

УДК 674.18

Д.В. Куземкин, мл. науч. сотрудник; Е.В. Дубоделова, аспирант;  
И.А. Хмызов, доцент; Т.В. Соловьева, профессор

### ВЛИЯНИЕ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ НА СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА ВЫСОКОГО ВЫХОДА НА ОСНОВЕ ДЕФИБРАТОРНОЙ МАССЫ

*Сообщение 1.* Влияние древесины осины на свойства волокнистого полуфабриката высокого выхода на основе дефибраторной массы

In a paper the problem of influencing of timber of an aspen on properties of a filamentary semiproduct item, obtained from it of high yield fibrous semiproduct (HYFS), used in production of impregnated-paper production is studied. The fractional and microscopic analysis by initial and modified carbamide of aspen filaments is lead. Influencing chemical modification HYFS from timber of an aspen treated by carbamide, on strength of property of a paper is learnt. The expediency of usage modified HYFS from timber of an aspen in production of impregnated-paper production is rotined.

Производство волокнистых полуфабрикатов высокого выхода (ВПВВ) находит все более широкое применение в мировой практике при выработке различных видов бумаги и картона взамен дефицитных и дорогостоящих целлюлозы и древесной массы. Это в значительной мере способствует решению таких проблем, как обеспечение предприятий древесным сырьем, удовлетворение ужесточающихся требований к охране окружающей среды, снижение капиталоемкости производства.

В настоящее время в Беларуси производство ВПВВ отсутствует и потребность в наиболее распространенных их видах – белой и бурой древесной массе – удовлетворяется за счет импортных поставок и частичной замены ее макулатурой, которая в современных условиях становится все более дорогостоящей.

В то же время в стране стабильно функционируют заводы, вырабатывающие древесноволокнистые плиты (ДВП), основным компонентом которых является древесноволокнистая масса. Ее традиционно получают путем двухступенчатого горячего размола предварительно пропаренной щепы. При размолу щепы в дефибраторе (первая ступень размола) расщепление древесной ткани идет преимущественно по срединной пластинке благодаря расщеплению углевод-лигнинного комплекса, частичному гидролизу гемицеллюлоз и размягчению лигнина как аморфного высокомолекулярного компонента. В результате древесные волокна отделяются цельными, малоповрежденными. На второй ступени дефибраторная масса подвергается размолу на быстроходном рафинаторе, где происходит главным образом укорачивание волокон.

Древесноволокнистая масса из таких волокон имеет низкую прочность на разрыв, так как процесс размола почти не сопровождается фибриллизацией и сопутствующим ему вскрытием функциональных гидроксильных групп, обеспечивающих образование между волокнами физико-химических связей при отливе бумаги. В то же время волокна дефибраторной массы в сравнении с белой древесной массой имеют ряд достоинств – повышенную гибкость и пластичность [1], довольно большую длину – 830 ... 2121 мк, малый диаметр – 21 ... 44 мк, большую удельную поверхность – 755 ... 1586 см<sup>2</sup>/г.

В ряду ВПВВ – рафинерная древесная масса (РДМ), термомеханическая масса (ТММ), химико-термомеханическая масса (ХТММ), производимых путем рафинирова-

ния щепы, наблюдается увеличение количества длинных волокон за счет сокращения доли средних и мелких [2], что повышает их физико-механические показатели.

Волокна дефибраторной массы имеют аналогичную тенденцию фракционного распределения: доля длиноволокнистой фракции 75–80%, средней фракции 10–12% и мелкой фракции 10–13% [4]. Это дает основание рассматривать волокна дефибраторной массы с позиции вышеуказанных ВПВВ.

В настоящее время в качестве сырья для производства ДВП используется как хвойная, так и лиственная древесина, причем содержание последней в композиции достигает 80%. Наибольшее применение нашли береза и осина, широко районированные на территории РБ. Это предопределило целесообразность испытания данных пород в качестве сырья для получения ВПВВ из дефибраторной массы.

