

## Бумага из стеблей кукурузы

В.А. Барбаш, к.х.н., И.В. Трембус, к.т.н., Нагорная Ю.М., Шевченко В.М., к.х.н., НТУУ «КПИ», г. Киев

Среди многообразия видов картонно-бумажной продукции особое место занимают бумажные пакеты, картонные коробки и ящики из гофрокартона, которые широко используются в мировой практике для упаковывания и транспортирования пищевых, химических и фармацевтических товаров, продукции сельскохозяйственных предприятий и производителей бытовой техники. При этом около половины объема мирового производства бумаги и картона приходится на изготовление гофрированных материалов (35 %) и картона для упаковки (13 %) [1].

Потребление бумаги и картона на одного человека является одним из показателей уровня жизни населения каждой страны. По этому показателю Украина занимает одно из последних мест в Европе с уровнем потребления 31,7 кг бумаги и картона на душу населения (для сравнения: в России — 53,8 кг, в Европе — 135 кг, в США — 347 кг, средний показатель в мире — 54 кг) [2, 3].

Одной из основных причин низких объемов отечественного производства бумаги и картона является отсутствие собственной сырьевой базы, то есть острая нехватка для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) первичных волокнистых полуфабрикатов (ВПФ) (целлюлозы, химико-термомеханической и древесной массы). Отсутствие в Украине собственного производства первичных ВПФ поставило картонно-бумажные предприятия в полную зависимость от импортеров сырьевых ресурсов и побудило их ориентироваться на выпуск таких видов бумаги и картона, которые вырабатываются преимущественно из вторичного сырья — макулатуры. Доля макулатуры от общей потребности в ВПФ при производстве картонно-бумажной продукции составляет около 90 %. Такой перекос в сырьевой базе привел к тому, что около 70,8 % установленной мощности украинских картонно-бумажных предприятий ориентировано на выпуск из макулатуры бумаги и картона для изготовления тары из гофрирован-

ного материала и 16,7 % — бумаги для изделий санитарно-гигиенического назначения. Необходимо также отметить, что спрос на тару из гофрированного материала в Украине вырос за последние десять лет в 5 раз — с 153 млн м<sup>2</sup> в 2000 г. до 842 млн м<sup>2</sup> в 2011 г., чему способствовало развитие отраслей, использующих картонные ящики для упаковывания своей продукции, и увеличение потребительских свойств конечного товара [4].

Мировая тенденция увеличения на 2,2 % в год объема производства картонно-бумажной продукции и возрастания требований к потребительским свойствам бумаги и картона ставят перед отечественными предприятиями ЦБП актуальную задачу поиска первичных ВПФ с более высокими, чем у макулатуры, показателями качества.

Основным сырьем для получения ВПФ в мировой ЦБП является древесина хвойных и лиственных пород. Для стран, которые не обладают большими запасами свободной древесины, альтернативными источниками растительного сырья могут быть однолетние растения и отходы сельскохозяйственного производства. Сегодня в Украине работает 39 картонно-бумажных предприятий, на которых установлено 70 бумаго- и картоноделательных машин суммарной мощностью более 1,2 млн т бумаги и картона в год, но практически отсутствует производство указанных выше ВПФ. Для справки: действующие в советские годы 24 предприятия ЦБП Украины перерабатывали около 300 тыс. т целлюлозы в год, в том числе 100 тыс. т целлюлозы собственного производства [2].

