

УДК 676.12.022

**Ф.Х. Хакимова, Т.Н. Ковтун**

Пермский государственный технический университет

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 160 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.  
E-mail: tcbp@pstu.ru



Ковтун Татьяна Николаевна родилась в 1951 г., окончила в 1975 г., Пермский политехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет более 90 печатных работ в области теории и технологии целлюлозы.  
E-mail: tcbp@pstu.ru



## **ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ ПЕРЕРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ГАЗЕТНОЙ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ**

Установлено, что увеличение циклов переработки приводит к снижению физико-механических свойств макулатурной массы.

*Ключевые слова:* газетная макулатура, роспуск, флотация, циклы переработки, макулатурная масса, физико-механические свойства, пероксид водорода, белизна.

Объемы переработки и потребления макулатурного сырья в производстве бумаги и картона в большинстве развитых стран постоянно возрастают. Использование макулатуры в качестве вторичного волокна способствует экономии древесины, снижает себестоимость бумажной продукции, нагрузку на окружающую среду и т. д. Основной целью переработки макулатуры является получение качественной волокнистой массы, которую можно применять в композиции бумаги и картона, максимально заменяя первичные волокнистые полуфабрикаты. Однако качественные показатели макулатурного волокна всегда ниже, чем у первичных волокон, что обусловлено множеством факторов. В первую очередь это связано с тем, что в процессе переработки волокнистого сырья происходит укорочение волокон при размоле, а сушка сопровождается снижением способности волокон к набуханию из-за необратимого орогования. Одним из основных факторов ухудшения свойств регенерируемых волокнистых полуфабрикатов является число циклов их переработки, снижающих качественные показатели волокна.

Цель данной работы – изучение влияния цикличности использования газетной макулатуры на показатели макулатурной массы. Для исследований использовали макулатуру марки МС-8В – отходы производства и потребления газетной бумаги (ГОСТ 10700).

В лабораторных условиях газетную макулатуру распускали на волокна и подвергали флотации в целях удаления типографской краски из макулатурной массы. Условия роспуска и флотации приняты на основании предварительных исследований. Для более полного разделения пучков и сгустков на отдельные волокна и отделения типографской краски от волокон процесс роспуска макулатуры проводили в присутствии химических реагентов в щелочной среде. В исследованиях использовали следующие химикаты с расходом, % от абс. сухого волокна: NaOH – 1,75; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 3,00; Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> – 5,00; стеариновая кислота – 1,00.

Процесс роспуска макулатуры осуществляли в присутствии химикатов в течение 40 мин при концентрации массы 5 % и температуре 55...60 °С. После окончания роспуска макулатурную массу выдерживали 2 ч для набухания волокон и завершения реакций, далее разбавляли до концентрации 0,8 % и осуществляли флотацию.

Удаление типографской краски путем флотации играет важную роль в процессе переработки макулатуры. Другие способы не позволяют удалять типографскую краску из макулатурной массы так эффективно. Процесс флотации заключается в сближении поверхностей пузырька воздуха и частички типографской краски, закреплении частички краски на пузырьке и транспортировке агломерата пузырек-частичка краски к поверхности флотационной пульпы в пену. Для облегчения указанных процессов и повышения эффективности при флотации использовали ПАВ – стеариновую кислоту (расход – 1,0 % от абс. сухого волокна).

Флотацию проводили на лабораторной установке, состоящей из сосуда, в нижней части которого расположен пористый стеклянный фильтр. Через него с помощью вакуум-насоса нагнетали воздух. Продолжительность процесса – 5 мин при постоянном отборе образовавшейся пены, содержащей типографскую краску с поверхности массы в сосуде. Таким образом, по окончании флотации в сосуде оставалась облагороженная макулатурная масса, которую использовали в исследованиях. Результаты облагораживания оценивали по выходу макулатурной массы после флотации, характеризующему потери волокна, и изменению белизны, указывающей на степень удаления типографской краски (табл. 1).

Анализ полученных результатов показывает, что белизна необлагороженной макулатурной массы из газетной макулатуры очень низкая (42,5 %), что значительно ниже, чем у массы из бумаги без типографской краски.

