

**ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

УДК 676.032

К.А. Иванов, Ю.В. Севастьянова, Л.А. Миловидова, В.И. Комаров

Архангельский государственный технический университет

Иванов Константин Александрович родился в 1983 г., окончил в 2001 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет 5 печатных работ в области исследования влияния параметров древесного сырья на свойства получаемого волокнистого полуфабриката.

E-mail: bono@atnet.ru



Севастьянова Юлия Вениаминовна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП АГТУ. Имеет более 10 печатных работ в области различных способов делигнификации древесины.

E-mail: y-sevastyanova@yandex.ru



Миловидова Любовь Анатольевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных трудов в области производства белых волокнистых полуфабрикатов.

Тел.: (8182) 65-00-92



Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 400 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.

Тел.: (8182) 21-61-82

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ МЕЛКОЙ ФРАКЦИИ ЩЕПЫ
НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВАРКИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Установлено, что добавки мелкой фракции технологической щепы влияют на выход и число Каппа хвойной и лиственной сульфатной целлюлозы, а также на ее фундаментальные, прочностные и деформационные характеристики.

Ключевые слова: щепка, фракционный состав, сульфатная целлюлоза, характеристики и выход целлюлозы, число Каппа.

С того времени как щепу стали использовать для варки целлюлозы, ее геометрические размеры и их важность для технологического процесса являются предметом обсуждений и исследований [1, 4–7, 9].

Известно, что для производства сульфатной целлюлозы толщина щепы – наиболее критический параметр: тонкая щепа увеличивает избирательность делигнификации, повышает выход и прочностные показатели целлюлозы, снижает число Каппа. Длина щепы, являясь вторым по значимости параметром, определяет среднюю длину волокна целлюлозы.

Целью настоящего исследования было изучение влияния добавки мелкой (наиболее тонкой) фракции щепы на общий выход, выход сортированной целлюлозы, число Каппа, а также на фундаментальные, деформационные и прочностные характеристики хвойной и лиственной сульфатной целлюлозы.

Для исследования отбирали образцы технологической щепы из хвойных (80 % ель, 20 % сосна) и лиственных (100 % береза) пород древесины от рубительной машины ННҚ 11-ХЛ-16. Для выработки щепы использовали балансы длиной 2...6 м, диаметром до 0,4 м.

Отобранную щепу сортировали на анализаторах АЛГ-М (по ГОСТ 15815–83 [3]) и ЖШПА (по стандарту SCAN-СМ 40:01 [10]). Для лабораторных варок отбирали щепу нормальной фракции на ситах АЛГ-М с диаметрами отверстий 20 и 10 мм, а также согласованной фракции на ситах ЖШПА с диаметрами отверстий 13 и 7 мм.

Для получения подробных данных о фракционном составе образцов хвойной и лиственной щепы были проанализированы ее отдельные фракции. Из каждой фракции (по 4 для хвойной и лиственной) для определения длины, толщины и угла среза отбирали по 100 щепок. Длину и толщину измеряли штангенциркулем, угол среза – по шаблону. Всего было измерено 800 щепок.

Сульфатные лабораторные варки (отдельно для хвойной и лиственной щепы) проводили в стационарных автоклавах вместимостью 600 мл на глицериновой бане. В автоклав помещали щепу одной породы с различным соотношением крупной и мелкой фракций, %: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100. Таким образом, в ходе эксперимента содержание мелкой фракции (10 мм – с АЛГМ, 7 мм – с ЖШПА) увеличивали от 0 до 100 %.

При варке хвойной щепы гидромодуль составлял 3,7, расход активной щелочи – 16,5 %, конечная температура варки – 167 °С, при варке лиственной – соответственно 4,0; 23 % и 155 °С.

График варки для хвойной и лиственной щепы был одинаковым: подъем температуры до конечного значения – 2 ч, продолжительность стоянки на конечной температуре – 2 ч. После окончания варки отбирали черный щелок, целлюлозу выгружали из автоклавов на сжежу, где проваренную щепу разбивали и промывали горячей водой в течение 20...30 мин для одного образца. В табл. 1–3 представлены усредненные значения по трем параллельным варкам в каждой точке, вариация значений в каждой точке составляла не более 3 %.

