

УДК 676.164.3.023.1

В.А. Липин, М.Н. Тараченкова, Е.Д. Софронова

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского
государственного университета промышленных технологий и дизайна
Санкт-Петербург, Россия

«ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

***Аннотация.** Проблему снижения сбросов и выбросов при одновременном повышении качества конечного продукта в целлюлозно-бумажном производстве предлагается решить с помощью «зеленых» технологий, в том числе использования приемов биокатализа с привлечением нетрадиционных ферментных препаратов и использования в отбелке озона, как кислородсодержащего отбеливающего агента.*

V.A. Lipin, M.N. Tarachenkova, E.D. Sofronova

Higher School of Technology and Energy of Saint-Petersburg State University of
Industrial Technologies and Design
Saint-Petersburg, Russia

GREE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF CELLULOSE CONTAINING MATERIALS

***Abstract.** The problem of reducing discharges and emissions while simultaneously improving the quality of the final product in pulp and paper production is proposed to be solved with the help of “green” technologies, including the use of biocatalysis techniques with the involvement of non-traditional enzyme preparations and the use of ozone in bleaching as an oxygen-containing bleaching agent.*

Двенадцать принципов «зеленой» химии, включающие предотвращение образованию отходов, использование менее опасных химических реагентов, использование температур и давлений, близких к естественным, использование возобновляемого сырья и биоразлагаемость продуктов, предусматривают подходы к технологиям с точки зрения снижения вредного воздействия процессов и продуктов химической промышленности на окружающую среду и здоровье человека.

Основная цель «зеленых» технологий состоит в создании новых и совершенствование существующих производств и продуктов, для которых минимизировано негативное воздействие на людей и окружающую среду, в том числе в долгосрочных последствиях. Применение «зеленых» технологий актуально во всех областях

химической промышленности, в том числе и в целлюлозно-бумажной промышленности. В существующих процессах производства целлюлозных продуктов из древесного и недревесного сырья наиболее отрицательное воздействие на окружающую среду и безопасность жизнедеятельности человека оказывает стадия отбеливания целлюлозы. Для получения конечной целлюлозной продукции, в том числе целлюлозы химического назначения, применяются различные химические реагенты, в том числе токсичные, а также образуются побочные продукты, сточные воды, требующие очистки. Главной проблемой на стадии отбеливания на целлюлозно-бумажном производстве с точки зрения экологии и природоохраны является использование хлорсодержащих агентов. С другой стороны, хлор является крайне нежелательной примесью в конечном целлюлозосодержащем материале, в том числе медицинского и косметического назначения [1,2].

Проблемы снижения сбросов и выбросов при одновременном повышении качества конечного продукта могут быть решены с помощью «зеленых» технологий, в том числе использования приемов биокатализа с привлечением нетрадиционных ферментных препаратов и использования в отбеливании сильного окислителя - озона, как кислородсодержащего отбеливающего агента.

Озон является самым сильным окислителем после фтора. В сравнении с другими отбеливающими реагентами, озон является серьезной альтернативой по эффективности снижения содержания лигнина в целлюлозе. Озон, используется на разных стадиях процесса отбеливания с целью обеспечения высокой степени белизны конечного продукта и снижения доли использования химических реагентов. Применение озона в технологии отбеливания позволяет свести к минимуму содержание в сбросах хлорорганических соединений, образующихся в общепринятых схемах [1].

Ферменты – наиболее перспективный реагент в области «зеленой» химии и технологии [3]. Процессы с использованием ферментов более экономичны и экологичны по сравнению с использованием химических реагентов. Ферменты в качестве катализаторов не требуют жестких условий, поэтому их использование является способом экономии ресурсов, таких как энергия или вода. Принимая во внимание преимущества «зеленой химии», ферментный биокатализ в современных условиях успешно заменяет традиционные химические процессы в целом ряде областей химической технологии и ожидается еще больший охват областей благодаря новым технологиям в области ферментной инженерии.

