethylene sleeves worldwide has led to their application in various sectors of the national economy. For example, in the agro-industrial complex, polyethylene sleeves are an integral part of the modern method of storing crop products in the field. During the practical application of this storage method in Russia, farmers encountered various problems during their operation, including one of the main ones, namely a violation of the sleeves' tightness.

Materials and Methods. The study focused on a non-stationary method of storing crop products in polyethylene bags (silo bags). The research methods included field observations conducted in the Central Federal District during the 2015–2023 agricultural seasons. Surveys of sites for the placement of grain-filled polyethylene bags were conducted over a nine-month period (summer, fall, and winter). Parameters studied included the moisture content of crop products and the degree of damage to the silo bags.

Results. A classification of processes for depressurizing polyethylene bags containing grain during storage is proposed (authorized and unauthorized). The main causes of unauthorized depressurization of silo bags have been identified: improper operation of silo bags at the production site; and the harmful effects of rodents and birds. It has been found that the baseline moisture content of the commercial product influences unauthorized depressurization of silo bags, as their greatest degree of storage damage was detected in grain with moisture contents up to 13.0 %. It was established that the cause of grain moisture changes during storage is depressurization of polyethylene bags. Moreover, the nature of the depressurization affects the rate of increase in the grain's moisture content. The nature of damage to silo bags and polyethylene sleeve housings was determined, and the degree of damage (I–III) was established.

Conclusions. The results of long-term field observations allowed us to identify the main causes of unauthorized depressurization of silo bags during storage of plant products. It was found that season and relative humidity influence changes in the overall moisture content of grain during storage. It was found that if unauthorized depressurization occurred in summer or winter, when precipitation is lowest, the change in grain moisture content is insignificant.

KEYWORDS

field storage of grain; polyethylene sleeves; polymers; tightness; unauthorized depressurization; local and non-local damage



To cite: Novikova, A. V. (2025). Causes of unauthorized depressurization of polyethylene sleeves during field storage of plant products. *Health, Food & Biotechnology*, 7(3), 50–62. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i3.s279>

ВВЕДЕНИЕ

Полиэтиленовые рукава широко применяют в мире и в разных регионах России для хранения зерна в полевых условиях. Они являются основным инструментом организации нестационарного хранения зерна в полевых условиях (Голохвастова, 2016; Кузьмин, 2023; Новикова, 2025). Рукава представляют собой полиэтиленовую гибкую трубу переменной длины и диаметра (чаще всего длиной 60–70 м и диаметром 2,7 м), позволяющую вмещать в себя товарную продукцию растительного происхождения и обеспечивающую её сохранность за счет герметизации. Полиэтиленовые рукава обладают свойствами эластичности и прочности, которые достигаются за счет включения в их состав комбинации нелинейного полиэтилена низкой плотности (NLDPE) и линейного полиэтилена низкой плотности (LLDPE) (Ширнина, 2009; Cardoso, 2015).

Цвет силобегов белый. Данный цвет имеет свое назначение. Дополнительные добавки в составе полиэтилена обеспечивают защиту от ультрафиолетового излучения, что снижает влияние температуры окружающей среды на микроклимат зерна (Ширнина, 2009; Cardoso, 2015). Известно, что высокая температура и влажность являются неблагоприятными условиями для хранения зерна (González-torralba, 2013).

Международные исследования демонстрируют эффективность хранения зерна в полиэтиленовых рукавах в течение длительного срока и подтверждают, что зерно можно хранить без существенных проблем (Cardoso, 2015; Никонова, 2020). Некоторые результаты научных исследований свидетельствуют о снижении количества и качества белка, а также об обнаружении микробиологической обсеменённости зерна грибами, провоцирующих рост микотоксинов (El-Kholy 2021; Facundo, 2021). Проблема загрязнения растительного сырья микотоксинами на фоне неправильного хранения собранного урожая отмечается российскими учеными (Седова, 2023).

Для решения этой проблемы в России существует система декларирования растениеводческой продукции (собранного урожая), в рамках которой проводятся лабораторные испытания растениеводческой продукции на все показатели безопасности, в том числе и групповые исследования на микотоксины, что снижает риски использования недоброкачественного сырья в продовольственных целях.

Также есть опыт продолжительного хранения (1 год) масленичных культур в полевых условиях. В частности, оценивалась целесообразность хранения рапса в герметичных условиях (силобег) по интенсивности роста кислотного числа жира (КЧЖ). Результаты такого опыта свидетельствуют об увеличении КЧЖ после хранения

в полиэтиленовых рукавах на 0,7 %, конечное значение степени прогоркания жира осталось в пределах нормы, установленной к сырью, идущему на пищевые цели (Cardoso, 2015).

Герметичное хранение в силобегах применимо и для хранения семенного материала. В сельскохозяйственном регионе Канадских прерий исследовали хранение семян рапса в периоды 2011–2012 гг. и 2013–2014 гг. Контролируемые параметры семян: всхожесть, влажность и содержание свободных жирных кислот. Также изучали взаимосвязь между изменениями климатических условий окружающей среды, микроклимат зерновой массы и показателями качества семян. Всхожесть семян рапса в большинстве силосных мешков (полиэтиленовые мешки для герметичного хранения) оставалась выше безопасного уровня при хранении не более 20 недель. Содержание свободных жирных кислот оставалось на безопасном уровне в течение 20 недель хранения и возросло более чем в два раза по сравнению с исходными значениями после летнего периода хранения. Анализ качества зерна показал, что температура окружающей среды оказывает значительное влияние на качество рапса во время хранения (Vellaichamy, 2016).