Приготовление лабораторных образцов для исследования физико-механических свойств целлюлозы осуществляли в соответствии с ГОСТ 14363.4–89 [2], масса 1 м² отливок – 75 г. Фундаментальные свойства

Таблица 1

Средняя длина и толщина щепы (мм)

| Показатель | Значение показателя для фракции | | | |
|------------|---------------------------------|----------------|-----------------|---------------|
| | АЛГ-М | | JWIIA | |
| | крупной (20 мм) | мелкой (10 мм) | крупной (13 мм) | мелкой (7 мм) |
| Длина | 24/26 | 21/24 | 26/26 | 22/25 |
| Толщина | 4/4 | 2/2 | 4/4 | 2/2 |

Примечание. В числители приведены данные для хвойной щепы, в знаменателе – для лиственной.

волокна, прочностные и деформационные характеристики целлюлозы определяли согласно принятым методикам, размеры волокон и фракционный состав по длине волокна – в соответствии с методикой TAPPI T 271 pm-91 [11] на анализаторе KAJAANI FS-200. Число образцов в одной серии составляло 10 шт., вариация данных – не более 5 %.

Полученные размерные данные для отдельных фракций щепы представлены в табл. 1.

Все образцы имели постоянный угол среза 30°, поскольку щепу отбирали после замены ножей на рубительной машине.

Известно, что длина щепы влияет на среднюю длину волокон целлюлозы, при этом оптимальный ее размер колеблется от 15 до 25 мм. В нашем случае вся исследованная щепка имела длину 21...26 мм. Как следует из данных табл. 1, длина крупной фракции хвойной щепы больше длины мелкой фракции на 3...4 мм, в случае лиственной щепы – на 1...2 мм.

Толщина щепы – основной геометрический размер, влияющий на равномерность варочного процесса и получение качественной целлюлозы. В нашем случае толщина хвойной и лиственной щепы была постоянной: для крупной фракции – 4 мм, для мелкой – 2 мм. Это обстоятельство позволило проследить изменение показателей целлюлозы при изменении соотношения крупной и мелкой фракций щепы при варке.

В результате лабораторных варок были получены образцы хвойной и лиственной целлюлозы, значения выхода и числа Каппа которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные показатели целлюлозы из хвойной (числитель) и лиственной (знаменатель) щепы

| Показатель | Значение показателя при содержании мелкой фракции, % | | | | |
|-------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| По ГОСТ: | | | | | |
| общий выход | 49,6/51,6 | 48,4/55,5 | 48,9/52,3 | 48,6/54,4 | 49,8/50,3 |
| выход СЦ | 44,7/47,4 | 31,1/45,1 | 38,9/47,8 | 42,4/48,1 | 43,0/49,2 |
| число Каппа | 41/22 | 37/26 | 34/27 | 38/29 | 39/21 |
| По SCAN: | | | | | |
| общий выход | 48,5/50,1 | 49,3/51,7 | 49,8/54,0 | 48,1/51,0 | 48,4/49,2 |
| выход СЦ | 47,5/47,2 | 42,2/48,0 | 48,1/47,3 | 47,9/45,5 | 47,0/48,0 |
| число Каппа | 38/18 | 38/21 | 38/21 | 39/27 | 41/20 |

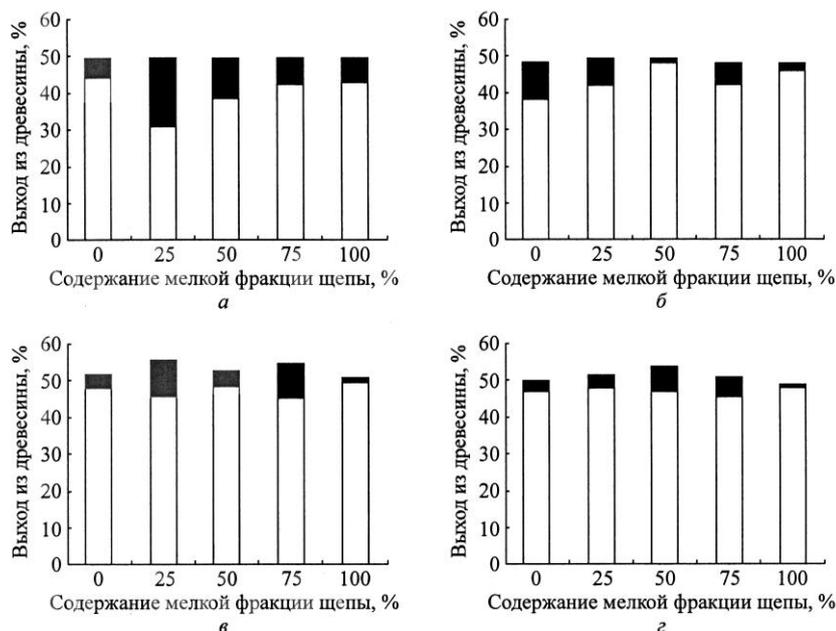
Примечания. 1. СЦ – сортированная целлюлоза. 2. Выход – в процентах.