Таблица 1

**Результаты облагораживания газетной макулатуры**

Макулатурная масса	Белизна, %	Выход макулатурной массы, %
Из бумаги без типографской краски (поля газеты)	58,8	–
Исходная газетная до облагораживания	42,5	–
После роспуска и флотации в одну ступень	50,0	83,7
« « « « в две ступени	54,3	67,6

Флотация как в одну, так и в две ступени повышает белизну макулатурной массы, однако этот показатель остается достаточно низким (50...54 %). Вероятно, это можно объяснить тем, что в процессе роспуска происходит недостаточное разрушение связующих компонентов типографской краски, и часть ее остается на волокнах и не отделяется при флотации.

Флотация одновременно сопровождается потерями волокна, которые после процесса в одну ступень составляют 16,3 %, в две ступени – 32,4 %.

Белизна – важнейшее свойство макулатурной массы, используемой в композиции бумаги для печати и письма, санитарно-бытового и гигиенического назначения, а также некоторых марок картона. В композиции перечисленных видов бумажно-картонной продукции содержание макулатурной массы неуклонно возрастает, что повышает требования к ее белизне.

В целях выяснения возможности повышения белизны макулатурной массы проведена ее отбелка пероксидом водорода в одну и две ступени (схемы П-К; П-П-К). Выбор для отбелки пероксида водорода был обусловлен его экологической безопасностью и сохранением лигнина в процессе отбелки при сохранении выхода беленой макулатурной массы.

Условия отбелки пероксидом водорода: температура – 60 °С; продолжительность – 120 мин (на каждой ступени отбелки); концентрация массы – 8 %. Расход реагентов на каждой ступени, % от абс. сухого волокна:  $H_2O_2$  – 3; NaOH – 2;  $Na_2SiO_3$  – 5; трилон Б – 1. Условия кислотки (К): температура – 20 °С; продолжительность – 40 мин; расход HCl – 1 % от абс. сухого волокна.

Результаты отбелки пероксидом водорода в одну ступень (П-К) показали несущественное повышение белизны макулатурной массы. В табл. 2 приведены данные, полученные при отбелке в две ступени (П-П-К).

Более тщательное удаление типографской краски при флотации в две ступени позволяет получить и при отбелке макулатурную массу более высокой белизны (66,4 %). По данному показателю такая макулатурная масса может быть использована в композиции газетной и санитарно-гигиенических видов бумаги.

Выход беленой макулатурной массы (от облагороженной) в обоих случаях различается незначительно (на 1,5 %), однако выход беленой макулатурной массы от исходной макулатуры в случае отбелки макулатурной массы двухступенчатой флотации заметно (на 13 %) ниже. Кроме того, отбелка газетной макулатурной массы связана с большим расходом химикатов.

Таблица 2

## Результаты отбелки макулатурной массы по схеме П-П-К

Беленая макулатурная масса	Белизна, %	Выход, %, от массы	
		облагороженной	исходной
После флотации в одну ступень	59,3	88,7	74,2
« « в две ступени	66,4	90,2	61,0

Таблица 3

**Влияние циклов переработки газетной макулатуры  
на физико-механические показатели макулатурной массы**

Показатель	Значение показателя для цикла регенерации					
	0*	1	2	3	4	5
Степень помола, °ШР	52	51	48	45	41	38
Средневзвешенная длина волокна, мм (аппарат Иванова)	1,06	1,11	1,19	1,22	1,25	1,25
Средняя арифметическая длина волокна, мм (анализатор Кажаани FS200)	...	1,253	...	1,248	...	1,220
Обезвоживаемость, с	98	82	68	60	51	49
Водоудерживающая способность, %	118	112	108	106	104	100
Разрывная длина, м (100 г/м <sup>2</sup> )	–	3390	3280	3240	3150	3080
Белизна, %	50	50	51	51	52	52
Белизна после старения, %	–	49,4	49,8	49,8	50,6	50,6
Реверсия белизны, РС	–	0,91	1,76	1,84	1,89	2,03

\*Образец получен облагораживанием макулатуры без сушки.

Для изучения влияния цикличности использования газетной макулатуры на показатели небеленой облагороженной макулатурной массы на листототливном аппарате готовили отливки с массой 1 м<sup>2</sup> – 100 г. Число циклов повторного использования принято 5. Перед каждым циклом отливки макулатурной массы замачивали в воде на 24 ч и распускали в дезинтергаторе.

Результаты исследований по влиянию цикличности переработки газетной макулатуры на физико-механические показатели макулатурной массы представлены в табл. 3 и на рис. 1–3.

