

УДК 636.085.52

П. К. ЧЕРНИК<sup>1</sup>, С. В. ОСНОВИН<sup>2</sup>, Л. Г. ОСНОВИНА<sup>3</sup>, Ю. Н. ДУБРОВА<sup>4</sup>

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ СИЛОСОВАНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ХРАНИЛИЩАХ

<sup>1</sup> РУП «Белгипроводхоз»,

<sup>2</sup> Институт мелиорации,

<sup>3</sup> Белорусский государственный аграрный технический университет,

<sup>4</sup> Городокский аграрно-технический колледж

(Поступила в редакцию 03.06.2008)

Из отечественных и зарубежных литературных источников известно, что для получения качественных силосованных кормов в горизонтальных хранилищах необходимо выполнить три условия: в оптимальные сроки заполнить хранилище, хорошо уплотнить массу в процессе заполнения хранилища и герметизировать хранилище [1]. Нарушение любого из этих условий неизбежно ведет к большим потерям питательных веществ как в процессе заполнения хранилища, так и в процессе брожения корма.

Применяемая в настоящее время технология заготовки силосованных кормов, предусматривающая послойное заполнение хранилищ и уплотнение загружаемой массы тракторами из-за больших размеров траншей и невысокой и технологической оснащённости сельскохозяйственных предприятий, не позволяет обеспечить выполнение основных требований технологического регламента, в результате чего происходит сильное разогревание массы в процессе заполнения траншей, что является причиной больших потерь питательных веществ и снижения расщепляемости протеина вследствие его денатурации.

Кроме того, в результате проведенных исследований установлено, что если масса разогрелась, то герметизировать хранилище с помощью полиэтиленовой пленки невозможно, так как в процессе брожения корма в траншею всасывается воздух через грунт у боковых стенок, бетон плит и стыки между ними под действием температурных градиентов.

Потери происходят на всех этапах заготовки кормов – в поле при скашивании и провяливании, при транспортировке, при заполнении траншей, при хранении и при выемке кормов. Величина этих потерь зависит от применяемой технологии и параметров хранилищ.

По данным В. Г. Гусакова, если сократить наполовину потери кормов при заготовке, то можно получить дополнительно 1,3–1,5 млн т к. ед. [2].

В заготовку травяных кормов, которые являются основным кормом для скота в стойловый период, вкладываются огромные затраты труда и материальных ресурсов, а потери достигают до 50% и более от выращенного и убранного урожая трав в республике.

Одной из основных причин указанных потерь являются большие размеры траншей, которые при снизившейся численности поголовья скота и технической оснащённости сельскохозяйственных предприятий оказались непригодными для приготовления качественных кормов из-за невозможности быстрого их заполнения и длительной выгрузки готовых кормов.

При современной технической оснащённости предприятий и больших размерах траншей их заполнение осуществляется в течение 7–10 дней и более. При такой длительности заполнения масса сильно разогревается. Кроме того, только из-за поверхностной порчи силосованных кормов в больших траншеях вместе с аэробным поражением потери при хранении достигают до 25% и более [3].

При любых значениях плотности массы, которую практически можно достигнуть в процессе заполнения траншеи, содержание остаточного количества воздуха в массе отличается незначительно. Например, при 50%-ной влажности измельчительной массы трав содержание воздуха в массе уплотненной различными типами тракторов изменяется в пределах 0,6–0,7 от объема массы [4, 5].

Достижение максимально возможной плотности массы (второе из вышеуказанных условий) предполагает снижение в процессе заполнения хранилища содержания воздуха, кислород которого после герметизации хранилища сравнительно быстро используется растительными клетками, в результате чего создаются анаэробные условия для нормального протекания процесса молочнокислого брожения. При этом предполагается, что максимально возможная плотность массы будет достигнута при быстром заполнении хранилища, которое сразу после этого герметизировано. Фактически же при длительном заполнении хранилищ и уплотнении массы динамической нагрузкой (трамбовании тракторами) происходит постоянное обогащение массы кислородом за счет всасывания воздуха после каждого прохода трактора из-за упругих свойств массы. Поэтому влияние кислорода на окислительные процессы в период загрузки траншеи многократно превышает влияние остаточного содержания воздуха в массе перед герметизацией хранилища, что неизбежно ведет к активизации нежелательных микробиологических процессов, сильному разогреванию массы и в конечном итоге к большим потерям питательных веществ и снижению энергетической ценности корма.