Современная концепция отбелки целлюлозы заключается в использовании относительно небольшого количества диоксида хлора только на одной стадии отбелки, которая называется ECF-light. Эта концепция сочетает в себе эффективность и высокую селективность отбелки диоксидом хлора, но при этом делается акцент на более экологически безопасных отбеливающих химикатах на основе кислорода.

Целью комплексных исследований было совершенствование технологии отбелки с наиболее эффективным использованием стадий ферментной и озоновой обработки. Ставились задачи испытания в отбелке ферментных материалов класса гидролаз, минимизации использования химических реагентов на других стадиях и повышение качества готового целлюлозного продукта, в том числе целлюлозы химического назначения.

Про результаты с липазой

Использование фермента ксиланаза в процессе предварительной обработки целлюлозы перед отбелкой способствует повышению эффективности отбелки целлюлозы с использованием пероксида водорода. Оптимальной концентрацией процесса является 0,0125% об. ферментного препарата. При данной концентрации не происходит выход редуцирующих веществ в фильтратах после обработки и уменьшается число Каппа в последующей отбелке. Оптимальным временем обработки ферментом ксиланаза является $t=2$ часа. Также, максимальная эффективность процесса отбелки достигается с этапом промывки между предварительной обработкой целлюлозы и отбелкой.

Способность повышать эффективность отбелки благодаря стадии предварительной обработкой ферментом амилаза была исследуема в данной работе. Фермент амилаза при предварительной обработке целлюлозы не требует повышенных температур и большого расхода фермента, так как оптимальной концентрацией является 0,5% об. Отливки из отбеленной целлюлозы после предварительной обработки ферментом амилаза также дают положительный результат на белизну и яркость, которые относительно близки к промышленным значениям.

Изученные ферменты класса гидролаз показали свою эффективность в предварительной обработке целлюлозы и обеспечивают оптимальные условия для последующей отбелки целлюлозы с минимальными затратами и максимальной производительностью [4].

Была разработана технология отбелки, включающая озонирование, отбелку диоксидом хлора, окислительное щелочение,

отбелку пероксидом водорода и кислоту. Данная технология отличается высокой избирательной способностью окислять лигнин и разрушать красящие вещества, практически не разрушает целлюлозу [5].

Разработаны также технологические варианты получения целлюлозы химического качества, основными продуктами на основе которой являются вискозное волокно, микрокристаллическая и наноцеллюлоза, ацетаты и эфиры целлюлозы и др. Варианты основаны на сульфатной варке древесного сырья с последующей отбелкой, либо на так называемом облагораживании, холодном и горячем, товарной (технической) целлюлозы. В качестве древесного сырья рассматривались как хвойные, так и лиственные сорта деревьев.

Список использованных источников

1. Липин В.А., Федоскин И.А., Софронова Е.Д. Технология сульфатной отбелки при переработке древесного сырья в 21 веке /в сб. мат-лов XXV Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2020. Кн. 2. СПб: СПбНЦ РАН, Изд-во «Любавич». 2020. С. 120-127.
2. Софронова Е.Д., Липин В.А., Дубовый В.К., Суставова Т.А. Минимизация содержания хлора в беленой сульфатной целлюлозе для санитарно-гигиенических изделий и упаковки пищевых продуктов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3 (381). С. 186-195.
3. Tarczykowska A., Kocha'nski B., Kaluzny K., Zukow W. Enzymes- important players in green chemistry // Journal of Education, Health and Sport., 2017. Vol. 7. P. 217-223.
4. Fedoskin I.A., Ernandes Garcia D.D., Lipin V.A., Tarachenkova M.N., Sofronova E.D. Optimization by a response surface method of delignification of kraft pulp using lipase enzyme // Fibre Chemistry. 2022. Vol. 54. N. 3. P. 209-213.
5. Патент РФ 2724362, 23.06.2020. Бюл. № 18. Липин В.А., Софронова Е.Д., Орлова А.В. Способ отбелки целлюлозы. Заявка № 2019121308, заявл. 04.07.2019.