С целью сокращения дефицита ВПФ, а также устранения зависимости отечественных картонно-бумажных предприятий от импортеров ВПФ предпринимаются попытки создания в Украине ряда новых мощностей по производству целлюлозы и химико-механической массы, в том числе из недровесного растительного сырья (стеблей злаковых и технических культур, дикорастущих расте-



ний). Для этого ассоциация украинских предприятий ЦБП «УкрПапір» совместно с консалтинговой компанией Роугу (Финляндия) разработала «Программу стратегического развития целлюлозно-бумажной промышленности Украины на период до 2020 года», которой предусмотрено строительство целлюлозных заводов с использованием древесины (сосны) и недровесного растительного сырья. В 2011 г. Ассоциация «УкрПапір» подписала меморандум с Киевской областной государственной администрацией о взаимном сотрудничестве по созданию целлюлозного завода на основе использования соломы однолетних растений на территории Киевской области (Тетиевский район) [2]. В настоящее время в мире производится около 16,0 млн т ВПФ из недровесного растительного сырья, при этом объемы их производства ежегодно возрастают [3]. Основными производителями таких ВПФ являются Китай и Индия. Украина, как страна с развитым сельским хозяйством, выращивает большое количество зерновых и технических культур. В результате их переработки каждый год образуются волокнистые отходы, которые можно использовать в качестве сырья для ЦБП. По статистическим данным, только пшеницы производится более 20 млн т в год, при получении которой образуется до 22 млн т пшеничной соломы. Использование для потребностей ЦБП только 20 % от этого объема даст возможность

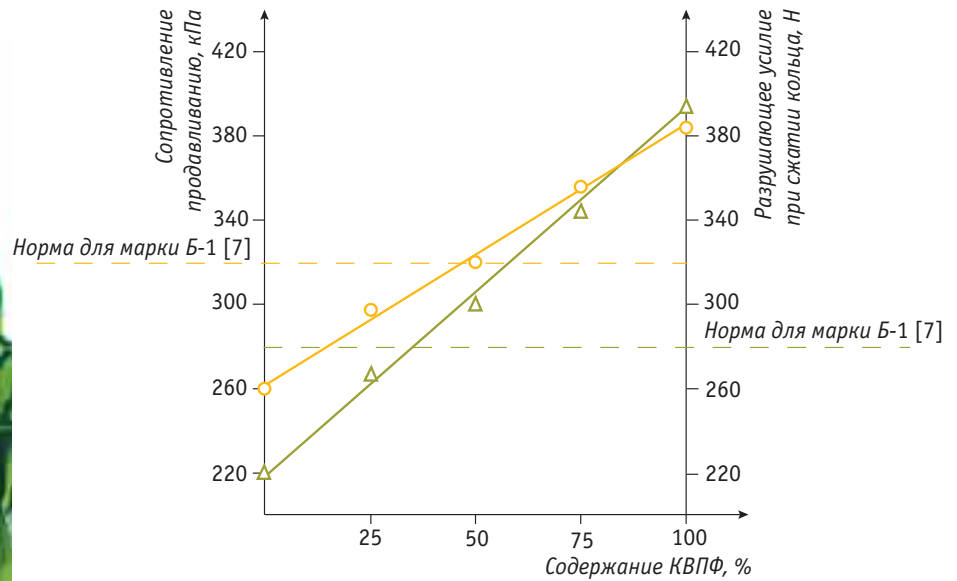
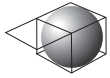


Рис. 1. Зависимость сопротивления продавливанию (—) и разрушающего усилия при сжатии кольца (—) бумаги для гофрирования от содержания КВПФ в композиции с макулатурой марки МС-5Б

изготовить 2–3 млн т ВПФ различного качества. Такое количество ВПФ в производстве картонно-бумажной продукции позволит увеличить потребление бумаги и картона до 100 кг на душу населения Украины и приблизиться по этому показателю к европейскому уровню (135 кг/чел).

На территории Украины только под посеvy технических культур ежегодно занято более 7 млн га сельскохозяйственных площадей, из которых 1,9 млн га используются под возделывание кукурузы. Стебли кукурузы после сбора початков на семена идут на корм для крупного рогатого скота, подстилку или сжигаются [5].