В целом режим герметизации нашел широкое промышленное применение в хранении зерновых масс и товарной продукции. В наибольшей степени он применяется с целью долгосрочного хранения семенного зерна, а также кормового зерна с повышенной влажностью (Кирпа, 2013; Cardoso, 2015). При герметичном хранении влажного зерна происходит его химическое консервирование: изменяется газовый состав и накапливаются природные органические консерванты — этиловый спирт, молочная кислота, эфиры (Кирпа, 2013).

Основной принцип нестационарного типа хранения сухого зерна в силобегах основан на создании аноксианабиоза в межзерновом пространстве за счет накопления углекислого газа и отсутствия путей доступа кислорода (Кирпа, 2013). Такие условия создаются естественным путем за счет герметичности полиэтиленовых рукавов и дыхания зерновой массы (аэробного и анаэробного). В результате этого создается так называемая модифицированная среда, содержащая 3–5 % кислорода. Такое содержание кислорода исключает возможность развития аэробных микроорганизмов (прежде всего, плесневых грибов), насекомых и клещей (El-Kholy, 2021).

Герметизация полиэтиленовых рукавов имеет решающее значение для эффективного применения модифицированных и контролируемых атмосферных условий для хранящейся продукции. Также условия снижают активность всех процессов жизнедеятельности зернового зародыша, что обеспечивает самоконсервирова-

ние товарной продукции. Однако при неблагоприятных условиях (доступ кислорода и воды в межзерновое пространство), происходит резкая активизация зародыша в зерне, что приводит к количественно-качественным потерям, а также росту микроскопических грибов, способных продуцировать микротоксины (Новикова, 2025). Неблагоприятные условия для активизации жизнедеятельности зерна происходят в результате частичной или полной разгерметизации силобегов. Образовавшиеся отверстия в полиэтилене — это место проникновения воздуха и воды в межзерновое пространство.

В международной практике хранения зерна в полиэтиленовых рукавах информация представлена только о санкционированной разгерметизации силобегов в рамках контроля качества хранящегося зерна. Для этого поверхность силобега протыкают измерительными приборами и пробоотборником (отбор проб и термометрия). Восстановление герметичности осуществляется с помощью специализированного скотча (Cardoso, 2015). В научно-практическом опыте Аргентины, где способ хранения зерна в силобегах занимает 80 % промышленного использования в разных формах аграрных хозяйств, нет информации о проблемах несанкционированной разгерметизации силобегов в процессе полевого хранения (Cardoso, 2015). Более того, проблемы, связанные с вредоносным влиянием представителей экосистемы на конструкции полиэтиленовых рукавов во время хранения зерна, в международной практике аграриев не описываются. Можно предположить, что они не сталкиваются с этой проблемой, либо присутствуют единичные случаи таких проявлений (González-torralba, 2013; Facundo, 2021). Исследования аргентинских ученых сосредоточены на изучении разновидностей силобегов, в частности таких факторов, как цвет мешков (белый и розовый) и газопроницаемость (Bartosik, 2023). В Казахстане из-за проблем, возникающих при хранении зерна в полимерных рукавах, ученые провели анализ дефектов сельскохозяйственной пленки силобегов. Они установили классификацию дефектов пленки по внешнему виду, размерам, физико-механическим свойствам (Никонова, 2020).

Российские ученые в своих исследованиях тоже отмечают проблемы при полевом хранении, связанные с несанкционированной разгерметизацией (образованием отверстий в полиэтиленовых рукавах в процессе хранения), что привело к скоплению грызунов и птиц на производственной площадке вблизи силобегов, которое провоцирует привлечение хищных зверей (лис). Хищники наносят повреждения конструкциям силобега (Новикова, 2024). Нарушение герметичности приводит к потенциальной миграции влаги в зерно из окружающей среды, доступу кислорода в межзерновое пространство. Такие процессы наносят существенный вред

хранящейся продукции за счет изменения модифицированной среды в зерновой массе. Все это оказывает влияние на важнейшие технологические показатели качества и безопасности товарной продукции (Бахарев, 2019; Голохвастова, 2016; Новикова, 2025).

Научных апробаций в данной области исследований опубликовано недостаточно для написания практических рекомендаций реальному сектору экономики агропромышленного комплекса (АПК) по снижению рисков несанкционированной разгерметизации полиэтиленовых рукавов в процессе полевого хранения. Из этого следует, что проблема повреждений полиэтиленовых рукавов при полевом хранении является наиболее часто встречаемой и относится к существенным, поскольку влияет на количественно-качественные показатели товарной продукции, а также на показатели безопасности. Следовательно, тема определения рисков несанкционированной разгерметизации и решение этой проблемы остается актуальной задачей для научных исследований и важной перспективой повышения качества промышленного использования нестационарного способа хранения зерна в России.

