

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК [630\*812/813]: 674.032.13

*С.М. СИНЬКЕВИЧ, З.А. КОРЖИЦКАЯ, Т.А. СИНЬКЕВИЧ*

Институт леса Карельского НЦ РАН

Синькевич Сергей Михайлович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 40 печатных работ в области ухода за лесом, дендрохронологии, лесной экологии.



Коржицкая Зоя Александровна родилась в 1938 г., окончила в 1961 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 100 печатных работ в области химии и технологии целлюлозно-бумажной промышленности, экологии.



Синькевич Татьяна Афанасьевна родилась в 1950 г., окончила в 1972 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 30 печатных работ в области ухода за лесом, лесной экологии и ботаники.



### КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ, ВЫРАЩЕННОЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ УХОДЕ ЗА ЛИСТВЕННО-ЕЛОВЫМИ ДРЕВОСТОЯМИ

Изучены сучковатость стволов, плотность и химический состав древесины ели, а также физико-механические свойства сульфитной целлюлозы, полученной из нее. Результаты исследований подтверждают хорошее качество древесины ели, выращенной при комплексном уходе в лиственново-еловом древостое.

Stem knottiness density and chemical composition of spruce wood as well as physical-and-mechanical properties of the sulphite pulp obtained have been studied. The research results confirm a good quality of the spruce wood grown by complex cultivation in deciduous-spruce stands.

Развитие сырьевой базы целлюлозно-бумажной промышленности Северо-Запада в значительной степени может быть обеспечено за счет выращивания еловых насаждений путем интенсивного ухода за лиственново-еловыми древостоями. Проведение его в широких масштабах в последние годы стало реальным благодаря резкому расширению экспортных поставок березовой древесины.

Многочисленными опытами отечественных лесоводов [2, 3] неоднократно подтверждена возможность использования ели, находящейся под пологом лиственных, для формирования высокопродуктивных ельников. В зависимости от природных и экономических факторов для ускоренного выращивания ели можно применять лесоводственные мероприятия различной интенсивности. Однако информация о качестве получаемой древесины, за исключением сведений о ее плотности, практически отсутствует. В то же время резкое ускорение выращивания, в том числе с применением удобрений, дает основание ожидать изменения качества древесного сырья и может потребовать корректировки режимов его переработки. В связи с этим было предпринято исследование древесины ели, выращенной в режиме комплексного ухода, с целью оценки ее качеств для производства сульфитной целлюлозы.

Для этого исследованы размер и количество сучьев у отобранных деревьев, плотность и химический состав древесины, процесс варки при различных режимах и физико-механические показатели полученной целлюлозы.\* Сохраненный после сплошной одноприемной уборки лиственного яруса древостой ели, часть которого была удобрена аммиачной селитрой, имел запас 15...18 м<sup>3</sup>/га при среднем диаметре 6 см.

\* Аналитические работы выполнены сотрудниками Института леса Карельского НЦ РАН Л.В. Голубевой и М.А. Коржовой.

Средний диаметр сформировавшегося за 12 лет насаждения составил около 12 см, его запас – 100...150 м<sup>3</sup>/га. На удобренном и неудобренном участках отобрано по три модельных дерева, которые на момент проведения ухода имели исходный диаметр 4, 6 и 8 см, т. е. характеризовали наиболее представленные 12 лет назад ступени толщины. Образцы отбирали из разных частей ствола с учетом пропорционального представительства каждой части в его общем объеме. Базисная плотность определена согласно ГОСТ 16483.1–84. Химический анализ выполнен по методикам, опубликованным ранее [1, 4]. Сульфитные варки древесины проведены с варочной кислотой по режиму Кондопожского ЦБК. При определении физико-механических свойств целлюлозы использованы общепринятые методики.

