

реализуется на предприятиях – изготовителях продукции. Например, древесные волокна на деревообрабатывающем предприятии г. Витебска сортируют на оптических сортировщиках, или на лабораторном ультразвуковом ситоанализаторе.

*Вторая стадия* – на данной стадии 2, 3-стадийному измельчению на дробилках подвергаются отходы обувного производства, достигая размеров достаточных для дальнейшей переработки.

*Третья стадия* – включает смешение дробленых отходов с наполнителем и другими компонентами композиции: порообразователями, стабилизаторами и др. Полученная смесь подвергается дальнейшему гранулированию.

*Четвертая стадия* – гранулят проходит повторное измельчение с последующей переработкой в готовое изделие.

Таким образом, получение композиционных материалов является одним из самых передовых и перспективных направлений деревообрабатывающей промышленности. Оно является примером удачного решения на пути объединения технологической переработки древесины и получения из ее отходов полимерных подошвенных материалов. Эта область раскрывает куда больший потенциал растительности, нежели использование дерева только в качестве сырья для изготовления плит и пиломатериалов. Производство волокнисто-наполненных композиционных материалов позволит найти пути рационального применения полимерных отходов и неликвидных отходов деревообработки.

#### Список использованных источников

1. Переработка деревянных отходов, использование отходов деревообрабатывающих производств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bezotxodov.ru/jekologija/othody-derevoobrabatyvajushhego-proizvodstva>. – Дата доступа: 27.01.2023.
2. Кислицына, С. Н. Способы переработки отходов деревообрабатывающей промышленности: учеб. пособие / С. Н. Кислицына, И. Ю. Шитова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 140 с.
3. Техническая модернизация объектов по измельчению древесных отходов. Оценка воздействия на окружающую среду : заявка 21–22 ОВОС / О. Л. Лебедев. – Оpubл. 2022.
4. Черкасова, Н. Г. Влияние древесной пыли на качество композиционных строительных материалов / Н. Г. Черкасова, В. В. Стрикун // Хвойные бореальной зоны. – 2017. – С. 106–110.
5. Радюк, А. Н. Материалы и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов / А. Н. Радюк, Ю. В. Дойлин, М. А. Козлова, И. А. Буланчикова, А. Н. Буркин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 1(38). – С. 100–112.

УДК 675.1.02

## ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ОВЧИНЫ КОМПОЗИЦИЯМИ ПАВ С УЧАСТИЕМ ЛИПОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ

*Исаков Д.М., студ., Чурсин В.И., д.т.н., проф.*

*Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина,  
г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. Проведены исследования обезжиривающей способности композиций ПАВ, включающих липолитический фермент. Показана высокая обезжиривающая способность разработанных композиций.

Ключевые слова: обезжиривающие композиции, липаза, овчина, лецитазы, поверхностно-активные вещества, жир.

Высокое содержание жировых веществ в овечьих шкурах обуславливает многостадийную обработку этого вида кожевенного сырья растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ) для того, чтобы обеспечить качественное выполнение последующих процессов. Состав бараньего жира и жировых веществ, присутствующих в волосяном покрове, достаточно хорошо изучен. Так по данным [1] в составе этих липидов

содержится 56 % триглицеридов, 23 % спиртов, 6 % фосфолипидов, 5 % холестерина и 10 % жирных кислот. Распределение жировых веществ в овечьих шкурах характеризуется значительным различием в зависимости от топографических участков.

Ранее была показана возможность эффективного удаления природного жира из кожевенного сырья, основанная на использовании синергетических композиций ПАВ и органических растворителей [2]. Недостатком этих композиций связаны с применением органических растворителей, которые переходят в отработанные растворы и увеличивают экологическую нагрузку на сточные воды. Технология биологической обработки кожи на основе ферментов является важным способом решения проблем экологии при производстве кожи и дальнейшего развития кожевенной промышленности.