Цель данного эмпирического исследования — изучить причины несанкционированной разгерметизации полиэтиленовых рукавов при полевом хранении растениеводческой продукции и определить изменения физико-химических свойств товарной продукции в зависимости от характера и степени повреждения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Данная работа является частью комплексного исследовательского проекта, направленного на разработку технологии герметичного хранения сельскохозяйственных культур с разным биохимическим составом в полевых условиях, и применимой для различных климатических условий Российской Федерации. В период с 2015 по 2023 г. велись исследования по определению основных проблем при нестационарном способе хранения зерна в условиях производственных хозяйств Центрального Черноземья.

Объектом исследований являлся нестационарный способ хранения зерна в полиэтиленовых рукавах.

Схема однофакторного опыта² (фактор — товарная продукция): сухая пшеница цельная и сырой зерновой штор из зерна кукурузы.

² Доспехов, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Агропромиздат.

Процедура исследования

Визуальный осмотр площадки хранения зерна в полевых условиях проводился не реже одного раза в месяц, результаты фиксировались в рабочий журнал для выявления несанкционированной разгерметизации силобегов, определения характера повреждения полиэтиленовых рукавов и оценки массовой доли влаги товарной продукции.

Нами изучены однотипные полиэтиленовые рукава в количестве 5 штук по аграрным сезонам, расположенные на земляных площадках.

На протяжении всего эксперимента осуществлялся отбор проб цельного сухого зерна и сырого зернового шрота. Отбор точечных проб велся зерновым пробоотборником³. На Рисунке 1 представлена схема деления полиэтиленовых рукавов на 5 секторов, что позволяет оценить степень воздействия сторонних факторов хранения на общую массу партии (Новикова, 2024). Мониторинг влажности зерна в полевых условиях проводился с использованием измерительного оборудования «Влагомер Wile 65», универсального прибора для оперативного измерения влажности зерна.

Повреждения силобегов оценивали по степени (I, II, III) в соответствии с количеством поврежденных секторов при несанкционированной разгерметизации и по площади распространения мест разгерметизации:

I (низкая) — это локальные повреждения, выявленные не более чем в двух секторах и занимающие до $\frac{1}{4}$ площади полиэтиленового рукава;

II (средняя) — повреждения локального характера в двух секторах и более, т. е. $\frac{1}{2}$ площади полиэтиленового рукава;

III (высокая) — наличие повреждений по всем секторам полиэтиленового рукава.

Математическая обработка

Математическая обработка полученных результатов по средней массовой доли влаги зерна по аграрным сезонам выполнена в соответствии с основами статистического анализа⁴, использовался метод определения **существенности различий между выборками по НСР**. Измерения проводились в тех же единицах, что и изучаемый признак. Определения велись по формуле:

$$\text{НСР} = t \times S_d, \quad (1)$$

где:

t — критерий Стьюдента, определяемый по таблице приложения 1⁵ для числа степеней свободы $n_1 + n_2 - 2$; уровень значимости для критерия Стьюдента 5 %.

S_d — ошибка разности, которая равна:

$$S_d = \sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}. \quad (2)$$

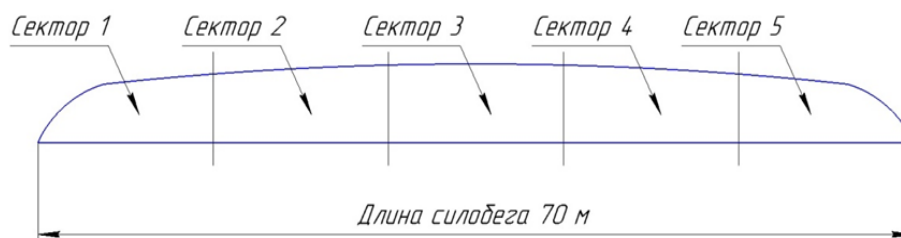
Расчеты были сделаны в Excel.

Рисунок 1

Полиэтиленовый рукав (силобег) с выделенными секторами

Figure 1

Silo bag with Separated Sectors



³ Лылин, Н. А. & Новикова, А. В. (2020). Ручной пробоотборник сыпучих материалов: № 2020131172. Патент на полезную модель № 203908 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/20. Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева

⁴ Рязанова Л. Г. Основы статистического анализа результатов исследований в садоводстве: учеб.-метод. пособие/ Л. Г. Рязанова, А. В. Проворченко, И. В. Горбунов. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — 61 с.

⁵ Новикова, А. В. Цифровая обработка и анализ результатов научных исследований пищевых производств / А. В. Новикова, Т. А. Толмачева, А. Н. Мартеха. — Москва: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. — 100 с. — ISBN 978-5-9675-1845-4. — EDN OSBNVE.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате научных наблюдений были установлены особенности и причины несанкционированной разгерметизации силобегов. Повреждения емкости полиэтиленового рукава — это крупные и небольшие отверстия с неровными краями, хаотично расположенные по всей длине силобега.

Определен характер несанкционированной разгерметизации силобегов: локальный и нелокальный.

Нелокальные повреждения

При несоблюдении правил упаковки и размещения силобегов на производственной площадке, происходят технические повреждения силобегов сельскохозяйственной техникой, характер повреждения в этом случае считается нелокальным и восстановлению не подлежит (Рисунок 2).