Степень помола макулатурной массы (рис. 1) с увеличением циклов переработки снижается заметно, что связано, в первую очередь, с ороговением волокон в результате сушки, т. е. с повышением гидрофобности волокон и снижением их набухаемости. Эти же изменения волокон приводят к улучшению обезвоживаемости макулатурной массы.

С увеличением числа циклов переработки снижается водоудерживающая способность (ВУС) макулатурной массы (рис. 1), что также объясняется отрицательным влиянием ороговения волокон при сушке.

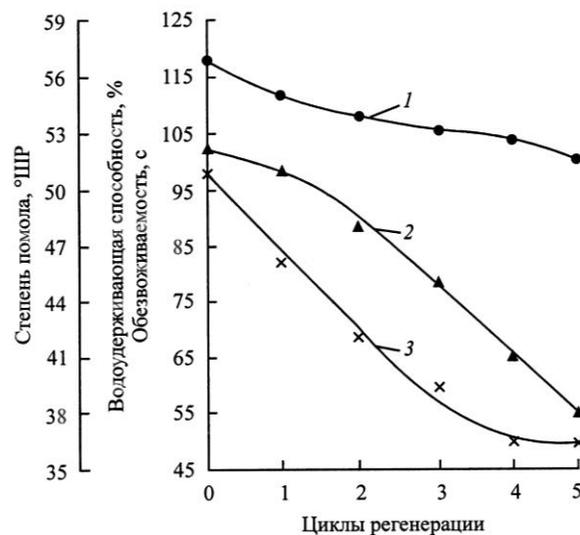


Рис. 1. Изменение водоудерживающей способности (1), степени помола (2) и обезвоживаемости (3) газетной макулатурной массы по циклам регенерации

В результате происходит усадка волокон, они сильно и равномерно сжимаются. Повторное набухание не приводит к восстановлению их первоначальных размеров. Пространства между микрофибриллами в клеточной стенке не полностью открываются при повторном роспуске, однако ВУС остается на достаточно высоком уровне. Это можно объяснить возрастающим количеством мелочи, которая способствует повышению ВУС за счет создания плотной прослойки, удерживающей воду и замедляющей процесс обезвоживания.

Изменение средневзвешенной длины волокна по циклам переработки определяли на анализаторе Kajaani FS200 и аппарате Иванова.

Метод определения фракционного состава и длины волокна на анализаторе Kajaani FS200 основан на лазерном сканировании водной волокнистой суспензии с высокой степенью разбавления, т. е. определяется длина каждого волокна. Несомненно, при многократной переработке макулатуры имеет место снижение средней длины волокна.

На рис. 2 приведено изменение фракционного состава газетной макулатурной массы по циклам регенерации, состав определен на анализаторе Kajaani FS200. Гистограммы показывают, что во всех циклах переработки макулатуры наибольшее количество волокон составляют волокна длиной 0,5...1,5 мм. Доля самой мелкой (1-й) фракции при циклическом использовании макулатуры несколько уменьшается, вероятно, вследствие провала мелкого волокна под сетку листоотливного аппарата в процессе изготовления отливок бумаги. При этом доля мелкой (2-й) фракции несколько возрастает за счет некоторого уменьшения 3-й и 4-й фракций, что связано с разрушением ороговевших при сушке волокон в процессе роспуска.