Наибольший практический интерес вызывает древесина осины как наиболее дешевая из всех пород и ограниченно применяемая в деревообрабатывающей промышленности.

Известно, что прочностные свойства бумаги, содержащей в своем составе ВПВВ, во многом зависят от морфологических характеристик волокон, а следовательно, от анатомического строения древесины, из которой они получены.

При рассмотрении анатомического строения древесины осины следует отметить, что клетки либриформа, ответственные за прочностные свойства волокна, занимают основную часть годичного слоя; их длина составляет 200–2300 мкм [3]. Волокнистые трахеиды, выполняющие механическую функцию, имеют длину 3500–4500 мкм. На их стенках толщиной 2–4 мкм расположены шестиугольные поры. В качестве водопроводящей ткани выступают сосуды и сосудистые трахеиды, длина которых достигает 20000 мкм, а диаметр находится в пределах 14–180 мкм. По годичному слою сосуды располагаются 1–2 радиальными группами. Отличительной особенностью сосудов осины является отсутствие торцовых стенок, что может выступать в качестве их диагностического признака. Паренхимные клетки образуют гомогенные сердцевинные лучи, все клетки которых одного размера и радиально вытянуты в один ряд.

Древесина осины довольно широко используется в производстве ТММ и ХТММ, так как, обладая сравнительно невысокой плотностью – 370 кг/м<sup>3</sup>, она требует меньшего из всех пород удельного расхода энергии при разделении ее на достаточно прочные волокна при размоле [2].

Одним из недостатков ВПВВ на основе дефибраторной массы являются низкие бумагообразующие свойства, а значит, и прочностные показатели, т. к. процесс размола почти не сопровождается фибриллизацией.

Проведенные исследования, в том числе на кафедре химической переработки древесины БГТУ, показали, что дефибраторная масса от производства ДВП по мокрому способу, дополнительно обработанная химикатами между ступенями размола, обладает повышенной реакционной способностью [4–7]. В то же время степень повышения прочности получаемых из дополнительно размолотой массы опытных образцов бумаги невелика. Значительно большего эффекта удастся достичь воздействием химических реагентов на стадии пропаривания щепы при получении ВПВВ. Это подтверждается данными лабораторного моделирования процессов пропаривания и размола исходной щепы, а также обработки ее карбамидом [8].

Для практического использования в качестве химического реагента при получении ВПВВ был выбран карбамид, т. к. он обладает низким показателем токсичности, относительно невысокой стоимостью и является высокореакционноспособным органи-

ческим соединением – функциональным производным угольной кислоты, у которой два гидроксила замещены аминогруппами [9].

При проведении исследований пропаривание осиновой щепы осуществлялось в автоклавах, находящихся в масляной бане при температуре 190 °С в течение 10 мин. Размол пропаренной щепы проводили на мельнице ЦРА в течение 20 мин. На листоотливном аппарате ЛОА-1 были изготовлены и испытаны отливки бумаги из ВПВВ с массой квадратного метра 100 г.

В результате проведенного эксперимента были определены основные физико-технические характеристики исходных древесных волокон, а также волокон, обработанных на стадии пропаривания водным раствором карбамида с расходом 3%.

Определение фракционного состава ВПВВ из древесины осины проводили на лабораторном фракционаторе ФДМ. Для отделения грубой фракции волокон использовали сетку № 9. Волокна, прошедшие через отверстия сетки № 9 и оставшиеся на сетке № 20, составили среднюю фракцию, волокна, задержанные сеткой № 40, – мелкую и прошедшие через нее – мелочь.

На рис. 1 показан фракционный состав ВПВВ, полученного из древесины осины.