Склеивание полиэтиленовой пленки в полотнища для герметизации больших траншей практически не производят, а укрывают уложенную массу отдельными полосами пленки и пригружают небольшим слоем грунта, торфа и т. п.

Если же масса в хранилище разогрелась, то даже при укрытии ее полотнищем, а не полосами невозможно обеспечить герметизацию, так как воздух в траншею поступает в течение длительного периода через грунт, прилегающий к боковым стенкам траншеи, бетон плит и стыки между ними под действием больших температурных градиентов, что также приводит к большим потерям в процессе брожения корма.

В результате аэробного поражения корм в верхнем слое и в значительной части боковых слоев (в пристенных зонах) оказывается непригодным для скармливания (до 20% от всего объема).

Главной причиной низкого качества силосованных кормов является тот факт, что при само-разогревании массы снижается расщепляемость протеина вследствие денатурации белка. В качестве безопасного порога принимается температура, которая не должна превышать 38 °С. На каждый градус превышения температуры указанного порога переваримость протеина снижается на 2%. Если температура в массе достигла 60 °С, а это происходит в подавляющем большинстве исследованных траншей, то переваримость протеина в корме снизится на 44% из-за денатурации белка [4, 5].

Химические приемы хотя и обеспечивают «защиту» протеина, но не всегда являются в полной мере безопасными для здоровья животных. При применении их необходимо строго соблюдать регламент технологических процессов и дозировку реагентов, что далеко не всегда выполняется. Кроме того, по мнению В. Н. Шлапунова, ни химические, ни микробиологические консерванты не могут сохранить силос от порчи, если не будет надежного герметичного укрытия заполненных траншей [6, 7].

При снизившейся технической оснащенности сельскохозяйственных предприятий по применяемой в настоящее время технологии приготовления силосованных кормов в горизонтальных хранилищах, предусматривающей послойное заполнение траншей и трамбование загружаемой массы тракторами, невозможно выдержать указанные выше основные требования, определяющие получение качественных кормов и избежать больших потерь при силосовании.

В последнее время за рубежом интенсивно разрабатываются технологии приготовления травяных кормов в упаковке из специальных пленочных материалов, которые позволяют существенно снизить потери за счет недопущения сильного разогревания массы и повышения надежности герметизации хранилищ. Однако из-за высокой стоимости по указанным технологиям изготавливается лишь часть кормов. Основной же объем силосованных кормов и там в настоящее время заготавливают в горизонтальных хранилищах [8].

Учитывая экономическую ситуацию и большой объем заготавливаемых в настоящее время силосованных кормов в республике вряд ли можно рассчитывать на широкое применение указанных технологий. Основным типом хранилищ для приготовления силосованных кормов в республике в ближайшей перспективе останутся горизонтальные хранилища (траншеи).

Цель исследований – разработать усовершенствованную технологию приготовления силосованных кормов в горизонтальных хранилищах.

**Материалы и методы исследований.** Лабораторные и натурные исследования позволили разработать приемы, которые в значительной степени позволяют ослабить и свести к безопасному по-

рогу влияние указанных выше отрицательных явлений, присущих применяемой в настоящее время технологии приготовления силосованных кормов.

Выполнение технологических операций по предлагаемой технологии осуществляется теми же механизмами, что и по применяемой. В отличие от применяемой по предлагаемой технологии заполнение хранилища начинают с одного конца траншеи на всю высоту на участке такой длины, чтобы загрузку этой части траншеи (порцию) можно было заполнить за один день в жаркую погоду или не более чем за 2 дня в прохладную погоду. В процессе заполнения каждой порции производится лишь разравнивание и смятие массы. Трамбование трактором уложенной массы исключается. Массу укладывают с «шапкой», высота которой должна быть такой, чтобы после дополнительного уплотнения уложенной массы статической (постоянно действующей) нагрузкой поверхность уплотненного корма в хранилище была не ниже верха траншеи.

