

УДК 674.049.2

UDC 674.049.2

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТ-
ХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ**

**TRENDS OF PRODUCTION OF COMPOSITE
MATERIALS FROM WASTE WOOD**

Сафонов Андрей Олегович
д.т.н, профессор, декан лесопромышленного фа-
культета
*Воронежская государственная лесотехническая
академия, Воронеж, Россия*

Safonov Andrey Olegovich
Dr.Sci.Tech., professor, dean of Forestry Industry
Faculty
*Voronezh State Academy of Forestry and
Technologies, Voronezh, Russia*

В статье дан обзор современного состояния утили-
зации отходов растительного происхождения.
Также представлены направления развития компо-
зиционных материалов из этого вида сырья

The article reviews the current state of plant waste
disposal. Also presents directions of development of
composite materials of this type of stuff

Ключевые слова: ДРЕВЕСИНА, КОМПОЗИЦИ-
ОННЫЙ, МАТЕРИАЛ, ОТХОДЫ, ПРОИЗВОД-
СТВО, УТИЛИЗАЦИЯ

Keywords: WOOD, COMPOSITE, MATERIAL,
WASTE PRODUCTION ENVIRONMENT

По статистической отчетности Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (Food and Agriculture Organization of the United Nations), половина площади мировых запасов леса принадлежит четырем странам мира: Россия (22%), Бразилия (16%), Канада (7%), США (6%) [9].

При этом по процентному соотношению лесов бореальной и умеренной зон Россия является абсолютным мировым лидером. Нашей стране в этом важном сегменте принадлежит почти половина мировых ресурсов. В отношении на одного жителя Российской Федерации приходится около 600 м³ леса, что значительно больше, чем в любой из стран мирового сообщества.

Ежегодно в Российской Федерации образуется большое количество отходов деревопереработки, требующей незамедлительной утилизации вследствие их быстрой потери важных с технологической точки зрения свойств.

Отходами деревообрабатывающей и лесной промышленности является часть сырья, которая не попадает в основную продукцию предприятий. Древесные отходы образуются в значительных количествах практиче-

ски на многих этапах технологической цепи переработки: лесозаготовка - лесопиление - деревообработка.

Утилизация отходов лесной промышленности, изучение и исследование процессов получения из них экологически чистых материалов является очень перспективным направлением как развития современной промышленности, так и улучшения экологического баланса, охраны окружающей среды.

Практически все деревоперерабатывающие процессы предусматривают удаление коры, так называемую окорку, с последующим измельчением ее на более мелкую фракцию. Отходами этих технологических процессов являются: кора, заболонные слои древесины, и, конечно, опилки, образующиеся при механической обработке. Однако, несмотря на большие объемы образующей в деревообработке коры ее использование в качестве добавок к различным видам продукции, биотопливу требует большой осторожности по разным причинам. Например, кора накапливаем в десятки раз больше радиоактивных элементов, чем сама древесина [1]. С этим фактом без сомнений необходимо считаться и проводить дополнительный радиационный контроль коры в производственных условиях.

Образующиеся отходы, как правило, складываются в непосредственно вблизи самих деревоперерабатывающих производств. Незначительное их количество используется в виде топлива. Это обычно отходы от столярных и мебельных производств, шлифовальная пыль, имеющие низкую влажность.

Остальная часть отходов остается невостребованной, хотя имеет множество направления переработки. Так, например, в России на многих крупных целлюлозно-бумажных комбинатах и деревообрабатывающих предприятиях имеется значительное количество коры и других древесных отходов (опилки, стружка, щепы, торф), образовавшихся в процессе производства продукции. Это осложняет экологическую обстановку на площад-

ках предприятий и близлежащих территорий. Тем более, что эти предприятия, как обычно находятся в черте городов, и запасы отходов постоянно пополняются.

В Российской Федерации большое количество целлюлозно-бумажных предприятий: Наманганская целлюлозно-бумажная фабрика, Новолялинский целлюлозно-бумажный завод, Марийский целлюлозно-бумажный комбинат, Братский целлюлозно-картонный комбинат, Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат, Котласский целлюлозно-бумажный комбинат, Пермский целлюлозно-бумажный комбинат, Сегежский целлюлозно - бумажный комбинат, Советский целлюлозно-бумажный завод, Соломбальский целлюлозно-бумажный комбинат, Сясьский целлюлозно-бумажный комбинат, Выборгская целлюлоза, Туринский целлюлозно-бумажный завод, Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат и др. Суммарный объем производимой ими продукции в виде целлюлозы и тароупаковочных видов бумаги оценивается в 440 тыс.тонн/год.

