

Технология и оборудование переработки макулатуры. Учебное пособие. Часть III. СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. – 139 с.

4. Лапаев Ф.В., Махотина Л.Г. Выбор экологичных способов отбеливания вторичного волокна из макулатуры марки МС-5Б // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы VIII международной научно-технической конференции имени профессора В. И. Комарова. Архангельск. 2025. – С. 246–251.

УДК 691.14

Н. П. Мидукова, канд. техн. наук, ст. препод.
(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург, Россия)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЕРМЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛАЗЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к инновационным биотехнологиям в различных отраслях промышленности, и целлюлозно-бумажная промышленность не является исключением. В условиях глобальных экологических вызовов, таких как изменение климата и истощение природных ресурсов, необходимость в разработке более эффективных и экологически чистых методов производства становится особенно актуальной. В этом контексте ферментативные технологии представляют собой перспективное направление, способное не только улучшить качество конечной продукции, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Ферменты, как биокатализаторы, играют ключевую роль в различных биохимических процессах, включая разложение сложных органических соединений. В целлюлозно-бумажной промышленности ферменты применяются в виде ферментных препаратов и могут использоваться для улучшения оптических и механических свойств, что повышает качество бумаги и снижает экологическую нагрузку на производство. В частности, ферменты, такие как α -амилаза и целлюлаза способны при взаимодействии со вторичными волокнами ослаблять связи между волокном и тонером, в конечном итоге повышая оптические свойства бумаги. Это открывает новые горизонты для оптимизации процессов переработки и производства бумаги из макулатуры.

Поиск новых ферментов подразумевает применение инновационных методов, позволяющих не только обнаруживать, но и создавать биокатализаторы с необходимыми характеристиками. Так, изучение целлюлазных и гемицеллюлазных ферментов значительно продвину-

лось вперед благодаря их способности расщеплять полимеры целлюлозы и гемицеллюлозы на более простые сахара, что потенциально может увеличить прозрачность и яркость бумажной массы. Важно отметить, что подобные исследования выходят за рамки лабораторных экспериментов и уже находят своё применение в промышленных технологиях. Некоторые из ферментов могут быть восприимчивы к Ph среды, что может сказаться на оптические и механические свойства бумаги. Важно отметить, что сырье вторичного использования может создавать нестабильную среду в широком диапазоне Ph. Например, если макулатура включает в себя целлюлозные волокна, полученные при сульфатном производстве (макулатура МС-7, 7А, Б), то Ph среды может отклониться в сторону щелочной. Если макулатура включает в себя волокна, полученные при сульфитном производстве, преимущественно газетная (макулатура МС-8, 8Б, 8В), то Ph среды может отклониться в сторону кислой среды. Нестабильность Ph среды в условиях использования макулатуры разных марок требует уточнения оптических и механических свойств при различных условиях.

Как известно, активность ферментов зависит от рН среды (концентрации ионов водорода). Для каждого фермента существует критическое значение рН, при котором он проявляет максимальную активность и существенно ухудшает физико-механические свойства бумаги. Большинство ферментов действуют при рН 6,8–7,4, то есть в среде, близкой к нейтральной. Однако нестабильность в составе макулатуры создаёт Ph среды отличной от нейтрального либо в кислой, либо в щелочной среде. На практике диапазон изменения Ph не выходит за пределы 5 – 9, однако требует проверки.

В виду этого в рамках данной работы было оценено влияние рН среды на активность ферментных препаратов при использовании их в переработке технологии офисной макулатуры.

Таблица – Влияние рН на вторичные волокна

Показатели	Свойства в разных средах		
	Нейтральная (6,8-7,4)	кислая (5- 7)	щелочная (7-9)
Масса, 1м ² , г	80±5	80±5	80±5
Толщина, мкм	167,7	157	166,3
Яркость (ISO)	83,2	82,5	85,7
Шероховатость, мл/мин	557	561	520
Разрывная длина, км	2,9	2,9	2,7
Сопротивление разрыву, н/м	2318,6	2177,5	2248,7
Индекс сопр. разрыву, Нм/г	28,3	29,0	26,5
Модуль эластичности, Н/мм	2551,4	2704,9	2512,3
Максимальное усилие, Н	34,8	32,7	33,7

Из таблицы видно, что физико-механические характеристики образцов при различных R_h находятся в пределах погрешности эксперимента. Существенных изменений в механических характеристиках нет. Небольшой прирост в яркости связан с ослаблением связей между волокнами и тонером в щелочной среде, что характерно для обработки макулатуры, на основе волокон сульфатного производства (преимущественно офисных видов бумаг).

Сравнивая традиционные и ферментативные методы, ученые отмечают, что ферменты позволяют снизить потребление энергии значительно – до 30%. Это достигается благодаря более щадящему воздействию на волокна и снижению температуры процесса. Улучшение процесса также ведет к повышению производительности оборудования, что в свою очередь позволяет значительно экономить при больших объемах производства, достигая экономии до 2,4 млн. руб. при выпуске 50 тыс. т. бумаги в год.

К числу важных направлений внедрения ферментов также следует отнести технологии, способствующие переработке вторичных волокон. Научные исследования показывают, что ферменты могут привести к улучшению свойств переработанных материалов, что значительно повысит их коммерческую ценность и снизит необходимость в природных ресурсах. Это обеспечит более рациональное использование ресурсов и уменьшит негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, применение результатов исследований в практике открывает новые горизонты для целлюлозно-бумажной отрасли. Специфичность и эффективность ферментативных технологий не только способствуют улучшению оптических свойств бумажной массы, но и обеспечивают экономию ресурсов, что делает этот подход действительно перспективным для устойчивого роста и развития промышленности.

Исследования физико-механические характеристики образцов при различных R_h , показали, что этот показатель существенного влияния на свойства не оказывает. Существенных изменений в механических характеристиках не было. Небольшой прирост в яркости связан в ослаблении связей между волокнами и тонером в щелочной среде, что характерно для обработки макулатуры, на основе волокон сульфатного производства (преимущественно офисных видов бумаг).