В случаях несвоевременной ликвидации локального повреждения происходит увеличение размера отверстия за счет выхода зерновой массы из силобегов. Такие случаи могут привести к переходу локального повреждения к нелокальному.

На Рисунке 2, А представлен участок (выделен синей стрелкой) нелокального повреждения силобега в результате контакта с сельскохозяйственной техникой. Рисунок 2, В демонстрирует крупный план места повреждения полиэтиленового рукава. На Рисунке 2, представленном автором, сведения соответствуют единой дате и времени обследования производственной

площадки (21.10.2015). Такие повреждения конструкции силобегов происходят в результате несоблюдения отступов между силобегами и встречаются редко.

Особое место в технологиях герметичного хранения занимает консервирование влажного зерна в цельнозерновом, измельченном (зерновой шрот) и плющенном состоянии. Такая технология рекомендуется для хранения кормового зерна сельскохозяйственных культур, которые сложно довести до базисных показателей в процессе вегетации. В производственной практике российские аграрии осуществляют непродолжительное хранение кормового зерна с разным содержанием массовой доли воды (до 30 %) в силобегах для нужд животноводства. В этом случае площадки под хранения плющеного зерна находятся в кормовом цеху животноводческих ферм либо вблизи них. На таких площадках отмечается повышенная интенсивность миграции грызунов и птиц. Для консервации сырого зерна вносят препараты, направленные на обеспечение сохранности товарной продукции (Корнев, 2023).

Однако существуют и другие причины несанкционированной разгерметизации. При хранении в полиэтиленовых конструкциях зернового шрота в теплое время года у силобегов наблюдается повышенная «хрупкость». Ввиду химического консервирования измельченного зерна происходит выделение эфиров и его накопление в емкости силобега (Кузьмин, 2023; Лоскутова, 2015). В таком случае повышены риски образования отверстий в силобегах, что продемонстрировано на Рисунке 3.

Плюсы такой разгерметизации в том, что сыпучесть у измельченного и влажного зерна отсутствует, что снижает риски по выходу измельченной массы из силобега.

Рисунок 2

Нелокальное повреждение силобега (фото автора)

Figure 2

Non-local Damage of the Silo Bag (photo provided by the author)



А



В

Рисунок 3

Нелокальное повреждение силобега, заполненного изможденным зерном кукурузы с консервантом, июль 2020 г. (фото автора)

Figure 3

Non-local Damage to a Silo Bag Filled with Soaked Corn Grain with a Preservative, July 2020 (photo provided by the author)



Нелокальная разгерметизация влечет за собой необоснованные количественно-качественные потери, поскольку не всегда есть доступ специальной сельскохозяйственной техники к конкретному силобегу на общей площадке хранения зерна. Следовательно, провести оперативное растаривание и перемещение зерна не представляется возможным, что приводит к потерям.

Локальные повреждения

Особенности нестационарного хранения — это размещение силобегов непосредственно в поле на земляных площадках под открытым небом, что приводит к дополнительным рискам несанкционированной разгерметизации за счет жизнедеятельности объектов окружающей среды (птиц, кротов, грызунов и других диких животных).

В период наблюдений за процессом хранения зафиксированы многочисленные случаи нарушения целостности полиэтиленовых рукавов. Повреждения имеют разный размер, но в большинстве случаев это очень маленькие отверстия (диаметром до 3 см) по верхнему и нижнему слою силобега. Несмотря на локальность повреждения силобега, которое легко и быстро восстанавливается, существует угроза заражения зерна продуктами жизнедеятельности грызунов. Поскольку грызуны проникают в емкость силобега и остаются в самой конструкции полиэтиленового рукава на длительное время, используя её в качестве места обитания. Также стоит отметить,

что грызуны являются распространителями инфекционных болезней, которые опасны для животных и человека (Новикова, 2025)

Если сравнивать характер повреждения полиэтиленовых конструкций грызунами (Рисунок 4, А) и птицами (Рисунок 4, В), то на первый взгляд кажется, что мелкие царапины от птиц не несут существенных повреждений, однако из-за их большой популяции на силобегах остаются множественные последствия их жизнедеятельности, которые охватывают всю верхнюю часть силобега по всей его длине. Все повреждения, обнаруженные на силобегах, стараются оперативно восстанавливать. В зимнее время года отсутствует доступ к производственной площадке из-за осадков и образовавшихся сугробов.

Результаты мониторинговых наблюдений полевого хранения растениеводческой продукции в полиэтиленовых конструкциях

Несанкционированная разгерметизация была зафиксирована во всех полиэтиленовых рукавах за исследуемые аграрные сезоны, результаты мониторинга представлены в Таблицах 1 и 2.

Периоды начала проявлений несанкционированной разгерметизации силобегов — это летний и осенний. На фоне несанкционированной разгерметизации силобегов

Рисунок 4
Места локального повреждения силобегов грызунами и птицами (фото автора)
Figure 4
Local Damage of the Silo Bag by Rodents and Birds (photo provided by the author)



наблюдались изменения массовой доли влаги зерна. За референтное значение было принято значение (влажность зерна / зернового шрота) на момент закладки после уборочной кампании (лето).

