

УДК 621. 742.22

Функциональный подход при разработке новых материалов на основе технического лигнина

Свинооров Юрий Алексеевич

desna.us@yandex.ru

Луганский государственный университет им. В. Даля, Луганск, Россия

Аннотация. В работе рассмотрен функциональный подход к решению проблемы рационального использования технического лигнина, крупнотоннажного отхода, образующегося в процессе переработки растительного сырья. Высказана гипотеза, что ключом к возможному решению проблемы может стать подход, учитывающий функциональность природного лигнина в растительной ткани. Показано, что природный лигнин, в растительной ткани выполняет функции связи, обеспечивая прочность растительной ткани, в частности древесины; выполняет функции защиты растительных клеток, снижая проницаемость мембран клеток для вредных и нежелательных веществ, адсорбируя их, нейтрализуя и удаляя из тела живой растительной ткани; повышает устойчивость к болезням; играет роль ионообменника. Приведен пример, применения функционального подхода для использования технического лигнина в качестве литейного связующего.

Ключевые слова: растительная ткань, природный лигнин, технический лигнин, функциональность лигнина, связующая способность, литейные связующие

A functional approach to the development of new materials based on technical lignin

Svinoroev Yuri Alekseevich

desna.us@yandex.ru

V. Dal Lugansk State University, Lugansk, Russia

Abstract. The paper considers a functional approach to solving the problem of rational use of technical lignin, a large-tonnage waste formed during the processing of plant raw materials. It is hypothesized that the key to a possible solution to the problem may be an approach that takes into account the functionality of natural lignin in plant tissue. It has been shown that natural lignin in plant tissue performs binding functions, ensuring the strength of plant tissue, in particular wood; performs the functions of protecting plant cells, reducing the permeability of cell membranes to harmful and undesirable substances, adsorbing them, neutralizing and removing them from the body of living plant tissue; increases resistance to diseases; plays the role of an ion exchanger. An example of the application of a functional approach to the use of technical lignin as a casting binder is given.

Keywords: plant tissue, natural lignin, technical lignin, lignin functionality, binding capacity, casting binders

Введение. Согласно современным представлениям [1] и справочным [2] данным лигнин (от лат. lignum — дерево, древесина), представляет из себя веще-

ство, пропитывающее/переплетающее стенки растительных волокон в процессе их образования, роста и функционирования. С точки зрения современной химии — это сложное полимерное соединение, содержащееся в клетках сосудистых растений и некоторых водорослях [3].

Условно растительную ткань можно сравнить с широко известным строительным материалом — железобетоном, где одревесневшие клеточные оболочки, состоящие из природного лигнина и обладающие повышенной прочностью соответствуют бетону, а микрофибриллы целлюлозы по своим свойствам соответствуют арматуре [4].

В анализе древесины лигнин рассматривают как ее негидролизуемую часть. Древесина лиственных пород содержит 18–24 % лигнина, хвойных — 23–50 %, солома злаков — 12–20 % [2, 5].

Объемы генерирования технического лигнина в мире составляют по разным оценкам от 70 до 120 млн тонн в год, при этом рационально используется примерно 10–15 % от указанных объемов, констатируется, что на сегодняшний день, не существует эффективных способов его переработки в полезную продукцию, проблема открыта и требует решения.

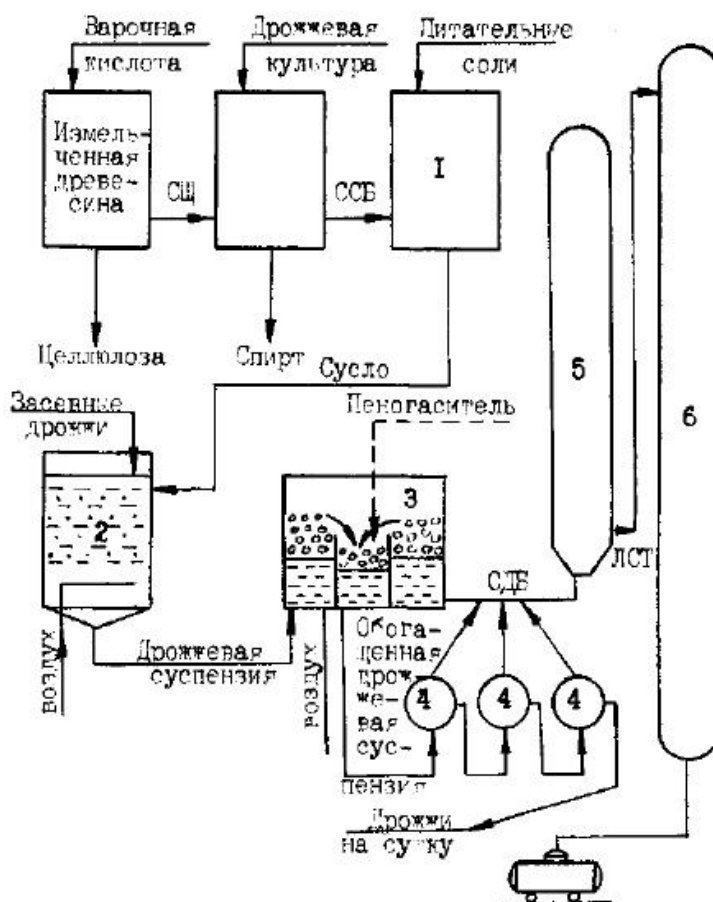
Цель работы состояла в рассмотрении функционального подхода к решению проблемы рационального использования лигнинных продуктов, образующихся в процессе крупнотоннажной переработки растительного сырья, в частности древесины.