Также имеется большое количество различных деревообрабатывающих предприятий находящихся вдали от городов и широких транспортных инфраструктур, которые не имеют возможности эффективно перерабатывать образующиеся отходы (щепа, стружка, шлифовальная пыль, опилки, древесная кора) в связи с нецелесообразностью грузоперевозки из экономических соображений.

Рациональная утилизация древесных отходов даст возможность снизить вред окружающей среде, послужит источником экономии средств, получения дополнительной прибыли за счет реализации новых видов продукции.

В настоящее время не менее остро стоит вопрос утилизации и использования соломы злаковых и крупяных культур, масса накопления которой ежегодно составляет 80-100 млн. тонн.

Учитывая наметившуюся тенденцию роста продукции сельского хозяйства проблема утилизации отходов от этого сектора экономики страны будет занимать одно из главных мест в различных перспективных планах развития (Рисунок 1).

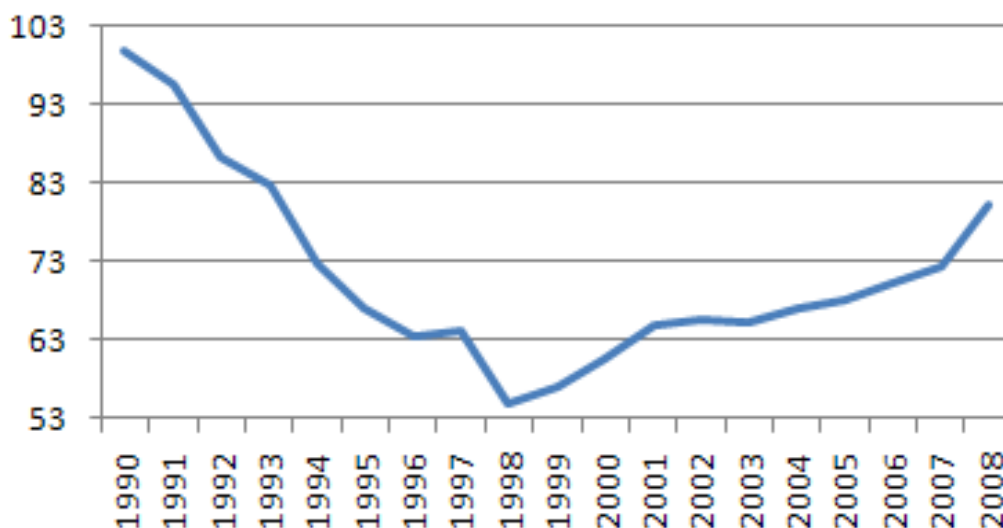


Рисунок 1. Динамика индекса объёма продукции сельского хозяйства в России в 1990—2008 годах, в процентах от уровня 1990 года

Одним из основных направлений утилизации мелких сыпучих сельскохозяйственных отходов типа рисовой шелухи, лузги подсолнечника, шелухи гречихи, овса, проса и так далее является их использование для получения тепловой и электрической энергии. Одной из основных технологий является сжигание. Сжигание сыпучих сельскохозяйственных отходов базируется на двух методах сжигания: прямое сжигание и сжигание в кипящем слое.

Прямое сжигание рисовой шелухи используется в электростанциях малой мощности от 1 до 5 МВт в таких странах как Тайланд, Бангладеш, Филиппины, Малайзия, Индонезия, Индия. Сжигание в котлах с кипящим слоем обеспечивает повышенную эффективность по сравнению с прямым сжиганием и используется в электростанциях мощностью 25-50 МВт (Калифорния, США). В обоих случаях расход рисовой шелухи составляет 1.5 -

2 кг/кВт-час, а к.п.д. достаточно невысокий. Дополнительный экономический эффект от сжигания рисовой шелухи можно получить за счет продажи золы с высоким содержанием кремнезема.

К сожалению, сжигание некоторых видов лузги представляет собой сложную задачу. Зола, которая образуется при сжигании лузги, плавится при низкой температуре и налипает на поверхности топки и труб котла. Кроме того, лузга сжигается с низкой эффективностью и высоким уровнем эмиссии несгоревших углеводородов.

Большие объемы перерабатываемой древесины влекут за собой очевидную проблему утилизации отходов от этого вида промышленности. Такие же проблемы испытывает и сельское хозяйство нашей страны.

Очевидных путей решения проблемы переработки древесины и сельскохозяйственных растений несколько:

- 1) Переработка в энергоносители различных составов, назначения и свойств (пеллеты, брикеты, спирты, эфиры и т.д.).
- 2) Производство товаров народного потребления (различного рода композиционные материалы, мебель, декоративные элементы для обустройства помещений различного назначения и т.д.).
- 3) Использование рассматриваемых отходов в производстве материалов строительного назначения с добавлением цементных связующих (арболит, фибролит, опилкобетон и т.д.).