В данной работе исследовалась возможность расширения сырьевой базы для производства бумаги с использованием ВПФ из стеблей кукурузы культурной (*Zea mays L.*), урожайность зеленой массы которой составляет 61,0 ц/га [5]. По химическому составу и своим свойствам стебли кукурузы (содержание целлюлозы — 41,6 %; лигнина — 17,9 %; смол, жиров и восков — 3,5 %; пентозанов — 25,6 %; зольность — 4,7 % от массы абсолютно сухого сырья) близки к листовым породам древесины и поэтому могут рассматриваться в качестве альтернативного сырья для предприятий ЦБП.

Для получения ВПФ из стеблей кукурузы использовали один из наиболее перспективных органосольвентных способов делигнификации растительного сырья — щелочно-сульфитно-

спиртовой метод варки целлюлозы. Суть метода заключается в термической обработке стеблей кукурузы водно-этанольным раствором сульфита и гидроксида натрия с добавлением антрахинона в качестве катализатора. В результате проведения серии лабораторных варок был определен оптимальный режим получения органосольвентных ВПФ из стеблей кукурузы (КВПФ), пригодных для производства различных видов бумаги. Полученный при температуре варки 170 °С и продолжительности 60 мин ВПФ имел следующие показатели качества: выход 63,9 %; содержание остаточного лигнина 2,5 %; разрывная длина 7460 м; сопротивление раздиранию 496,1 кПа; сопротивление продавливанию 360,9 кПа; прочность на излом при многократных перегибах 735 ч.д.п.; белизна 53 %.

Одним из видов крупнотоннажной продукции отечественных предприятий отрасли является бумага для гофрирования (флютинг), которая используется для последующего изготовления гофрированного картона и ящиков из нее. Для изучения влияния полученного ВПФ на физико-механические показатели бумаги для гофрирования были изготовлены лабораторные образцы массой 1 м<sup>2</sup> 125 г в композиции с макулатурой марки МС-5Б [6]. Степень помола КВПФ и макулатуры составляла (35 ± 2)° Шоппер-Риглера. При изготовлении лабораторных образцов бумаги для гофрирования использовалась внутримассное проклеивание с расходом канифоляного клея 15 кг/т. Основные физико-механические свойства полученных лабораторных образцов бумаги представлены на рис. 1 и 2.

Физические свойства бумаги для печати из композиции КВПФ с СХБЦ							
Свойства	Способ хелатирования	Содержание КВПФ, %					Требования к марке № 1, первый сорт
		0	25	50	75	100	
Масса 1 м <sup>2</sup> , г	Трилон Б	80,0	80,0	78,0	80,0	79,0	80,0 ± 2,5
	Борная кислота			79,5	78,0	80,0	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Трилон Б	0,77	0,76	0,76	0,77	0,76	0,75–0,85
	Борная кислота			0,77	0,76	0,76	
Степень проклеивания, мм	Трилон Б	1,25	1,20	1,20	1,20	1,20	1,2–1,8
	Борная кислота			1,25	1,20	1,20	
Влажность, %	Трилон Б	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 1,0
	Борная кислота			6,0	6,0	6,0	