В данной работе исследована возможность использования в составе обезжиривающих композиций ферментов с липолитической активностью, способных катализировать гидролиз природного жира. Липазы относятся к классу триацилглицеролацилгидролаз и достаточно широко используются в различных отраслях промышленности. В последние годы появились публикации по применению липаз в кожевенном производстве [3-5]. Однако использование только одних липолитических ферментов на стадии обезжиривания не позволяет достичь требуемого эффекта [3]. Более полное удаление природного жира может быть обеспечено за счет комбинации ферментов с ПАВ. В работе [4] обезжиривание кожевенного сырья осуществляли в присутствии ПАВ и термоалкалофильной липазы, что позволило снизить общее содержание жира с 17,5 % до 2,6 %. Новая композиция, содержащая в своем составе экологичные ПАВ и липолитический фермент, предложенная в работе [5], позволяет исключить использование органических растворителей при обезжиривании меховой овчины, улучшить экологические показатели производства.

В качестве липолитического фермента в настоящей работе исследована Лецитаза Ультра (препарат компании Novozymes (Дания), полученная методом глубоинной ферментации микроорганизмов *Aspergillus oryzae*).

Известно, что ПАВ и липазы могут взаимодействовать друг с другом, образуя синергетические композиции. Влияние ПАВ на липолитическую активность фермента во многом зависят от типа липазы, соотношения отдельных компонентов в составе композиции, а также возможностью снижения активности за счет ингибирующего действия продуктов гидролиза природных жиров. Исследование влияния индивидуальных ПАВ и их композиции на липолитическую активность фермента Лецитаза Ультра, позволило установить, что в присутствии алкилполиглюкозида (АПГ), и, в особенности, в составе композиции активность фермента увеличивается (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние ПАВ на липолитическую активность фермента Лецитаза Ультра

Состав	Липолитическая активность, ед.
Фермент (Лецитаза Ультра)	2333,33
Фермент + АПГ	2500,00
Фермент + Оксамин	2333,33
Фермент + Композиция А/О	2833,33

Экспериментальную проверку эффективности новых обезжиривающих композиций, в том числе с использованием Лецитазы Ультра проводили на сырье овчины по методике, предложенной фирмой Бетахим для обработки меховой овчины [6]. Методика предполагает двухстадийную отмоку и мойку-обезжиривание с применением препаратов Бетол Н-4 и Бетол НК. Этот вариант обработки выбран в качестве контрольного. В двух опытных вариантах эти препараты были заменены на разработанные нами композиции.

Содержание жира в исходном сырье овчины и в образцах на различных стадиях обработки определяли на автоматизированной установке Сокслета с использованием четыреххлористого углерода в качестве экстрагента. На рисунке 1 представлены данные по изменению содержания жира в образцах овчины на отдельных стадиях обработки.

Необходимо отметить высокую обезжиривающую способность композиции, включающую липазу, в отношении жиров, находящихся на поверхности волоса овчины (шерстный жир). Установлено, что в волосе содержание жира не превышает 2 %, что подтверждается отсутствием окрашивания волоса при пробе на качественную реакцию Либермана.

Непосредственно по данным эксперимента следует отметить, что разработанная композиция наиболее эффективна на начальных этапах обработки. Рассчитанная по полученным результатам эффективность обезжиривания для композиции составила 36,3 %,

в то время как в контрольном варианте 26,1 %, то есть выше почти в 1,4 раза.