Сортность балансовой древесины, как и любой другой, в значительной мере определяется размерами и количеством сучьев. На удобренном участке количество живых сучьев (рис. 1) у средних и более крупных деревьев оказалось значительно меньшим на высотах до 5 м и выше 7 м, их диаметр – достоверно большим в 1,5–2,0 раза. У мелких стволов диаметр сучьев оказался достоверно большим в 1,5–2,0 раза. У мелких стволов различий в диаметре сучьев не отмечено, а их количество оказалось большим, за исключением самой нижней части кроны. В то же время по сучковатости древесины с обоих участков может быть отнесена в соответствии с ГОСТ 9463–88 к первому сорту. Даже при дальнейшем доращивании древостоя в течение 10 лет диаметр самых толстых сучьев у крупных деревьев не превысит 3 см, поскольку с увеличением сомкнутости крон уже идет процесс отмирания их нижней части.

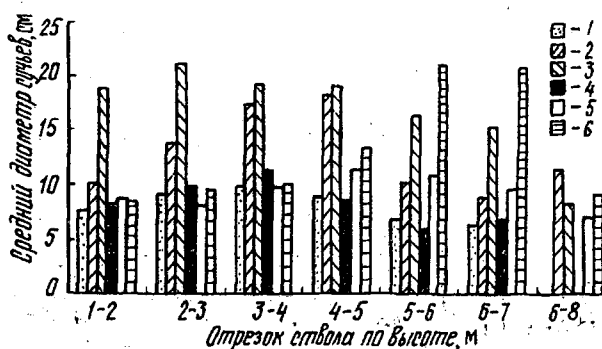


Рис. 1. Средний диаметр живых сучьев на разной высоте от пня при исходном диаметре ствола (ступени толщины) деревьев до ухода: 1, 4 – 4; 2, 5 – 6; 3, 6 – 8 см; 1–3 – удобренные; 4–6 – неудобренные

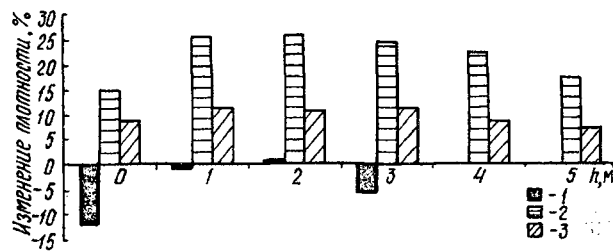


Рис. 2. Изменение плотности древесины ели на разной высоте от поверхности почвы  $h$  после уборки листового яруса: 1 – ступень толщины 4 см; 2 – 6; 3 – 8 см

Информация об изменении плотности относится, как правило, к образцам, взятым на высоте 1,3 м. Для оценки плотности дерева и древостоя в целом важны данные о динамике плотности на разных высотах (см. рис. 2, 3). Возрастание плотности на 10...25 % по отношению к периоду до проведения ухода проявилось у средних и более крупных деревьев по всей длине ствола. У экземпляров тоньше среднего в прикорневой и вершинной частях плотность уменьшилась. Внесение удобрений вызвало снижение плотности на 5...22 % по всей длине ствола у средних и более мелких деревьев и практически не изменило ее у более крупных. Изменения плотности на высоте груди тесно (коэффициент корреляции  $R = 0,94$ ) связаны со средней плотностью древесины ствола (табл. 1) и имеют одинаковую с ней направленность.

Приведенные на рис. 1, 2 диаграммы свидетельствуют о снижении плотности в результате применения удобрений, однако более определенные количественные выводы могут быть сделаны только при использовании массового материала с привлечением других аналогичных объектов. Ранее опубликованные данные, охватывающие период 6 лет после уборки листового полога и внесения удобрений [5], свидетельствуют о снижении плотности древесины у наиболее мелких экземпляров и ее повышении у средних и более крупных деревьев. Данные о

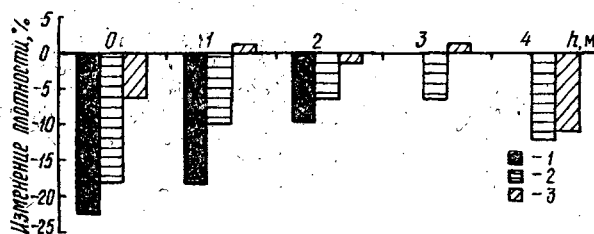


Рис. 3. Изменение плотности древесины ели на разной высоте от поверхности почвы  $h$  после уборки листового яруса и внесения удобрений: 1 – 4; 2 – 6; 3 – 8 см