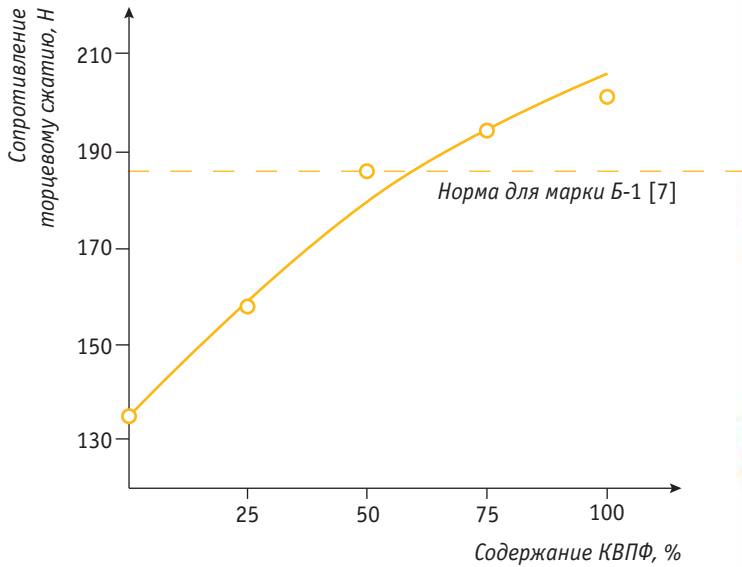


Рис. 2. Зависимость сопротивления торцевому сжатию гофрированной бумаги от содержания КВПФ в композиции с макулатурой марки МС-5Б

Как видно из данных рис. 1 и 2, с увеличением в композиции бумаги для гофрирования содержания КВПФ увеличиваются все прочностные характеристики бумаги, а начиная с 50 % ВПФ все они или равны, или превышают требования к бумаге марки Б-1. Поверхностная впитываемость воды образцов бумаги была в интервале 32–34 г/м<sup>2</sup> по Кобб<sub>30</sub> при норме 30–70 г/м<sup>2</sup>, а влажность всех испытанных образцов находилась в пределах требований к бумаге марки Б-1 [7]. В качестве оптимального состава для производства бумаги для гофрирования можно рекомендовать композицию из 50 % полученного ВПФ и 50 % макулатуры.

Картонно-бумажная продукция украинских предприятий заполняет только 30,8 % отечественного рынка. Ежегодно в Украину ввозится около 1 млн т бумаги и картона, которые практически не производятся отечественными предприятиями. Особенно это относится к печатным видам бумаги — офсетной и газетной, что ставит информационное пространство Украины в зависимость от импортеров такой бумаги. В 2010 г. в Украину ввезено 185,8 тыс. т печатных видов бумаги, из них 96 тыс. т офсетной и 89,8 тыс. т газетной. При этом собственное производство такой бумаги составило всего 24,8 тыс. т, из которых 14,7 тыс. т газетной и 10,1 тыс. т офсетной. То есть 90 % бумаги для печати и письма от общей

потребности украинского рынка и 84% газетной бумаги импортируется, также как импортируется 100 % бумаги мелованной и бумаги-основы для обоев [4]. Протокольным решением Кабинета Министров Украины от 6 апреля 2011 г. предусмотрено создание в Украине производства бумаги для печати с целью обеспечения информационной независимости государства [2].

Поэтому в работе была исследована возможность производства бумаги для печати с использованием альтернативного импортной целлюлозе КВПФ. При этом изучались ее различные композиции с сульфатной хвойной блененой целлюлозой (СХБЦ) [8]. Предварительно КВПФ подвергались отбеливанию без использования экологически вредных хлора и хлорсодержащих соединений по следующей схеме: хелатирование — отбеливание пероксидом водорода — кислдование. Хелатирование целлюлозы проводили трилоном Б и борной кислотой с их расходом 0,2 % от массы абсолютно сухой целлюлозы в течение 60 мин при температуре 50 °С. Продолжительность отбеливания пероксидом водорода составляла до 180 мин при температуре 90 °С с расходом Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub> 5 % от массы абсолютно сухой целлюлозы. Кислование проводили сернистой кислотой с расходом 0,5 % от массы абсолютно сухой целлюлозы при комнатной температуре в течение 60 мин. При

этом блененая целлюлоза имела белизну до 82,2 %. Лабораторные образцы бумаги для печати массой 1 м<sup>2</sup> 80 г изготавливали с использованием внутримассного проклеивания с расходом белого канифоляного клея 20 кг/т. Разрывная длина этих образцов бумаги представлена на рис. 3, а физические свойства — в таблице и на рис. 4.