Основная часть и результаты исследований. Россия является одной из крупнейших стран по потенциалу древесных ресурсов, на ее долю приходится 20–23 % от общемировых запасов леса, расположенных на площади в 815 млн гектаров. Для сравнения, на долю Бразилии приходится 12 %, на долю Канады 9 % мировых запасов леса.

Являясь страной с крупнейшим запасом древесного сырья, а значит имея наибольший возможный потенциал растительного сырья, необходимо иметь эффективные методологические подходы и технологические решения по проблеме рационального использования лигнина.

Следует подчеркнуть, что технология переработки древесины, сложная по своей сути (рисунок), но сводящаяся к отделению целлюлозы от лигнина, состоит в процессе делегнификации древесины. Продуктом ее работы является целлюлоза, которая затем, используется в различных производствах (например, изготовление бумаги), а крупнотоннажным отходом технический лигнин, который в виде сточных вод сливается в реки, либо складывается на полигонах в виде твердых гранул.

Различают природный и технический лигнин. Природный, находящийся непосредственно в растительной ткани, имеет структуру пространственную разветвленную структуру, формирующуюся в процессе роста и жизнедеятельности растительной ткани. Технический лигнин — это продукт разрушения, различными способами, в зависимости от применяемой технологии, природного лигнина, для образного восприятия, это как слиток алюминия и алюминиевая пудра.



Принципиальная схема технологического процесса переработки древесины по сульфитному способу варки:

1 — емкость для приготовления сусля; 2 — инокулятор; 3 — флотатор; 4 — установка сепарации дрожжей; 5 — выпарная установка СДБ; 6 — емкость для хранения ЛСТ

В практике проблемы рационального использования крупнотоннажных отходов переработки растительного сырья сталкиваются именно с техническим лигнином, когда из десруктурированных фрагментов природного лигнина необходимо создать/синтезировать материал, востребованный для тех или иных нужд.

По-видимому, та или иная возможность рационального использования технического лигнина будет обуславливаться его природной, изначальной функциональностью, т. е. теми изначальными свойствами, которые присутствовали в процессе жизнедеятельности растительной ткани, источника получения технического лигнина. Общие современные представления о функциональности природного лигнина [1–3] приведены в таблице.

Анализ функциональности природного лигнина показывает возможные направления его практического применения за счет селективного, целенаправленного воздействия на технический лигнин для получения заданного конечного продукта. Исходя из анализа матрицы функций лигнина (см. табл.) такими конечными продуктами могут быть разнообразные связующие материалы (функция связи), мембраны и покрытия, регулирующие проницаемость

тех или иных веществ (мембранные свойства); сорбенты для селективного улавливания из среды необходимых веществ; хранение зарядов (функция ионообменника); использоваться как защитное средство против опасных внешних агентов.