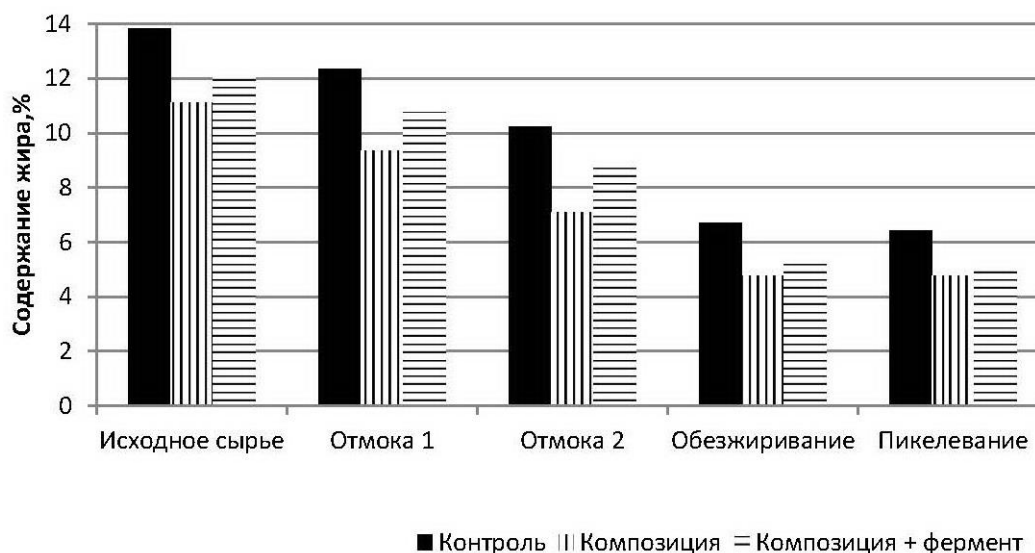


Рисунок 1 – Содержание жира в образцах овчины на отдельных стадиях обработки

Композиция с включением Лецитазы Ультра на первых стадиях обработки не показала высокой эффективности в отношении жира, содержащегося кожной ткани. Причиной этого является длительность проведения процесса основной отмоки 2 (в течение ночи), в результате чего происходит ингибирование фермента продуктами гидролиза жира. Липазы являются гидрофильными ферментами, в то время как жирные кислоты, образующиеся в результате гидролиза, характеризуются гидрофобностью. Действие липазы может проявляться только на границе раздела фаз, а присутствие жирных кислот отрицательно влияет на каталитическую активность фермента [4]. Таким образом, чтобы повысить эффективность действия Лецитазы Ультра, жирные кислоты необходимо своевременно удалять из обрабатываемого раствора, и соответственно вносить изменения в методику обработки.

Если оценивать эффективность обезжиривания в целом, ориентируясь на исходное и конечное содержание жира в кожной ткани овчины после пикелевания, то наиболее высокая степень обезжиривания была отмечена для варианта обработки ферментосодержащей композиции – 59 %, и разработанной композиции 57,4 %. Эффективность контрольного варианта на основе Бетолов составила 53,5 %.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что использование обезжиривающей композиции с введением в неё липолитического фермента Лецитаза Ультра обеспечивает выпуск меховой овчины высокого качества, за счет лучшей диффузии и равномерного распределения дубящих соединений в структуре дермы, исключения неравномерности в процессе крашения. Дополнительно снижается экологическая нагрузка на сточные воды меховых предприятий. Разработанная композиция может быть рекомендована для использования в процессах мойки и обезжиривания в производстве меховой и шубной овчины.

#### Список использованных источников

1. Altan Afsar, Fatma Cetinkaya. Studies on the degreasing of skin by using enzyme in liming process // *Indian Journal of Chemical Technology*. – 2008. – V.15. – № 9. – P. 507–510.
2. Чурсин, В. И. Оценка синергетического эффекта в композициях НПAB / В. И. Чурсин, В. П. Илькович // *Кожевенно-обувная промышленность*. – 2012. – № 2. – С.27–30.
3. Deyaa M. Abol Fotouh, Reda A. Bayoumi, Mohamed A. Hassan. Production of Thermoalkaliphilic Lipase from *Geobacillus thermoleovorans* DA2 and Application in Leather Industry // *Enzyme Research*. – 2016. – № 1. – pp.1–9.
4. Wei Dong, Guo Jia-rong, Yu Kai-hua, Wang Guo-wei. Degreasing effect of lipase enzyme YMD for sheepskin // *Leather Science and Engineering*. – 2014. – № 1. – pp.31–34.
5. Чурсин, В. И. Разработка обезжиривающей композиции на основе экологичных ПАВ и липолитических ферментов / В. И. Чурсин, Д. М. Исаков // *Дизайн и технологии*.