После окончания загрузки каждой части траншеи (порции) массу сразу укрывают полиэтиленовой пленкой и бульдозером надвигают слой грунта толщиной 0,5–1,0 м (в зависимости от влажности массы). Грунт для пригрузки срезается бульдозером с прилегающей к траншее территории с одной или двух сторон и поэтапно перемещается от края траншеи к центру. Кроме грунта для пригрузки можно использовать рулоны соломы и другие материалы.

На следующий день производят загрузку прилегающего участка (порции) и все операции повторяют. Концевую часть предыдущего участка шириной 1–1,5 м пригружают грунтом после загрузки последующего участка.

После пригрузки грунтом последней порции производят профилирование поверхности грунта на всей траншее для организации поверхностного стока воды и планировку прилегающей территории.

С тех траншей, корм из которых планируется использовать в зимний период, перед наступлением морозного периода грунт снимают бульдозером и перемещают на бровки траншей. При этом оставляют слой грунта толщиной 10–15 см, который снимают непосредственно перед выгрузкой корма. С траншей, корм которых планируется использовать в безморозный период, а также из хранилищ страхового запаса, грунт снимают непосредственно перед использованием корма.

Исследования эффективности различных способов уплотнения измельченной массы трав проводили в 1999–2001 гг. в лабораторных условиях в одометрах с объемом гильз 3500 см<sup>3</sup>, а также в натуральных условиях при закладке опытных траншей в экспериментальной базе Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства Лунинецкого района и Витебском экспериментальном хозяйстве Института мелиорации. При закладке каждой опытной траншеи по предлагаемой технологии параллельно закладывались траншеи по применяемой (традиционной) технологии такого же размера, в которых производились измерения тех же параметров, что и в опытной.

Измерение деформации уплотнения в лабораторных условиях производили индикаторами часового типа, устанавливаемыми на жесткий сквозной штамп, через который передавалась уплотняющая нагрузка различной величины на массу.

При уплотнении массы статической нагрузкой в натуральных условиях деформации уплотнения массы после пригрузки грунтом в опытных траншеях измеряли путем периодического нивелирования марок. При изучении процесса уплотнения массы под действием динамической нагрузки (при трамбовании) измеряли деформацию уплотнения при наезде трактора на марку и деформацию разуплотнения после прохода трактора.

Одним из показателей, в наибольшей степени определяющим качество приготовления кормов, является температура массы в процессе загрузки хранилища и брожения корма. Для ее измерения были изготовлены индикаторы температуры и установка для их тарировки. Индикаторы закладывали в загружаемую в траншею массу на различном расстоянии от стенок и дна траншеи, а провода от индикаторов выводили за пределы траншеи. Измерения температуры по всем индикаторам в процессе загрузки траншей производили через 2–3 ч. Сразу после окончания загрузки и герметизации хранилища измерения температуры производили несколько раз в день, а по мере уменьшения интенсивности роста или снижения температуры интервал между измерениями увеличивался, но составлял не менее 2–3 сут до полной стабилизации процесса. Так как влажность массы в процессе загрузки изменяется в течение дня, то образцы для определения влажности отбирали через 2–3 ч.

Для определения качества образцы кормов, приготовленных по традиционной технологии, отбирали на глубине 1 м от поверхности, а в траншеях, заложенных по предлагаемой технологии,

отбирали в верхнем слое 0–10 см. Анализ кормов выполняли в лаборатории качества кормов Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству.

**Результаты и их обсуждение.** По применяемой в настоящее время технологии уплотнения загружаемой в траншею массы осуществляется динамической нагрузкой циклически прикладываемой при каждом проходе трактора. При наезде трактора происходит смятие массы, а после прохода – разуплотнение (в силу упругих свойств массы). Наибольшая интенсивность нарастания остаточных (невосстанавливающихся) деформаций, которые и определяют уплотнение массы, наблюдается при первых проходах трактора. В последующем доля остаточных деформаций снижается, а доля восстанавливающихся деформаций возрастает до 95% и более от общей деформации массы при каждом проходе трактора.