Как видно из данных табл. 2, полученные образцы хвойной целлюлозы имеют значения числа Каппа в пределах 38...41 как для ГОСТ-, так и для SCAN-щепы.

При увеличении содержания мелкой фракции в хвойной ГОСТ-щепе общий выход целлюлозы оставался практически неизменным – 48...49 %. Выход сортированной целлюлозы был наибольшим (42...43 %) при содержании в композиции 75... 100 % мелкой фракции. Следует отметить низкий уровень непровара и, соответственно, высокий выход сортированной целлюлозы при варке крупной фракции ГОСТ-щепы.

При увеличении содержания мелкой фракции в хвойной SCAN-щепе общий выход целлюлозы также оставался неизменным – 48...49 %, а выход сортированной целлюлозы был наибольшим (47...48 %) при содержании в композиции 50... 100 % мелкой фракции, что существенно превышало соответствующие значения при варке щепы, фракционированной на АЛГ-М. Таким образом, исключение при фракционировании по методике SCAN «толстой» щепы существенно снизило образование непровара. В то же время при варке как ГОСТ-, так и SCAN-щепы добавка «тонкой» щепы также привела к повышению равномерности провара и выхода сортированной целлюлозы.

Общий выход и выход сортированной лиственной целлюлозы был на 3...5 % выше, чем хвойной, по объективным причинам: содержание целлюлозы в хвойной древесине меньше, чем в лиственной (соответственно 43 и 46 %) [8]. При варке лиственной ГОСТ-щепы с добавкой 25...75 % мелкой фракции имело место повышение числа Каппа целлюлозы до 26...29 при соответствующем повышении общего выхода.



Соотношение выхода сортированной целлюлозы □ и непровара ■:
а, б – хвойная щепа; в, г – лиственная щепа; а, в – ГОСТ; б, г – SCAN

Для этих варок отмечено увеличение непровара до 5...10 %. При варке 100 % ГОСТ-щепы толщиной 4 мм и 100 % мелкой щепы толщиной 2 мм были получены одинаковые результаты по общему выходу и числу Каппа, но при варке мелкой щепы практически отсутствовал непровар.

Образцы целлюлозы, полученные при варке лиственной щепы, отфракционированной по методике SCAN, имели более низкие значения числа Каппа, при этом минимальные значения этого показателя определены для крайних точек, минимальное количество непровара приходилось на варку 100 % мелкой фракции.

Максимальное количество непровара отмечено при варках хвойной и лиственной ГОСТ-щепы с добавкой 25 % мелкой фракции (соответственно 17,3 и 10,4 %).

Сделанные выводы подтверждают столбчатые диаграммы (см. рисунок).

Полученные в ходе исследования физико-механические характеристики образцов хвойной и лиственной целлюлозы можно разделить на три группы: фундаментальные – средневзвешенная длина волокна $l_{срв}$, межволоконные силы связи $F_{св}$ (по Иванову), «нулевая» разрывная длина L_0 ; прочностные – разрывная длина L , сопротивление продавливанию P , сопротивление раздиранию R ; деформационные – жесткость при изгибе S_b , модуль упругости при изгибе $E_{изг}$.