Из приведенных в таблице данных видно, что все физические свойства образцов бумаги для печати, полученной при любом составе композиции блененой КВПФ с СХБЦ, отвечают всем требованиям стандарта для бумаги для печати марки № 1, первый сорт [9]. Разрывная длина бумаги для печати (рис. 3) хотя и уменьшается при добавлении в композицию КВПФ (в случае использования для хелатирования как трилона Б, так и борной кислоты), но находится значительно выше требований (3 500 м) для марки бумаги № 1, первый сорт. То же самое можно сказать и о белизне (рис. 4), которая также снижается с добавлением КВПФ, но превосходит норму или находится в ее пределах (78–82 %).

Все значения свойств для всех лабораторных образцов бумаги для печати существенно превышают показатели стандарта. Использование даже 100 % органосольвентной целлюлозы из стеблей кукурузы для изготовления бумаги для печати обеспечивает требуемые стандартом как степень

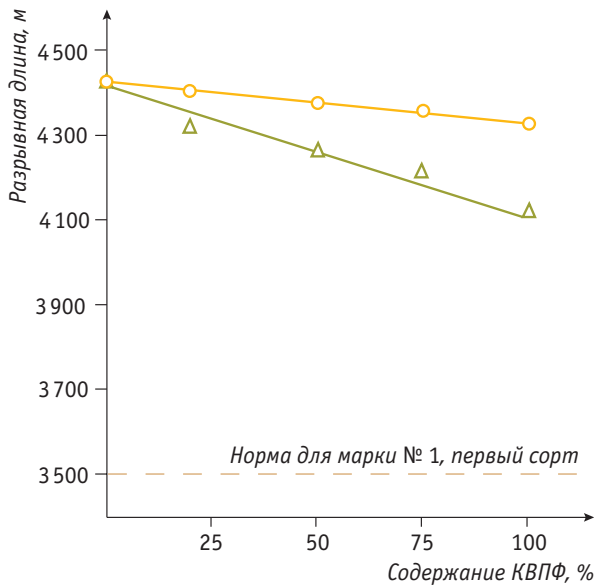
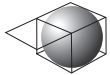


Рис. 3. Зависимость разрывной длины бумаги для печати от содержания КВПФ в композиции с СХБЦ при хелатировании трилоном Б (—) и борной кислотой (—)

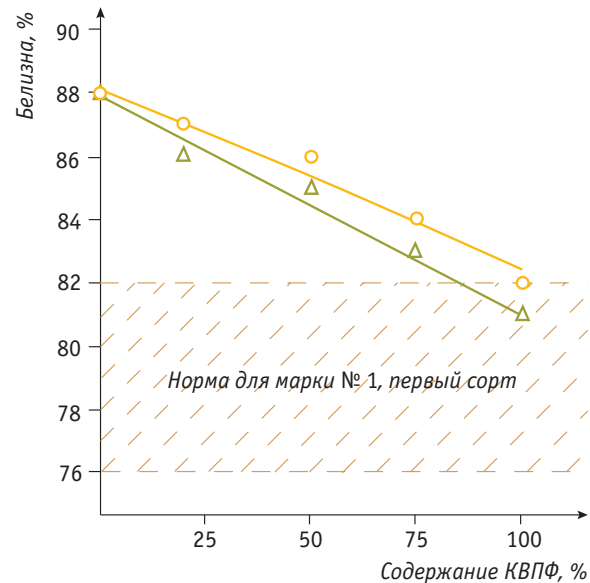


Рис. 4. Зависимость белизны бумаги для печати от содержания КВПФ в композиции с СХБЦ при хелатировании трилоном Б (—) и борной кислотой (—)

белизны, так и высокие прочностные свойства образцов бумаги.

Таким образом, показано, что использование КВПФ в композиции различных массовых видов бумажной продукции позволяет заменить более дорогие импортные материалы и тем самым способствует снижению себестоимости конечной картонно-бумажной продукции.