Анализ зависимости изменения относительных деформаций  $s/h$  уплотнения массы из измельченных трав при различной влажности во времени под действием разных по величине уплотняющих нагрузок  $\sigma$  (рис. 1) показал, что в момент приложения уплотняющей нагрузки масса практически мгновенно сжимается на некоторую величину  $S_m$ , затем процесс нарастания деформаций продолжается практически бесконечно с уменьшающейся скоростью. Величина мгновенных деформаций  $S_m$  и скорости нарастания деформаций уплотнения во времени (ползучести) зависит от величины уплотняющей нагрузки  $\sigma$ , влажности и плотности массы до уплотнения  $\rho_0$ .

При снижении влажности массы интенсивность процесса нарастания деформаций во времени при одинаковой величине уплотняющей нагрузки возрастает. Конечная величина деформаций

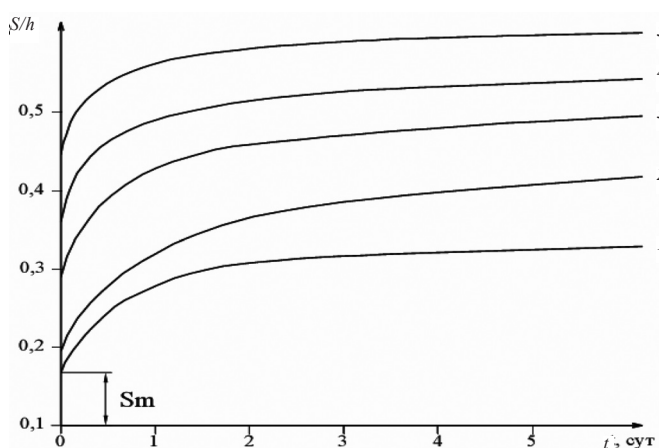


Рис. 1. Изменение относительных деформаций уплотнения массы  $S/h$  во времени при различных значениях уплотняющей нагрузки  $\sigma$  и влажности  $W$ : 1 –  $W = 67\%$ ,  $\sigma = 0,003$  МПа; 2 –  $W = 40\%$ ,  $\sigma = 0,003$  МПа; 3 –  $W = 40\%$ ,  $\sigma = 0,0075$  МПа; 4 –  $W = 67\%$ ,  $\sigma = 0,011$  МПа; 5 –  $W = 67\%$ ,  $\sigma = 0,015$  МПа



Рис. 2. Изменение плотности массы через 6 сут в результате уплотнения статической нагрузкой различной величины в течение суток

уплотнения для каждого значения влажности зависит только от величины уплотняющей нагрузки  $\sigma$  и не зависит от начальной плотности массы  $\rho_0$  (до уплотнения).

На рис. 2 показано изменение плотности рыхлой (неуплотненной) массы с начальной плотностью  $\rho_0 = 0,24$  т/м<sup>3</sup> через 6 сут после приложения уплотняющей статической нагрузки разной величины. Так, при нагрузке  $\sigma = 0,003$  МПа (что эквивалентно слою грунта толщиной 16–17 см) плотность массы через 6 сут возросла незначительно – от 0,24 до 0,36 т/м<sup>3</sup>, а при нагрузке 0,015 МПа (толщина слоя грунта 80–90 см) – от 0,24 до 0,66 т/м<sup>3</sup>, что выше, чем при тщательном трамбовании тракторами массы при аналогичных показателях ее свойств.

Под действием статической нагрузки за счет избыточного порового давления и деформаций ползучести происходит поступательное отжатие воздуха из массы. На начальном этапе в течение 2–3 сут после герметизации хранилища и пригрузки массы нарастание деформаций происходит достаточно интенсивно (рис. 1), что обеспечивает создание анаэробных условий и интенсификацию процесса молочнокислого брожения.

По традиционной технологии массу после загрузки траншеи укрывают полосами полиэтиленовой пленки и пригружают слоем грунта толщиной 10–15 см буртоукрывателем. Нагрузка от такого слоя грунта не обеспечивает уплотнение верхнего слоя массы, которую уплотнить

тракторами в этом слое и придать поверхности массы серповидный профиль, при котором будет обеспечиваться сток атмосферных осадков, проникающих в траншею через стыки между полосами пленки, практически невозможно.