Остановимся более детально на отходах растительного происхождения, как сырье для производства плитных материалов мебельного и строительного назначения.

Целлюлоза является самым богатым природным биополимером в мире, который возобновляется и поддается биохимическому разложению. Проведенные в последнее время исследования мирового уровня показали, что выделенные из целлюлозы нано и микроволокна имеют более высокие механические свойства, чем единичные волокна [5]. Такого рода волокна

ряд ученых предлагает использовать для укрепления некоторых полимеров [4, 6].

Для получения волокон целлюлозы и агрегатов волокон используются два основных способа: химический - с помощью сильного кислотного гидролиза, а также механический. Способ механической обработки разделяется на ультразвуковую обработку высокой интенсивности [7], гомогенизирующую обработку под высоким давлением [8, 10], обработку дроблением под высоким давлением [12] а также обработку микрофлюидизатором [13]. Продукт, полученный химическим способом, называется целлюлозные усы или нанокристаллы целлюлозы. Продукт, полученный химическим методом, называется микрофибриллы целлюлозы или микрофибриллы.

Исследования нанокомпозитов, полученных из целлюлозы, в последние годы развиваются очень интенсивно. Это обусловлено экологической чистотой технологий и возможностью увеличения прочности материалов. Французские исследователи использовали некоторые натуральные целлюлозные волокна, обработанные ультразвуком высокой мощности при производстве поливинилацетата при комнатной температуре и обнаружили, что при добавлении целлюлозных волокон модуль упругости при растяжении и прочность поливинилацетата увеличены. Однако, дисперсия целлюлозы не была абсолютно равномерной в матрице сечения и были некоторые пробелы между полимерной матрицей и фибриллами [11].

Предварительные исследования группы китайских ученых дали возможность выделить микро/нано фибриллы целлюлозы из древесины тополя и рисовой соломы с помощью фермента и ультразвука высокой интенсивности соответственно. Нанокомпозиты были получены путем соединения микро/нано волокон и полипропилена. Результаты показали, что лучшая совместимость микро/нано волокон и полипропилена достигается путем добавления связующего вещества в композиты [14]. Однако, получен-

ные в настоящее время мировые результаты по выделению микро и нановолокон из сырья растительного происхождения не дают возможность их использования для получения продукции, так как отсутствуют фундаментальные знания по взаимосвязям методов модификации отходов природной целлюлозы и технологий получения новых материалов, обладающих улучшенными свойствами. Решение этой проблемы предполагается в перспективе путем проведения международных научно-практических исследований.

Проведенные в мире исследования и созданные автоматизированные технологии производства плитных материалов характеризуются, как правило, однокритериальностью. В этом случае берется за основной один технико-экономический показатель, например, качество. Остальные же показатели не учитываются. Это объясняется не столько сложностью многокритериальных систем управления, сколько отсутствием достоверной информации о свойствах сырья и характере одновременного изменения других важных показателей во время проведения процесса обработки. Также современные методы проведения процессов производства плитных материалов из сырья растительного происхождения и других видов продукции отличаются локальностью автоматизированных систем на конкретном оборудовании технологического цикла [2].

Одним из основных недостатков применяемых систем управления является ограниченное изменение режимных параметров в реальном масштабе времени, носящее дискретный характер [3]. Такое обстоятельство может послужить причиной возникновения аварийных ситуаций, например возгорание обрабатываемого материала. Аварийные ситуации подобного рода, к сожалению, не являются редкостью в технологиях сушки, прессования волокнистых материалов растительного происхождения (фанера, MDF (medium density fiberboard), древесностружечные плиты).

Отсутствие автоматизированных комплексов объясняется недостаточностью в настоящее время фундаментальных знаний о специфических особенностях сырья, закономерностях его обработки, оптимальных характеристиках. В ряде случаев полученные результаты предполагают узкий аспект применения того или иного автоматического управления.

Современный уровень развития промышленности, оборудования, требует прецизионной точности регулирования и установки требуемых параметров в автоматическом режиме основного задействованного парка станков и устройств во время объективного изменения внешних воздействий. Только такое объективное управление делает возможным снижение энергоемкости и безопасности процессов, максимальной производительности, получение продукции высокого качества. В настоящее время ведется успешная российско-китайская научно-практическая работа по созданию современных систем управления промышленным оборудованием высокой точности.