Свежеубранное зерно пшеницы

Первые изменения влажности по всем анализируемым сезонам появились в осенний период. В процессе хранения влажность зерна менялась, наблюдалось повы-

шение и снижение показателей на 1,0–2,0 % (Рисунок 5). Несмотря на изменения влажности зерна, массовая доля влаги оставалась в пределах базисного значения — не более 14,0 %. Таким образом, можно сделать вывод, что повреждения конструкции силобегов влияют на общую влажность зерновой массы.

Анализ основных причин повреждения полимерных рукавов проводили путем изучения характера и степени повреждения. Результаты представлены в Таблицах 1 и 2.

Рисунок 5
Колебания массовой доли влаги зерна в процессе полевого хранения по аграрным сезонам
Figure 5
Variations in Grain Moisture Content During Feld Sorage Across Agricultural Seasons

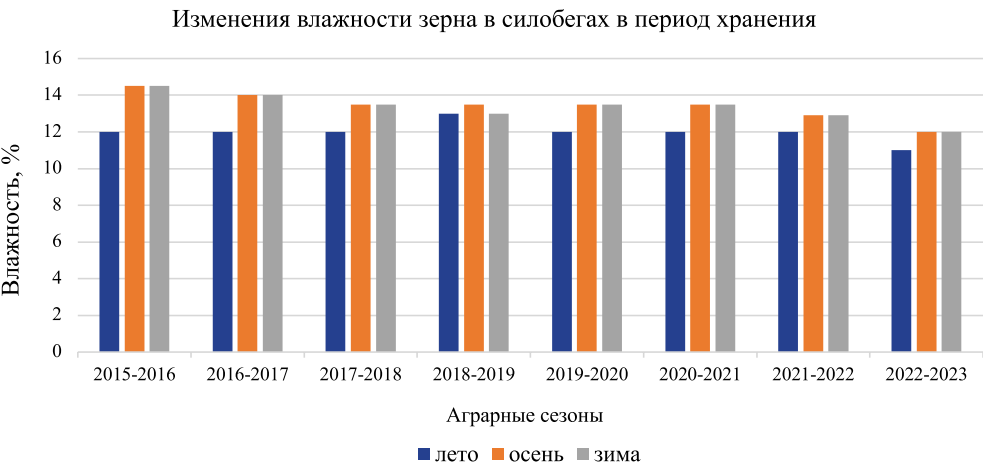


Таблица 1
Результаты полевых наблюдений за хранением цельного зерна в полиэтиленовых конструкциях
Table 1
Results of Field Observations of Whole Grain Storage in Polyethylene Structures

Аграрный сезон, гг.	Исходная влажность зерна на момент закладки, %	Мониторинговая влажность зерна в процессе хранения*, %	Фактическая разница по влажности (d)**, %	Период начала появления несанкционированной разгерметизации	Характер повреждения	Степень повреждения силоса
2015–2016	12,0	14,0	2,0	Летний и осенний	Нелокально-единичный	III
2016–2017	12,0	13,0	1,0	Осенний	Локально-множественный	III
2017–2018	12,0	14,0	2,0	Летний и осенний	Локально-множественный	III
2018–2019	13,0	13,5	0,5	Летний	Локально-множественный	III
2019–2020	12,0	12,0	0	Зимний	Локально-множественный	III
2020–2021	12,0	13,0	1	Осенний	Локально-множественный	III
2021–2022	12,0	13,5	1,5	Летний	Локально-множественный	I
2022–2023	11,0	11,5	0,5	Осенний	Локально-единичный	II
НСР 05***	–	0,67	–	–	–	–

Примечание. * Среднеарифметическое значение за анализируемый аграрный сезон
**d – Фактическая разница между вариантами исследований (исходная влажность на момент закладки зерна и средний результат мониторинга влажности зерна в процессе хранения)
***НСР05 – наименьшая существенная разница – это величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям, выше которой разница считается существенной

Таблица 2
Результаты полевых наблюдений за хранением зернового шрота кукурузы в полиэтиленовых конструкциях
Table 2
Results of Field Observations of Corn Flour Storage in Polyethylene Structures

Аграрный сезон, гг.	Базовая влажность зернового шрота на момент закладки, %	Мониторинговая влажность зернового шрота в процессе хранения*, %	Фактическая разница по влажности (d), %	Период начала появления несанкционированной разгерметизации	Характер повреждения	Степень повреждения силоса
2018–2019	29	29	0	Осенний	Локально-единичный	I
2019–2020	29	30	1	Осенний	Нелокально-единичный	II
2020–2021	29	30	1	Осенний	Локально-множественный	II
2021–2022	30	30	1	Осенний	Локальн-множественный	II
2022–2023	30	30	1	Осенний	Локально-множественный	II
НСР 05	–	0,46	–	–	–	–

Примечание. *Среднеарифметическое значение за анализируемый аграрный год
Note. *Average arithmetic value for the analyzed agricultural year

Согласно данным, представленным в Таблице 1, разница между вариантами **d** меньше **< НСР (0,67)** только в трех аграрных сезонах: 2018–2019 гг.; 2019–2020 гг. и 2022–2023 гг. Фактическая разница между вариантами больше **НСР (0,67)** в остальных пяти аграрных сезонах. Результаты данной оценки свидетельствуют о допустимости случайного отклонения влажности в сезонах, где **d** меньше **< НСР (0,67)**

Наблюдается высокая степень повреждения в силобгах с сухим зерном. Степень повреждения силобгов меняется от I до III, что не коррелирует с пороговым значением влажности зерна, предельным по случайному отклонению, выше которого разница считается несущественной. Из этого следует, что на изменение влажности зерна в процессе хранения влияет не степень повреждения, а характер повреждения силобгов и время года, в которое начался процесс несанкционированной разгерметизации.