Функции лигнина в растительной ткани

№	Функция	Содержание
1	Связь элементов растительной ткани	Скрепление целлюлозных волокон, обеспечение общей прочности растительной ткани (древесины)
2	Мембранные свойства регулирования веществ	Снижает/регулирует проницаемость клеточных стенок для воды и питательных веществ, адсорбированных в структуре природного лигнинного комплекса и хранящихся в нем
3	Хранение веществ	В процессе фотосинтеза, в светлое время суток, непрерывно образуются различные питательные вещества, которые выводятся из реакционной зоны и накапливаются в лигнинной матрице, где хранятся до момента востребованности для строительства/роста растения
4	Ионообменник	Может извлекать катионы из воды в процессе питания растения, хранить/манипулировать заряженными частицами (ионами)
5	Резистентность к вредным агентам	Повышает устойчивость к болезням. Накапливаясь в месте проникновения патогенов, делает растительную клетку менее доступной для разрушения клеточной стенки

В качестве примера рассмотрим технологический аспект применения технического лигнина в качестве литейного связующего. Основным сдерживающим фактором рассматриваемого класса материалов является то, что технический лигнин, представленный на рынке лигносульфонатами техническими (ЛСТ), имеют низкую связующую способность и обладают не стабильными свойствами. В последнее время наметились пути решения этих проблем, прежде всего за счет модифицирования ЛСТ, т. е. введения в их состав специальных добавок, устраняющих в той или иной мере указанные недостатки.

Для преодоления указанных недостатков, прежде всего низкой связующей способности лигносульфонатных связующих, была предложена гипотеза о возможности введения в их состав специальных веществ комплексного действия: структурирующих, упорядочивающих связующую композицию в жидком состоянии и обеспечивающих формирование трехмерного сетчатого полимера в процессе структурообразования. При этом, для создания центров инициирования, интенсификации процессов структурообразования предложено проводить обработку связующей композиции на дезинтеграторе.

С материаловедческих позиций такой обработкой обеспечиваются процессы, приводящие к формированию структуры с трехмерной полимерной матрицей и поперечными сшивками, а именно такие полимерные конструкции соответствуют максимальным прочностным характеристикам. Комплекс проведенных экспериментов подтвердил данную гипотезу. Наиболее эффективными оказались модификаторы из класса неионогенных ПАВ (НПАВ). Экспериментально установлено, что применение некоторых видов неионогенных поверхностно-активных веществ в качестве модификаторов ЛСТ резко (на порядок с 0,05 до 0,5–0,7 МПа/%, по показателю удельной связующей способности) повышает их прочностные характеристики и стабилизирует свойства (см. рисунок).

Технологически процесс модифицирования состоит в добавлении в определенных пропорциях и при установленных режимах модификаторов (специальных химических добавок) в ЛСТ. Эффективность действия модификатора оценивали по степени повышения связующей способности ЛСТ, при этом контролировали изменение скорости отверждения и влияние модификатора на стабильность их свойств.

Оценку изменения указанных параметров производили по свойствам технологической пробы. Состав технологической пробы включает: сухой кварцевый песок 1К02Б или 1 К016А — 94 масс. ч., Верхнеднепровского карьера; лигносульфонат Сокольского ЦБК — 5,2–5,7 масс. ч., модификатор — 0,3–0,8 масс. ч.

Заключение. Таким образом, рассмотрен функциональный подход к решению проблемы рационального использования технического лигнина, крупнотоннажного отхода, образующегося в процессе переработки растительного сырья. Высказана гипотеза, что ключом к возможному решению проблемы может стать подход, учитывающий функциональность природного лигнина в растительной ткани. Приведен пример применения функционального подхода для использования технического лигнина в качестве литейного связующего

Список источников

- [1] Смирнова А.И., Антонова В.С. *Прикладная химия природных соединений*. Санкт-Петербург, ВШТЭ СПбГУПТД, 2020, 94 с.
- [2] *Химическая энциклопедия*. Т. 5. Москва, Большая российская энциклопедия, 1998, 783 с.
- [3] Martone P.T., Estevez J.M., Lu F. et al. Discovery of lignin in seaweed reveals convergent evolution of cell-wall architecture. *Current Biology*, 2009, no. 19, pp. 169–175.
- [4] Племенков В.В. *Введение в химию природных соединений*. Казань, б.и., 2001, 376 с.
- [5] Рыженков А.В. Химическая технология лигнина и перспективные материалы на его основе. *Интернет-журнал «Науковедение»*, 2015, т. 7, № 6. <https://doi.org/10.15862/137TVN615>
- [6] Родіонов О.В., Свинороев Ю.С. *Діагностика безпеки розвитку потенціалу підприємства*. Луганськ, Вид-во «Наулідж», 2012, 292 с.
- [7] Свинороев Ю.А., Бэр Р., Гутько Ю.И. О потенциале применения лигносульфонатов в качестве связующих для технологических процессов литья. *Литейное производство*, 2016, № 12, с. 23–26.