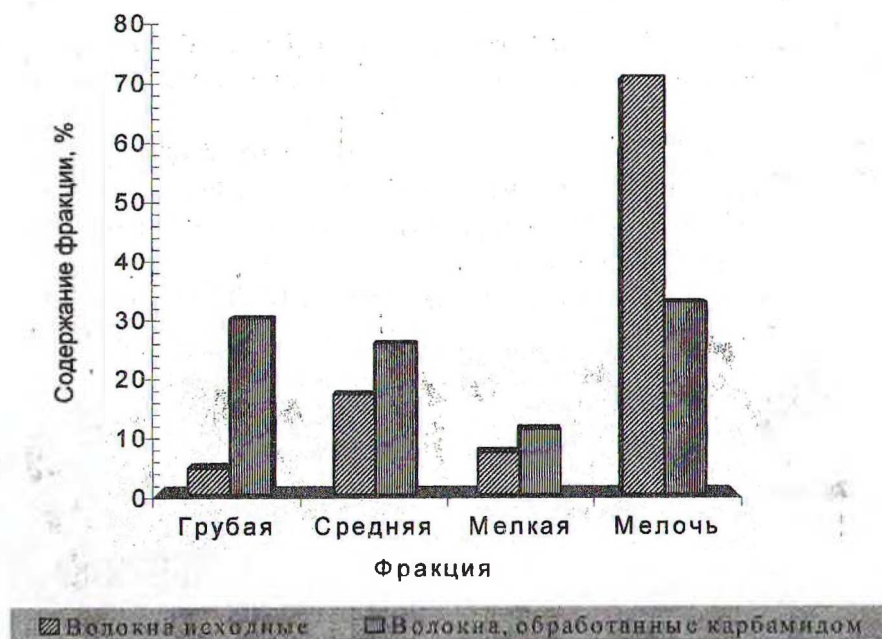


Рис. 1. Распределение фракционного состава ВПВВ из древесины осины

На рис. 1 показано, что в составе исходных древесных волокон преобладают мелочь и средняя фракция при незначительном содержании грубой и мелкой фракций. Обработанное карбамидом волокно имеет по сравнению с исходным волокном большее содержание грубой и средней фракций и меньшее – мелочи, содержание мелкой фракции примерно одинаково.

В таблице показаны физико-технические характеристики анализируемых волокон.

Физико-технические характеристики ВПВВ из древесины осины

Наименование показателя	Наименование образца	
	Исходные волокна	Волокна, обработанные карбамидом
1. Средняя длина, мк	0,718	1,509
2. Средний внешний диаметр, мк	0,027	0,034
3. Средний внутренний диаметр, мк	0,015	0,016
4. Отношение средней длины к среднему внешнему диаметру	27	44
5. Отношение средней длины к среднему внутреннему диаметру	47	94
6. Число волокон в 1 г навески, шт.	$6,32 \cdot 10^6$	$2,68 \cdot 10^6$
7. Удельная поверхность волокон в 1 г фракции, см <sup>2</sup> /г	2054,1	2187,0
8. Условная гибкость волокна	77	193

В табл. 1 показано, что содержание грубой и средней фракций у обработанных карбамидом волокон больше по сравнению с исходным и мелкой фракции, соответственно, меньше.

Обработка карбамидом приводит к увеличению показателей удельной поверхности волокон, отношения средней длины волокон к их среднему диаметру и условной гибкости. Это может явиться следствием повышенной фибрилляции волокон, что подтверждается оптической микроскопией.

Фотографии, снимаемые при увеличении  $3500^x$  и  $1000^x$ , представлены на рис. 2, 3.