В настоящее время автором ведется активная научная работа совместно с коллегами из Китайской народной республики, имеющими большой опыт в производстве плитных материалов из отходов древесины и сельского хозяйства. Участие китайских ученых в научно-технических проектах «Развитие нано-механических протоколов испытаний для характеристики лигноцеллюлозных/полимерных систем», «Нано-механические свойства клеточной стенки десяти видов лиственных пород» (с финансированием по линии Министерства сельского хозяйства США), «Национальная научно-технологическая программы в рамках одиннадцатой пятилетки), «Подготовка рисовой соломы для получения микро/нано фибриллы и потенциал её использования» дало положительные результаты, касающиеся изучения древесины различных пород и волокон, а также биоресурсных технологий. Был получен патент.

На основании действующего договора между лесопромышленным факультетом ФГБОУ ВПО «ВГЛТА» и Центром исследований быстрорастущих деревьев и инженерии волокнистых материалов Нанкинского лесного университета проводятся совместные научные исследования на протяжении 6 лет.

Эти исследования направлены на установление возможностей утилизации отходов растительного происхождения с получением модифицированных плитных материалов мебельного и строительного назначения с высокими эксплуатационными характеристиками, а также биотоплива.

Однако, в настоящее время нет фундаментальных знаний по теории автоматизации таких процессов вследствие отсутствия зависимостей изменения свойств сырья при его переработке, режимных характеристик оборудования, а также оптимальных характеристик связующих.

Поэтому традиционно применяемые системы управления отдельным оборудованием или целыми производственными процессами, например, древесностружечных плит не являются приемлемыми. Это объясняется как спецификой сырья, так и существующими уровнем и несовершенством традиционно применяемых систем управления. При этом также планируется получить фундаментальные знания по теории связей между растительными волокнами, различного происхождения для обеспечения заданных физико-механических свойств производимой продукции.

Список использованной литературы

1. Марадудин И.И., Панфилов А.В., Шубин В.А. Основы прикладной радиэкологии леса. - М., 2001. - 224 с.
2. Сафонов А.О., С.В. Сергеев Разработка энергосберегающей системы управления сушкой шпона в газовых роликовых сушилках. // Деревообрабатывающая промышленность. – 2007. – № 2. – С. 3 - 5.
3. Fumalu S. Robotics and Automation in the production of particle boards // Science&Manufacturing. – 2009.- № 5. – P. 1011 - 1025.
4. Chakraborty, A., Sain, M., Kortschot, M. Cellulose Reinforcing potential of wood pulp-derived microfibrils in a PVA matrix. // Holzforschung. – 2006. - № 60(1). - P 53-68.

5. Cheng, Q., Wang, S., Rials, T. Poly(vinyl alcohol) nanocomposites reinforced with cellulose fibrils isolated by high intensity ultrasonication. // *Composites*– 2009.- № A 40. – P. 218 - 244.
6. Cheng, Q., Wang, S., Rials, T., Lee, S. Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropylene composite materials reinforced with fibril aggregates isolated from regenerated cellulose fibers. // *Cellulose*– 2007.- № 14. – P. 593 - 602.
7. Cheng, Q., Wang, S., Zhou, D., Zhang, Y., Rials, T. Lyocell-derived cellulose fibril and its biodegradable nanocomposite. // *Journal Nanjing Forestry University* – 2007.- № 31 (4). – P. 21 - 26.
8. Dufresne, A., Cavaille, J.Y., Vignon, M.R. Mechanical behavior of sheets prepared from sugar beet cellulose microfibrils. // *Appl Polym Sci.* – 1997.- № 64 (4). – P. 633 - 639.
9. Juka Tissari. Highlights on paper and paperboard: 1999- 2009 // Juka Tissari. - FAOSTAT, 2011. C. 1-10.
10. Nakagaito, A.N., Yano, H. Novel high-strength biocomposites based on microfibrillated cellulose having nano-order-unit web-like network structure. // *Appl. Phys.* – 2005.- № A 80. – P. 155 - 159.
11. Samir, M., Alloin, F., Sanchez, J.Y., Dufresne, A. (2004) Cross-linked nanocomposite polymer electrolytes reinforced with cellulose whiskers. // *Macromolecules.* – 2004.- № 37 (13). – P. 4839-4844.
12. Taniguchi, T. (1996) Microfibrillation of natural fibrous materials. // *J Soc Mat Sci Japan.* – 1996.- № 45 (14). – P. 472-473.
13. Zimmermann, T., Pohler, E., Geiger, T. (2004) Cellulose fibrils for polymer reinforcement. // *Advanced Engineering Materials.* . – 2004.- № 6 (9). – P. 754 - 761.
14. Yan, W., Wang, S., Zhou, D.G., Xing, C., Zhang, Y., Pharr, G.M. (2009) Use of nanoindentation and SilviScan to determine the mechanical properties of ten hardwood species. // *Wood and fiber science.* – 2009.- № 44 (1). – P. 64-73.