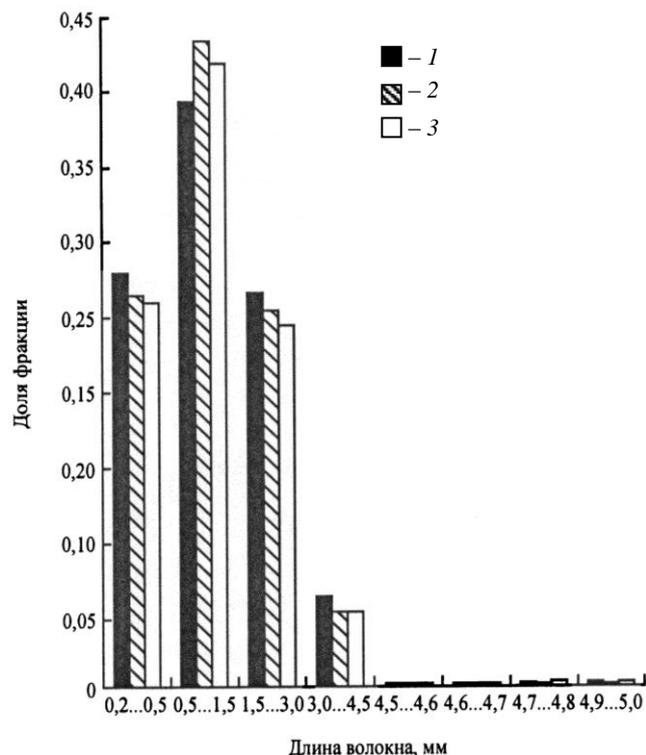
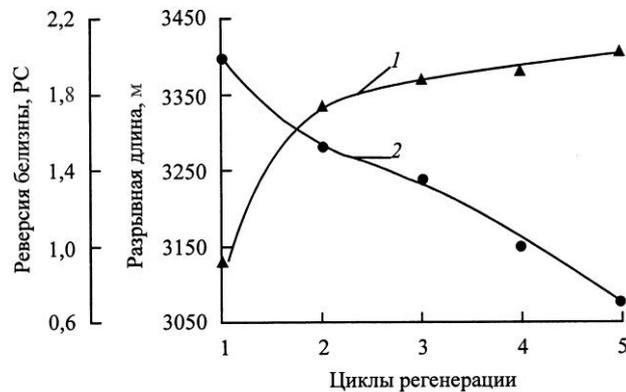


Рис. 2. Фракционный состав газетной макулатурной массы по циклам регенерации: 1 – после 1-го цикла; 2 – после 3-го цикла; 3 – после 5-го цикла

Рис. 3. Влияние цикличности использования макулатуры на показатели реверсии белизны (1) и механической прочности (2)



Показатель, определенный на аппарате Иванова, явно указывает на увеличение длины волокна с ростом цикла переработки, а определяемый на лазерном анализаторе – на некоторое уменьшение длины волокна при циклическом использовании макулатуры. Результаты определения длины волокна на аппарате Иванова косвенно подтверждают, что волокна в процессе сушки при каждом цикле переработки подвергаются ороговению и что при последующем замачивании и роспуске их гибкость полностью не восстанавливается. Этот аппарат предназначен для анализа первичных волокнистых полуфабрикатов и композиций из них, т. е. при анализе длины волокон макулатурной массы многократной переработки его применение, возможно, некорректно.

Из данных табл. 2 и рис. 3 также следует, что при циклическом использовании макулатуры происходит снижение показателя прочности (разрывной длины) с каждым последующим циклом. Объясняется это как некоторым ухудшением фракционного состава, так и более интенсивным повреждением при роспуске поверхности ороговевших в процессе сушки волокон, которое приводит к ослаблению образовавшихся межволоконных связей и уменьшению механического сцепления волокон.

При циклическом использовании макулатуры белизна несколько повышается, вероятно, за счет разрушения оставшейся типографской краски в процессе последующих роспусков и удаления мелких ее частичек с промывной водой. При повторном роспуске макулатурной массы и получении отливок бумаги оставшиеся частицы краски, возможно, уходят под сетку листоотливного аппарата.

Реверсия белизны по циклам переработки возрастает (рис. 3) вследствие отрицательного влияния сушки в каждом цикле на волокна макулатурной массы.

Таким образом, с увеличением числа циклов переработки газетной макулатуры происходит постепенное снижение всех физико-механических показателей макулатурной массы. Это связано с повреждением ороговевших при сушке волокон в процессе роспуска, что приводит к ослаблению межволоконных связей, уменьшению длины волокна, механического сцепления волокон и прочности облагороженной макулатурной массы.

---

Отбелка газетной макулатурной массы даже при значительном расходе пероксида водорода не позволяет существенно повысить белизну, вероятно, из-за недостаточного отделения типографской краски при флотации.

Поступила 07.12.09

*F.Kh. Khakimova, T.N. Kovtun*  
Perm State Technical University

### **Influence of Processing Cycles on Recycled Newsprint Mass Properties**

It is established that the increase of processing cycles results in lowering physico-mechanical properties of waste mass.

Keywords: newsprint wastepaper, defibring, floatation, processing cycles, recycled mass, physico-mechanical properties, hydrogen peroxide, brightness.

---