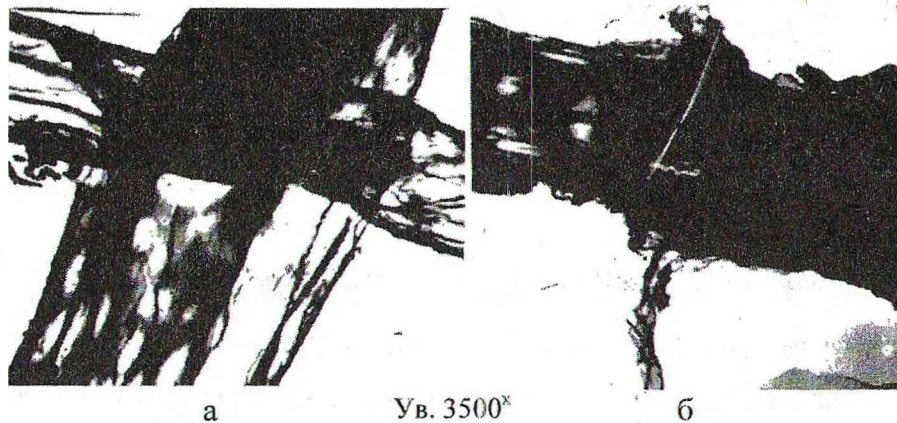


Рис. 2. Микрофотографии древесных волокон: а – волокна древесины осины исходные; б – волокна древесины осины, обработанные карбамидом

Как показано на рис. 2, в волокнах ВПВВ, полученных как в присутствии карбамида, так и без него, образуются сильно деструктурированные продольные зоны. Причем для модифицированных волокон характерны более значительные повреждения клеточной стенки, что способствует большему образованию внутренней фибрилляции, возникающей при размоле в водной среде.

Фибриллирование можно рассматривать как естественное следствие продолжающегося процесса набухания. Отсюда можно заключить, что для интенсификации фибриллирования необходимо повысить степень набухания волокон. Это и достигалось в результате их обработки водным раствором карбамида, обладающего слабощелочной реакцией (рис. 3).

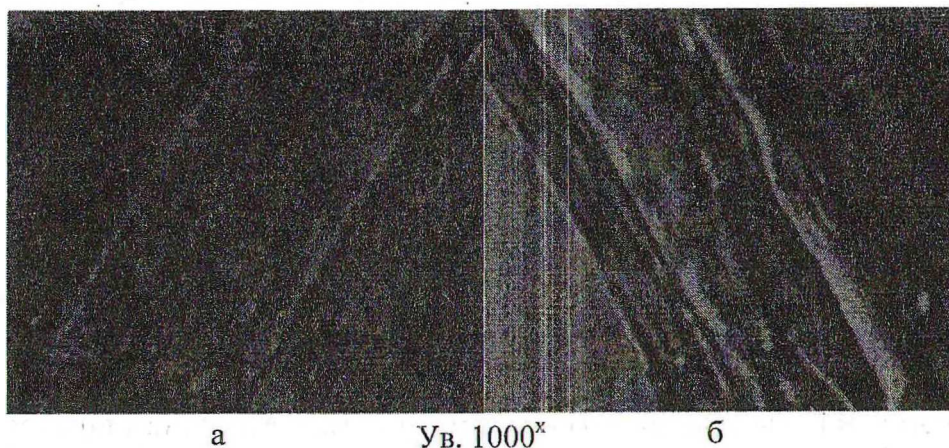


Рис. 3. Микрофотографии древесных волокон: а – волокна древесины осины исходные; б – волокна древесины осины, обработанные карбамидом

Как показано на рис. 3, клеточная стенка у волокна, обработанного карбамидом, почти в два раза толще, чем у необработанного.

Выявленные изменения в надмолекулярной структуре древесных волокон должны положительно сказаться на прочности образцов бумаги, содержащих ВПВВ из древесины осины. Это нашло подтверждение при испытании опытных образцов бумаги, содержащих в своей композиции макулатуру марки МС-7 и волокна осинового ВПВВ, полученного при обработке щепы карбамидом с расходом 3%.