Как следует из данных табл. 3, увеличение содержания мелкой фракции в хвойной ГОСТ- и SCAN-щепе приводит к уменьшению средней длины волокна, причем во втором случае эта закономерность прослеживается более заметно. Это может быть связано с тем, что для SCAN-щепы несколько больше разница между длиной крупной и мелкой фракций (26 и 22 мм). Снижение доли крупной фракции в ГОСТ-щепе увеличивает межволоконные силы связи с максимумом при содержании мелкой фракции 75 %. Для SCAN-щепы этот максимум приходится на содержание мелкой фракции 25 %. Прочность волокна, которая характеризуется нулевой разрывной длиной, снижается на 3000 м с увеличением доли мелкой фракции в ГОСТ-щепе, а в SCAN-щепе, наоборот, увеличивается, но лишь на 1000 м. Изменение композиции щепы почти не отражается на значениях разрывной длины, которая в обоих случаях варьирует в пределах 5 %. Сопротивление продавливанию для ГОСТ- и SCAN-щепы имеет максимум соответственно при 620 и 700 кПа и низком содержании в композиции мелкой фракции – до 25 %; сопротивление раздиранию было максимальным для целлюлозы, полученной при варке 100 % мелкой фракции (соответственно 920 и 960 кПа). Максимум для деформационных показателей качества отмечен при содержании мелкой фракции 25...50 %.

Для лиственной целлюлозы увеличение содержания мелкой фракции в ГОСТ- и SCAN-щепе также снижает среднюю длину волокна целлюлозы, причем наибольшая длина волокна ($\approx 1,2$ мм) была достигнута при содержании мелкой фракции 25 %. Уменьшение содержания крупной фракции в ГОСТ-щепе несколько увеличивает межволоконные силы связи с максимумом при остаточном содержании крупной фракции 25 %, что справедливо и для SCAN-щепы.

Нулевая разрывная длина снижается с увеличением доли мелочи, особенно при ее содержании более 50 %. Показатель разрывной длины имеет максимальное значение ≈ 10000 м как для ГОСТ-, так и для SCAN-щепы при содержании мелкой фракции 25...75 %. Сопротивление продавливанию для ГОСТ- и SCAN-щепы достигает максимальных значений (соответственно 380 и 400 кПа) при наличии в композиции 50 % мелкой фракции, а сопротивление раздиранию – до 750 мН при 75...100 % мелкой фракции. Максимальные значения жесткости при изгибе для ГОСТ- и SCAN-щепы получены при 100 % мелкой фракции, модуля упругости при изгибе – при 50 % мелкой фракции.

Таким образом, в условиях проведенного эксперимента деформационные показатели целлюлозы как из хвойной, так и лиственной щепы изменяются мало.

Выводы

1. Выход сортированной хвойной и лиственной целлюлозы увеличивается с ростом доли мелкой фракции в композиции щепы, достигая максимума при использовании 100 % мелкой фракции. Минимальный выход сортированной хвойной и лиственной целлюлозы наблюдался при добавке мелкой фракции щепы в количестве 25 % при варке ГОСТ-щепы.

2. Удаление «толстой» щепы при фракционировании по методике SCAN наиболее заметно снижает непровар при варке как лиственной, так и хвойной щепы толщиной 4 мм.

3. Увеличение доли мелкой фракции при варке хвойной щепы приводит к уменьшению средней длины волокна целлюлозы и нулевой разрывной длины, увеличению межволоконных сил связи; сопротивление продавливанию достигает максимальных значений при содержании в щепе 100 % крупной фракции толщиной 4 мм, сопротивление раздиранию – при 100 % мелкой фракции.

4. Увеличение доли мелкой фракции при варке лиственной щепы также снижает среднюю длину и собственную прочность волокна, однако изменения этих показателей у лиственной целлюлозы менее существенны, чем у хвойной.

5. Не выявлены зависимости изменения деформационных свойств образцов целлюлозы, полученных из щепы разного фракционного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние содержания коры и толщины щепы на выход и качество небеленой сульфатной целлюлозы [Текст] / Т.Ф. Личутина [и др.] // Лесн. журн. – 1990. – № 3. – С. 100–105. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. ГОСТ 14363.4–89. Целлюлоза. Метод подготовки проб к физико-механическим испытаниям [Текст]. – Взамен ГОСТ 14363.4–79; введ. 1993–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 14 с.