При толщине слоя грунта 40–80 см достигается равномерное уплотнение всего объема корма в траншее и при этом имеется возможность придать пригрузке грунта серповидной профиль.

На рис. 3 показано изменение температуры сенажной массы в двух траншеях. Траншеею № 8 заполняли послойно по традиционной технологии в течение 7 дней. Температура массы после окончания загрузки составляла 53 °С и после герметизации снижалась в течение длительного периода с малой интенсивностью. В пристенной зоне (индикатор № 25) температура массы начала снижаться сразу после герметизации с большей интенсивностью, чем в центральной зоне, и через 6 сут разница температур в пристенной и центральной зоне достигла 12 °С, а через 40 сут – 15 °С. В некоторых траншеях эта разница достигла 20 °С и более. С удалением от стенок разница снижалась.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что под действием температурных градиентов между разогретой массой и атмосферным воздухом происходит интенсивное всасывание в траншею воздуха через грунт, стенки траншеи, стыки между плитами стенок траншеи даже при абсолютно герметичном укрытии массы пленкой. Аналогичная картина наблюдалась и в других траншеях.

При приготовлении силосованных кормов в горизонтальных хранилищах по традиционной технологии устранить отрицательное влияние указанных факторов невозможно, что приводит к аэробному поражению корма в пристенных зонах в процессе брожения.

Изменение температуры сенажной массы в опытной траншее № 11, заложенной по предлагаемой технологии, происходило при пригрузке каждой порции сразу после окончания ее загрузки слоем грунта толщиной 45–50 см. Даже при сравнительно быстром заполнении порции масса разогрелась до 35 °С. Однако после герметизации и пригрузки грунтом температура массы начала снижаться со значительно большей интенсивностью, чем в траншее № 8. В данном случае температура также снижалась более интенсивно в пристенных зонах, однако разница температур была значительно меньше, чем в траншее № 8, что свидетельствует о снижении интенсивности процесса поступления воздуха в траншею из-за более низких температурных градиентов. В тех траншеях, где не удавалось загрузить порцию в течение одной смены, температура массы в верхнем слое достигала 50 °С и более, однако после пригрузки она интенсивно снижалась.

В опытных траншеях, где влажность массы при загрузке в различные периоды времени была разной, после окончания процесса брожения устанавливалась равновесная влажность готового корма во всем объеме хранилища, практически совпадающая со средним значением влажности массы загружаемой в траншею.

По результатам органолептической оценки установлено, что во всех опытных траншеях, заложенных по предлагаемой технологии, корм имеет приятный винно-фруктовый запах, светло-оливковый цвет и хорошо сохранившуюся структуру, близкую к исходному растительному материалу.

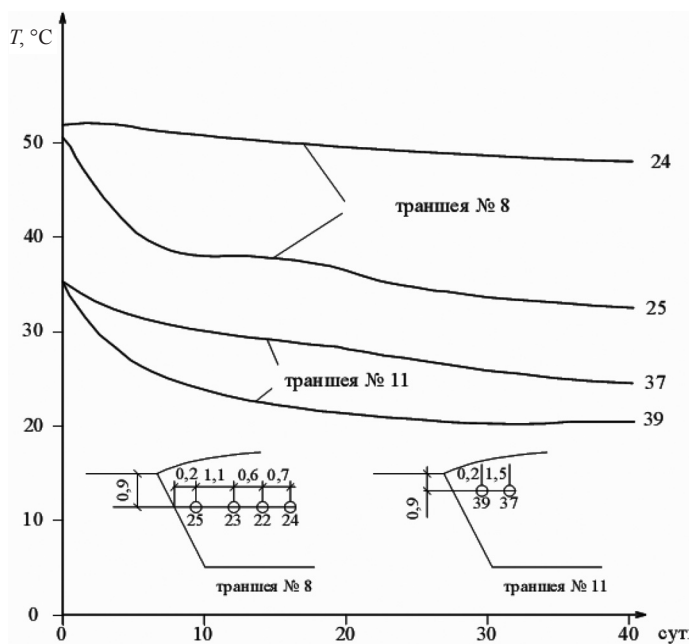


Рис. 3. Изменение температуры корма из злаковых трав в процессе брожения

## Выводы

1. Предложена усовершенствованная технология, которая позволяет свести к безопасному порогу влияние факторов отрицательно действующих на качество силосованных кормов,готавливаемых в горизонтальных хранилищах по традиционной технологии.