Судя по результатам статистической обработки полученных данных, характер повреждения существенно влияет на общую влажность зерна. Так, в анализируемый аграрный сезон 2015–2016 гг. **d > НСР (0,67)**, где было зафиксировано нелокальное повреждение силобга. Следовательно, допускать нелокальные повреждения конструкций силобгов нельзя.

Зерновой шрот кукурузы

Зерновой шрот относится к кормовому зернопродукту, предназначенному крупнорогатому скоту. Особенность

закладки зернового шрота на хранение — это использование свежесобранного зерна с высоким содержанием влаги до 30–32 %.

Изменения влажности зернового шрота зафиксированы в осенний период времени. Рост влаги в зерновом шроте во всех анализируемых сезонах несущественный и составил не более 1 % (Рисунок 6). Однако в аграрном сезоне 2019–2020 гг. в осенний период наблюдался рост массовой доли воды до 1,5 %. Мы предполагаем, что это связано с процессом несанкционированной разгерметизации силобга нелокального характера.

Согласно данным, представленным в Таблице 2, результаты изменений массовой доли влаги имеет допустимое случайное отклонение в аграрном сезоне 2018–2019 гг., где **d** меньше **< НСР (0,46)**. Все остальные изучаемые сезоны имеют существенную разницу между выборками, этому способствовал характер повреждений силобгов. Определена степень повреждения силобгов (низкая и средняя). Установлен единый период времени года регистрации первых повреждений, который приходится на осень.

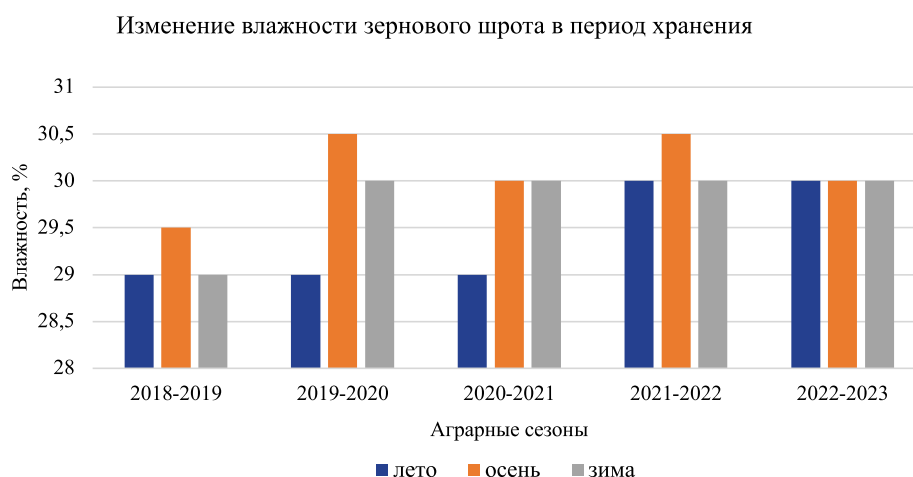
Таким образом, анализируя количество и характер повреждений, можно сделать вывод о низкой средней степени повреждения силобгов по сравнению с хранением в силобгах, где хранилось сухое зерно. Наличие несанкционированной разгерметизации создает повышенные риски роста общей влажности товарной продукции, что влияет на все показатели качества и способствует его ухудшению.

Рисунок 6

Колебания массовой доли влаги зернового шрота в процессе полевого хранения по аграрным сезонам

Figure 6

Variations in the Moisture Content of Grain Meal During Field Storage Across Agricultural Seasons



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что в процессе хранения зерна во всех силосах идет нарушение герметичности, основные периоды разгерметизации — это лето и осень. Определены два фактора несанкционированной разгерметизации силосов: 1. Нарушение агротехнологии размещения силосов на производственной площадке; 2. Вредоносное влияние грызунов и птиц.

При хранении сырого зернового кукурузного шрота степень повреждений полиэтиленовых конструкций низкая, при хранении сухой пшеницы степень повреждений преимущественно высокая. Установлено, что степень и характер разгерметизации силосов зависят от исходной влажности закладываемого на хранение зерна, при этом в силосах с сухим зерном количество повреждений

выше в 2 раза по сравнению с хранением сырого кукурузного шрота.

Ежемесячный мониторинг физико-химических показателей хранимой товарной продукции в силосах позволил установить взаимосвязь разгерметизации силосов с изменениями влажности зернового сырья в полиэтиленовых рукавах. Такие изменения приводят к ухудшению технологических показателей зерна, это необходимо учитывать при его дальнейшей переработке.