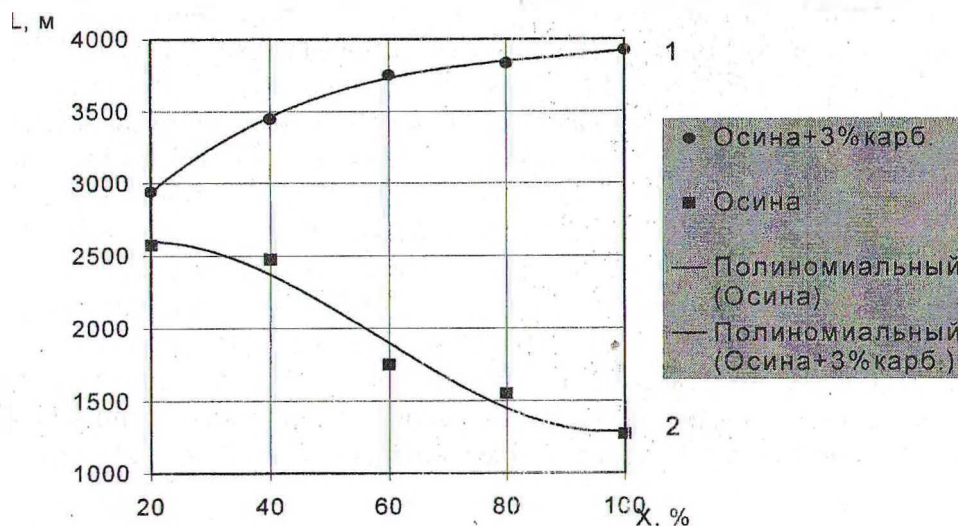


Рис. 4. Зависимость разрывной длины (L, м) образцов бумаги от содержания (X, %) ВПВВ из осиновой древесины; 1 – модифицированный карбамидом ВПВВ; 2 – немодифицированный ВПВВ

На рис. 4 показано, что с увеличением в композиции отливок доли модифицированного ВПВВ показатель разрывной длины возрастает, для образцов бумаги, содержащих немодифицированный ВПВВ, наблюдается обратная картина – прочность снижается.

Отливки, изготовленные без добавок макулатуры, т. е. полностью из ВПВВ, показали увеличение прочности в 3 раза для волокон, обрабатываемых карбамидом, в сравнении с волокнами без обработки.

Проведенный эксперимент позволяет заключить, что из древесины осины после ее модификации карбамидом на стадии гидротермической обработки в условиях производства ДВП можно получать ВПВВ, сравнимый по прочностным свойствам с ХТММ. Это делает его пригодным для использования в производстве бумажной продукции.

Стоимость ВПВВ, получаемого из осиновой древесины даже при ее модифицировании карбамидом, ниже стоимости макулатуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ребрин С.П., Мерсов Е.Д., Евдокимов В.Г. Технология древесноволокнистых плит. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 272 с.
2. Шамко В.Е. Полуфабрикаты высокого выхода. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 320 с.
3. Атлас ультраструктуры древесных полуфабрикатов, применяемых для производства бумаги / Под ред. Н. П. Зотовой-Спановской. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.
4. Соловьева Т.В., Кац Л.П., Шкирандо Т.П. Химическая активация древесины раствором карбамида при производстве плит типа МДФ // Лес – экология и ресурсы: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Мн., 1998. – С. 276–279.
5. Соловьева Т.В., Кац Л.П., Шкирандо Т.П. Модифицирование дефибраторной массы карбамидом // Труды БГТУ. Серия III. Химия и химическая технология. – Мн.: БГТУ, 1998. – Вып. VI. – С. 98–103.
6. Соловьева Т.В., Кац Л.И., Шкирандо Т.П. Влияние химических добавок при размоле щепы на свойства плит типа МДФ // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Минск, 27–28 ноября 1997. – Мн.: БГТУ, 1997. – С. 230–232.
7. Сухая Т.В. Совершенствование технологии производства древесных плит на основе активации химических процессов // Комплексное и рациональное использование древесных ресурсов: Тез. докл. Всесоюзн. научн. конф. – Мн., 1985. – С. 263–264.
8. Куземкин Д.В., Соловьева Т.В., Проявко А.П. Повышение прочностных свойств волокнистого полуфабриката высокого выхода на основе дефибраторной массы для использования в производстве картона // Труды БГТУ. Серия химии и технологии органических веществ. – Мн.: БГТУ, 2001. – Вып. IX. – С. 24–28.
9. Щербина А.Э., Матусевич Л.Г., Сенько И.В., Звонок А.М. Органическая химия. Реакционная способность основных классов органических соединений: Учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей. – Мн.: БГТУ, 2000. – 624 с.