3. ГОСТ 15815–83. Щепка технологическая. Технические условия [Текст]. – Введ. 1985–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 14 с.

4. *Комаров, В.И.* Влияние размеров щепы на деформативность и прочность сульфатной небеленой целлюлозы [Текст] / В.И. Комаров, Т.Ф. Личутина // Бум. пром-сть. – 1988. – № 12. – С. 8–9.
5. *Becker, E.* The effect of chip thickness and kraft cooking conditions on kraft pulp properties [Text] / E. Becker // Tappi Pulping Conference Proceedings. – 1992. – P. 561–565.
6. *Croy, T.* Kraft pulping of individual chip thickness fractions [Text] / T. Croy // Pulping, Process & Product Quality Conference Proceedings. – 2000.
7. *Gullichsen, J.* On the nonuniformity of the kraft cook [Text] / J. Gillichsen // Paperi ja Puu. – 1992. – Vol. 74, N 6. – P. 486–490.
8. *McDonough, T. J.* Kraft pulp yield basics [Text] / T. J. McDonough // Kraft Pulp Yield Anthology. – 2002.
9. *McLeod, M.* The top ten factors in kraft pulp yield [Text] / M. McLeod // Paperi ja Puu. – 2007. – Vol. 89, N 7-8. – P. 417–421.
10. SCAN-CM 40:01. Wood chips for pulp production. Size distribution. – Issued 2001. – Stockholm: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, 2001.
11. Tappi Test Method T 271 pm-91. Fiber length of pulp and paper by automated optical analyzer. – TAPPI, 1991. – 4 p.

Поступила 09.06.09

K.A. Ivanov, Yu. V. Sevastyanova, L.A. Milovidova, V.I. Komarov
Arkhangelsk State Technical University

Effect of Addition of Small Fraction Chips on Pulping Results and Pulp Characteristics

It is found out that addition of small fraction chips effects the yield of on softwood and hardwood sulphate pulp, the Kappa number, fundamental, strength and deformation characteristics.

Keywords: chips, fractional composition, sulphate pulp, pulp yield, the Kappa number, pulp characteristics.



Таблица 3

Характеристики хвойной (числитель) и лиственной (знаменатель) целлюлозы

| Характеристика | Значение характеристики при содержании мелкой** фракции, % | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | ГОСТ | | | | | SCAN | | | | |
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| $l_{срв}$, мм | 2,72/1,12 | 2,85/1,17 | 2,64/1,13 | 2,71/1,13 | */1,10 | 2,77/1,08 | 2,71/1,19 | 2,67/1,22 | 2,67/1,14 | 2,63/1,13 |
| $F_{св}$, МПа | 2,46/1,47 | 2,56/1,42 | 2,58/1,37 | 2,69/1,59 | 2,47/1,37 | 2,33/1,63 | 2,73/1,55 | 2,53/1,57 | 2,22/1,76 | 2,43/1,67 |
| L_0 , м | 16400/16300 | 13700/17500 | 13200/16000 | 12500/16400 | 13400/15600 | 15600/16400 | 14800/16300 | 14800/17100 | 17400/14800 | 16600/15600 |
| L , м | 10400/8500 | 10400/10200 | 10600/9100 | 10600/9800 | 10200/8700 | 10300/9500 | 10800/8500 | 10400/10400 | 10800/9400 | 9200/8500 |
| Π , кПа | 620/340 | 620/335 | 605/380 | 580/345 | 610/290 | 650/355 | 700/260 | 600/400 | 660/370 | 605/300 |
| R , мН | 830/680 | 870/690 | 830/700 | 700/710 | 920/680 | 830/700 | 860/760 | 830/680 | 870/700 | 960/750 |
| S_b , мН·см ² | 30/31 | 35/28 | 32/30 | 30/25 | 33/32 | 32/33 | 36/29 | 43/33 | 38/25 | 29/33 |
| $E_{изг}$, МПа | 1150/1130 | 1260/1210 | 1080/1270 | 910/1140 | 1040/1050 | 1190/1170 | 1130/1110 | 1060/1150 | 840/1150 | 1060/1140 |

* Большое содержание костры в массе не позволило выполнить определение.

** Для ГОСТ-щепы диаметр отверстий сита 10 мм, для SCAN – 7 мм.