Для решения проблем несанкционированной разгерметизации полиэтиленовых рукавов необходимо разработать комплексный подход по организации хранения зерна, включая программы дератизационных мероприятий, применимых при полевом хранении зерна различных культур.

ЛИТЕРАТУРА

- Бахарев, Г. Ф., Дролова, Л. И., & Синицын, В. А. (2019). Оценка вариантов технологий механизированного хранения зерна в Сибири. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 6(176), 138–142.
- Голохвастова, С. С. (2016). Murska W-Мах эффективность гарантирована. *Животноводство России*, (1), 58–59.
- Кирпа, Н. Я. (2013). Научные принципы и промышленные технологии хранения зерновых масс. *Зерновые продукты и комбикорма*, 3(51), 11–16.
- Корнев, А. С., Корнев, С. В., Корнева, Е. С., & Панин, С. В. (2023). Организация борьбы с грызунами на животноводческой ферме. *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*, 2(21), 14–21. https://doi.org/10.53914/issn2311-6870_2023_2_14
- Кузьмин, А. В. (2023). Использование полиэтиленовых рукавов для хранения зерна. *Тенденции развития науки и образования*, 104(15), 198–200. <https://doi.org/10.18411/trnio-12-2023-867>
- Лоскутова, Г. А., Шунеева А. А., & Кольтюгина, О. В. (2015). Опыт хранения зерна пшеницы в рукавах на ХПП Акмолинской области. *Вестник алтайской науки*, 1(23), 425–428.
- Никонова Т. Ю., Исаков У. К., Сичкаренко А. В., Жаркевич О. М., Дандыбаев Е. С. (2020). Основные виды дефектов полиэтиленовых рукавов для хранения сельскохозяйственной продукции и методы их устранения. *Журнал технических исследований*, (3), 11–19.
- Новикова, А. В., Шубина, Е. Г., & Нурлыгаянова, Г. А. (2020). Актуальные проблемы хранения зерна в силосах на территории России. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*, 3(259), 178–184. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_259_178
- Новикова, А. В. (2025). Полевое хранение зерна кукурузы в полиэтиленовых конструкциях. *Аграрный научный журнал*, (3), 129–135. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i3pp129-135>
- Новикова, А. В. (2025). Перспективы использования полимерных рукавов для хранения зерна в России: опыт Сибирского федерального округа. *Аграрный вестник Северного Кавказа*, 1(15), 69–80. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-69-80>
- Новикова, А. В., Подлипская, К. В., Виноградова, Е. А., Кожевникова, М. В., & Белоусов, В. И. (2025). Оценка микробиологических показателей зерна кукурузы при полевом способе хранения. *Комбикорма*, (9), 67–70. <https://doi.org/10.69539/2413-287X-2025-09-4-249>
- Рузманова, О., & Резяпкина, Л. (2020). Плющенное зерно в кормлении жвачных. *Животноводство России*, (7), 48–49.
- Седова, И. Б., Захарова, Л. П., Чалый, З. А., & Тутельян, В. А. (2023). Анализ загрязнения продовольственного зерна урожая 2020 года различными микотоксинами в Российской Федерации. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*, (2), 77–85. <https://doi.org/10.14427/jipai.2023.2.77>

- Ширнина, Н. М., Суслова, М. А., & Резниченко, В. Г. (2009). Показатели консервирующей эффективности препаратов различной природы при заготовке плющенного влажного зерна кукурузы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 4(24), 189–190.
- Arias Barreto, A., Abalone, R., Gastón, A., & Bartosik, R. (2013). Analysis of storage conditions of a wheat silo-bag for different weather conditions by computer simulation. *Biosystems Engineering*, 116(4), 497–508. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.10.012>
- Bartosik, R., Urcola, H., Cardoso, L., Maciel, G., & Busato, P. (2023). Silo-bag system for storage of grains, seeds and by-products: A review and research agenda. *Journal of Stored Products Research*, 100, 102061. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102061>
- Cardoso, L., Bartosik, R., de la Torre, D., Abadía, M. B., & Santa Juliana, M. (2014). *Almacenamiento de Granos en silo Bolsa. Resultados de Investigación 2009–2013*. [Storage of Grains In Silo-Bag. Research Report 2009–2013]. Ediciones INTA.
- El-Kholy, M. M., & Kamel, R. M. (2021). Performance analysis and quality evaluation of wheat storage in horizontal silo bags. *Hindawi International Journal of Food Science*, 2021, e1248391. <https://doi.org/10.1155/2021/1248391>
- Facundo, M. V., Claudia, C. I., Alejandra, Y., & Alejandra, Y. (2021). Evolution of grain microbiota during hermetic storage of corn. *Journal of Stored Products Research*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101788> ISBN: 0022–474X
- González-torralba, J., Arazuri, S., Jarén, C., & Arregui, L. M. (2013). Influence of temperature and r.h. during storage on wheat bread making quality. *Journal of Stored Products Research*, 55, 134–144.
- Vellaichamy, Ch., White, N. D. G., Jayas, D., & Manickavasagan, A. (2016). Quality changes in 12 % moisture content canola stored in silo bags under Canadian Prairie conditions. *Fuji Jian Journal of Stored Products Research*, 68(2), 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.04.002>