Вышеописанная технология получения ВПФ из стеблей кукурузы и картонно-бумажной продукции на их основе предлагается для внедрения на предприятиях ЦБП, химической и деревоперерабатывающей промышленности. В Украине в качестве потенциальных площадок для создания производства ВПФ из недревесного растительного сырья рассматриваются Днепропетровская, Запорожская, Киевская, Кировоградская и Сумская области. В них ежегодно образуются большие объемы отходов после переработки сельскохозяйственных культур, имеются необходимые производственная и транспортная инфраструктуры, достаточное количество воды и подготовленные профессиональные кадры. Нерешенным остается вопрос инвестирования в создание производственных мощностей по получению целлюлозы. Для строительства целлюлозного завода годовой производительностью 50 тыс. т целлюлозы необходимо порядка \$ 80 млн со сроком окупаемости проекта порядка 5 лет.

## Литература

1. Мировое потребление бумаги. — [http://www.tmf.se/web/Percapita\\_per\\_consumption\\_2009.aspx](http://www.tmf.se/web/Percapita_per_consumption_2009.aspx)
2. Ассоциация украинских предприятий ЦБП. — <http://www.paperandlife.com/ukrpaper>
3. Аналитика. Текущее состояние и тенденции развития ЦБП в России. — <http://www.abecade.ru/research/analysis/5764>
4. Саркисян Л. Задание номер один: создать собственную сырьевую базу // Гофроиндустрия. — 2011, окт. — С. 22–26.
5. Экономические известия. Агрорынок. Кукуруза обогнала пшеницу. — <http://www.economica.com.ua/agro/article/621408.html>
6. Макулатура паперова і картонна. Технічні умови: ДСТУ 3500-97 на зміну ГОСТ 10700-84. [Чинні від 1998-01-01]. — К.: Держстандарт України, 1998. — 10 с. (Національні стандарти України).
7. Бумага для гофрирования. Технические условия: ГОСТ 22186-76 [Действительны от 1976-01-01]. — М.: Госстандарт СССР, 1976. — 4 с. (Государственные стандарты СССР).
8. Целлюлоза сульфатная беленная из хвойной древесины. Технические условия: ГОСТ 9571-60. [Действительны от 1987-01-01]. — М.: Госстандарт СССР, 1987. — 4 с. (Государственные стандарты СССР).
9. Бумага для печати типографская. Технические условия: ГОСТ 9095-89 [Действительны от 1990-01-07] — М.: Госстандарт СССР, 1990. — 12 с. (Государственные стандарты СССР).

## Папір із стебел кукурудзи

В.А. Барбаш, к.х.н., І.В. Трембус, к.т.н., Ю.М. Нагорна, В.М. Шевченко, к.х.н.

У статті проаналізовано стан виробництва пакувальної паперової продукції в Україні. Експериментально підтверджена можливість використання органосольвентної целюлози, одержаної із стебел кукурудзи, у композиції паперу для гофрування і паперу для друку. Зразки паперу для гофрування і паперу для друку відповідають усім вимогам стандартів. Застосування недревної целюлози дає можливість виключити із складу масових видів паперової продукції (папір для гофрування і папір для друку) більш дорогі імпорту целюлозу і знизити собівартість готової продукції.

**Ключові слова:** упаковка; папір для гофрування; органосольвентний волокнистий напівфабрикат.

## Paper from corn stalks

V.A. Barbash, Dr., I.V. Trembus, Dr., J.M. Nagorna, V.M. Shevchenko, Dr.

The situation with the production of packing paper goods in Ukraine is analyzed. Possibility of the use of organosolvent pulp obtained from corn stalks in the composition of corrugated paper and print paper was experimentally confirmed. The samples of corrugated paper and print paper correspond to all requirements of the standards. The use of nonwood pulp allows to delete from the composition of mass kinds of paper products (corrugated paper and print paper) more expensive imported pulp and to decrease cost of the finished products.

**Key words:** packing; corrugated paper; organosolvent pulp.