Все операции по предлагаемой технологии осуществляются тем же комплексом машин, что и по традиционной технологии. Отличие заключается в том, что масса в траншею загружается участками на всю высоту траншеи (порционно) и после заполнения участка сразу уплотняется статической (постоянно действующей) нагрузкой вместо трамбования тракторами.

2. На основании лабораторных и натуральных исследований установлена требуемая величина статической нагрузки, которая зависит от влажности загружаемой в траншею массы.

3. По предлагаемой технологии достигается максимально возможное в условиях производства сокращение времени заполнения части траншеи (порции), в результате чего не происходит сильное разогревание массы.

Под действием статической нагрузки, прикладываемой сразу после окончания заполнения части траншеи, воздух поступательно выжимается из массы, в результате чего сравнительно быстро создаются анаэробные условия для развития молочнокислых бактерий. Избыточное паровое давление в массе, создаваемое статической нагрузкой, препятствует проникновению в хранилище атмосферного воздуха, что обеспечивает повышение эффективности герметизации и снижение аэробного поражения корма.

Под действием статической нагрузки достигается равномерное уплотнение всего объема массы в траншее и исключаются так называемые «краевые» эффекты, за счет которых в верхнем и боковых слоях корм из-за недоуплотнения и аэробного поражения оказывается непригодным для скармливания.

4. По результатам химических анализов установлено, что при одинаковых размерах траншей и качестве исходного материала питательность кормов, заготовленных по предлагаемой технологии, на 20–24% выше, чем по традиционной.

## Литература

1. Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов / П. С. Авраменко, Л. М. Постовалова, Н. В. Гловацкий и др. Минск: Ураджай, 1993. 352 с.

2. Г у с а к о в В. Г. Важнейшие проблемы сельского хозяйства Беларуси // Междунар. с.-х. журн. 1999. № 1. С. 3–5.

3. Б о н д а р е в В. А. Проблемы, состояние и ожидаемые результаты исследований по консервированию и хранению кормов // Кормопроизводство. 2002. № 11. С. 2–6.

4. Ч е р н и к П. К., О с н о в и н С. В. Анализ экспериментальных данных по уплотнению массы из измельченных трав // Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии и системы сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. Рязань: РГСХА, 2003. Вып. 7. Ч. II. С. 163–170.

5. Ч е р н и к П. К., Д у б р о в а Ю. Н., О с н о в и н С. В. Влияние технологии заготовки сочных кормов на их качество // Проблемы мелиорации и водн. хоз-ва на соврем. этапе: Тез. докл. науч. конф., Горки, 4–5 июня 1999 г. / М-во. сел. хоз-ва и продовольствия. Респ. Беларусь, БГСХА. Горки, 1999. Ч. 2. С. 75–78.

6. Ш л а п у н о в В. Н., К а п у с т и н Н. К., П и у н о в с к и й И. И., С т а р о в о й т о в а Н. А. Рекомендации по технологическим особенностям заготовки травяных кормов в 2003 году // Белорусское сельское хозяйство. 2003. № 5. С. 29–32.

7. Ш л а п у н о в В. Н. Полевое кормопроизводство. Минск: Ураджай, 1991. 287 с.

8. К л о ч к о в А. В., П о п о в В. А., А д а с ь А. В. Заготовка кормов зарубежными машинами. Горки, 2001. 201 с.

*P. K. CHERNIK, S. V. OSNOVIN, L. G. OSNOVINA, Y. N. DUBROVA*

## WAYS OF DECREASING ENSILAGE LOSSES IN HORIZONTAL STOREHOUSES

### Summary

The article describes the improved technologies of ensilage fodder preparation in horizontal storehouses. We show how to protect the quantity of the ensilage fodder being prepared traditionally in the horizontal storehouse from the influence of negative factors.