REFERENCES

- Arias Barreto, A., Abalone, R., Gastón, A., & Bartosik, R. (2013). Analysis of storage conditions of a wheat silo-bag for different weather conditions by computer simulation. *Biosystems Engineering*, 116(4), 497–508. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.10.012>
- Bakharev, G. F., Drolova, L. I., & Sinitsyn, V. A. (2019). Evaluation of options for mechanized grain storage technologies in Siberia. *Bulletin of the Altai State Agricultural University*, 6(176), 138–142. (In Russ.)
- Bartosik, R., Urcola, H., Cardoso, L., Maciel, G., & Busato, P. (2023). Silo-bag system for storage of grains, seeds and by-products: A review and research agenda. *Journal of Stored Products Research*, 100, 102061. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102061>
- Cardoso, L., Bartosik, R., de la Torre, D., Abadía, M. B., & Santa Juliana, M. (2014). *Almacenamiento de Granos en silo Bolsa. Resultados de Investigación 2009–2013*. [Storage of Grains In Silo-Bag. Research Report 2009–2013]. Ediciones INTA.
- El-Kholy, M. M., & Kamel, R. M. (2021). Performance analysis and quality evaluation of wheat storage in horizontal silo bags. *Hindawi International Journal of Food Science*, 2021, e1248391. <https://doi.org/10.1155/2021/1248391>
- Facundo, M. V., Claudia, C. I., Alejandra, Y., & Alejandra, Y. (2021). Evolution of grain microbiota during hermetic storage of corn. *Journal of Stored Products Research*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101788> ISBN: 0022–474X
- Golokhvastova, S. S. (2016). Murska W-Max efficiency guaranteed. *Animal Husbandry of Russia*, (1), 58–59. (In Russ.)
- González-torralba, J., Arazuri, S., Jarén, C., & Arregui, L. M. (2013). Influence of temperature and r.h. during storage on wheat bread making quality. *Journal of Stored Products Research*, 55, 134–144.
- Kirpa, N. Ya. (2013). Scientific principles and industrial technologies for storing grain masses. *Grain Products and Compound Feed*, 3(51), 11–16. (In Russ.)
- Kornev, A. S., Kornev, S. V., Korneva, E. S., & Panin, S. V. (2023). Organization of rodent control on a livestock farm. *Tekhnologii i Tovarovedenie Sel'skohozyajstvennoj Produkcii*, 2(21), 14–21. https://doi.org/10.53914/issn2311-6870_2023_2_14 (In Russ.)
- Kuzmin, A. V. (2023). Use of polyethylene sleeves for grain storage. *Tendencii Razvitiya Nauki i Obrazovaniya*, 104(15), 198–200. <https://doi.org/10.18411/trnio-12-2023-867> (In Russ.)

- Loskutova, G. A., Shunekeeva A. A., & Koltugina, O. V. (2015). Experience of storing wheat grain in sleeves at a grain processing station in Akmola region. *Vestnik Altajskoj Nauki*, 1(23), 425–428. (In Russ.)
- Nikonova T. Yu., Iskakov U. K., Sichkarenko A. V., Zharkevich O. M., Dandybaev E. S. (2020). The main types of defects in polyethylene sleeves for storing agricultural products and methods for their elimination. *Journal of Technical Research*, (3), 11–19. (In Russ.)
- Novikova, A. V., Shubina, E. G., & Nurlygayanova, G. A. (2020). Current issues of grain storage in silo storage facilities in Russia. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 3(259), 178–184. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_259_178 (In Russ.)
- Novikova, A. V. (2025). Field storage of corn grain in polyethylene structures. *The Agrarian Scientific Journal*, (3), 129–135. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i3pp129-135> (In Russ.)
- Novikova, A. V. (2025). Prospects for using polymer sleeves for grain storage in Russia: experience of the Siberian federal district. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*, 1(15), 69–80. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-69-80> (In Russ.)
- Novikova, A. V., Podlinskaya, K. V., Vinogradova, E. A., Kozhevnikova, M. V., & Belousov, V. I. (2025). Evaluation of microbiological parameters of corn grain under field storage. *Kombikorma*, (9), 67–70. <https://doi.org/10.69539/2413-287X-2025-09-4-249> (In Russ.)
- Ruzmanova, O., & Rezyapkina, L. (2020). Crumpled grain in ruminant feeding. *Animal Husbandry of Russia*, (7), 48–49. (In Russ.)
- Sedova, I. B., Zakharova, L. P., Chaly, Z. A., & Tutelyan, V. A. (2023). Analysis of Contamination of 2020 Food Grain Harvest with Various Mycotoxins in the Russian Federation. *Immunopathology, Allergology, Infectology*, (2), 77–85. <https://doi.org/10.14427/jipai.2023.2.77> (In Russ.)
- Shirina, N. M., Suslova, M. A., & Reznichenko, V. G. (2009). Indicators of the preservative efficiency of various preparations in the harvesting of crumpled wet corn grain. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*, 4(24), 189–190. (In Russ.)
- Vellaichamy, Ch., White, N. D. G., Jayas, D., & Manickavasagan, A. (2016). Quality changes in 12 % moisture content canola stored in silo bags under Canadian Prairie conditions. *Fuji Jian Journal of Stored Products Research*, 68(2), 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.04.002>