УДК 539.23;678.046

## НАПОЛНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНА ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ

*Касперович О.М., к.т.н., доц., Петрушеня А.Ф., к.т.н., доц.,  
Касперович А.В., к.т.н., доц., Ленартович Л.А., к.т.н., доц.*

*Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В настоящей работе приведены данные по исследованиям влияния введения наполнителей с повышенной теплопроводностью на основе оксидов различных металлов на свойства полиэтилена.

Ключевые слова: теплопроводность, полиэтилен, наполнитель, полимерная матрица, деформационно-прочностные свойства.

Полимерные композиты на основе термопластичных полимеров с повышенной теплопроводностью широко используются в различных отраслях промышленности. Однако, поскольку полимеры обладают низкой теплопроводностью, их использование в приложениях, требующих повышенного теплоотвода ограничено. Для повышения теплопроводности полимерных композиций широко используются наполнители с высокими теплопроводящими свойствами [1, 2]. Наполнитель как один из компонентов играет ведущую роль в формировании основных характеристик КМ. От наполнителя в значительной степени зависят эксплуатационные и технологические свойства композитов и возможности их переработки в изделия. Влияние дисперсного наполнителя на механические и прочие свойства полимера зависит в значительной степени от свойств самого наполнителя и его концентрации. Поэтому для целенаправленного и научно-обоснованного создания ПКМ с заданными свойствами путем наполнения необходимо знать как характеристики наполнителей, так и оптимальные концентрации их введения, исходя из концентрационных зависимостей наиболее важных эксплуатационных характеристик материала.

К тому же не стоит забывать о том, что введение дисперсных наполнителей в полимерную матрицу, способную к кристаллизации, так же будет приводить, как к повышению физико-механических свойств, так и к некоторому повышению теплопроводности за счет упорядочения молекулярной структуры. Однако тут просматривается прямая зависимость степени кристалличности от концентрации наполнителя. При концентрациях порядка 0,1 мас.% наполнители способствуют образованию в полимере большого числа центров кристаллизации, повышая ее скорость. Увеличение концентрации до средних значений (10 мас.%) способствует развитию менее совершенных, чем сферолиты надмолекулярных образований. Дальнейшее увеличение концентрации наполнителей (до 40 мас.%) приводит к тому, что процесс образования более совершенных надмолекулярных структур становится еще более затруднительным. Это обусловлено тем, что при больших концентрациях наполнителей полимер, в основном, находится в виде тонких прослоек между частицами [3].

В качестве перспективных наполнителей для целей повышения теплопроводности полимерных композитов были рассмотрены пудра алюминиевая пигментная, наноксид цинка, оксид титана и оксид магния.

В ходе исследований предстояло определить изменение физико-механических свойств композиций на основе термопластичных полимеров при введении в них наполнителей, обладающих высокой теплопроводностью.

В исследовании использовался полиэтилен марки M3204RUP, который представляет собой линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП), доступный в форме порошка, с показателем текучести расплава 4 г/10 мин, пигментная алюминиевая пудра марки ПАП-2 (ГОСТ 5494-95), с насыпной плотностью 0,15–0,3 г/см<sup>3</sup>, оксид цинка, с размером частиц 21–23 нм, диоксид титана с массовой долей диоксида титана 92 %, насыпной массой 800 кг/м<sup>3</sup>, размером кристаллов 0,25 мкм, оксид магния с насыпной плотностью 3,5 г/см<sup>3</sup>.