Таблица 1

Средняя плотность (кг/м<sup>3</sup>) древесины ствола с участка до (числитель) и после (знаменатель) проведения ухода

Степень толщины до ухода, см	Неудобренный участок	Удобренный участок
4	399 / 372	436 / 345
6	320 / 389	389 / 343
8	355 / 385	349 / 342

влиянии удобрений на плотность древесины также согласуются с приведенными на рис. 1, 2. По сравнению с действием уборки лиственного полога внесение удобрения снижает плотность на высоте груди в среднем на 4...7 %. Расчет среднего показателя плотности для насаждения в целом с учетом участия деревьев разной крупности в общем приросте показал, что плотность древесины, формирующейся после уборки лиственного яруса, выше на 5...10 % по сравнению с периодом до проведения ухода, а в случае применения удобрений – на 2...5 %. Достоверное снижение плотности на 5 % в результате применения удобрений обнаружено также сотрудниками ЦНИИМОД при оценке древесины из насаждения, где уборка лиственных выполнена 16 лет назад.

Древесина, сформировавшаяся после ухода, в большинстве случаев имеет (табл. 2) пониженное содержание смолистых веществ. В среднем экстрагируемых спиртобензолом соединений в древесине после ухода стало меньше на 0,3 %, что составляет около 1/5 их прежнего содержания. Смолистость у средних и более мелких деревьев на удобренном участке снизилась в 1,5–2,0 раза больше, чем на неудобренном. В то же время у крупного дерева наблюдается увеличение содержания смол, что, однако, явно связано с их пониженным количеством до ухода. Снижение смолистости является благоприятным фактором, уменьшающим «смоляные» затруднения при варке древесины сульфитным способом.

В большинстве случаев характерно понижение содержания лигнина в древесине в среднем на 1 %, что также благоприятно для производства целлюлозы.

Анализ наличия моносахаридов выявил заметное перераспределение их между собой при общем увеличении на 0,5 % после рубки и на 0,5...2,0 % после внесения удобрений. Наиболее выражено возрастание количества глюкозы после проведения ухода у мелких и крупных деревьев на удобренном участке и в неудобренном древостое у наиболее крупных деревьев при одновременном снижении самых мелких стволов. Доля маннозы во всех случаях увеличилась на 0,5...1,0 %, ксилозы – уменьшилась на 1,1...1,4 % в удобренном древостое и у крупных неудобренных деревьев, но повысилась у мелких. Такая же особенность, но менее ярко, проявилась и при определении арабинозы. С галактозой каких-либо четких закономерностей не выявлено.

Таблица 2

Химический состав древесины (% от абс. сухой массы)  
до (числитель) и после (знаменатель) проведения ухода

Показатели	Численные значения показателей на участках при ступени толщины, см					
	Неудобренный участок			Удобренный участок		
	4	6	8	4	6	8
Экстрактивные вещества	1,65	1,73	1,25	1,79	2,17	1,06
	1,35	1,46	1,13	1,11	1,65	1,18
Лигнин	28,88	29,82	27,88	29,38	29,35	29,03
	28,34	27,55	27,97	29,09	28,36	27,69
Полисахариды (по РВ)	70,99	69,58	73,82	68,93	70,18	71,86
	72,71	72,66	72,80	72,63	73,12	74,28
Моносахариды (в пересчете на полисахариды):						
галактоза	2,30	2,39	2,41	2,69	2,93	2,91
	2,86	2,35	2,82	2,86	2,68	2,24
глюкоза	48,63	47,26	46,87	44,99	45,19	45,08
	46,07	47,06	49,36	48,42	46,63	49,22
манноза	10,36	10,52	10,56	10,34	10,21	11,39
	11,31	11,13	11,50	10,81	10,94	11,80
арабиноза	2,45	3,14	3,31	3,32	2,99	3,25
	3,52	2,63	1,64	2,65	2,92	2,60
ксилоза	7,38	7,96	8,46	8,47	9,29	7,58
	7,84	8,62	7,00	7,21	7,93	6,42

Делигнификацию древесины проводили при разной продолжительности варки на конечной температуре, увеличение которой значительно (до 3,0...3,5 %) снижало выход целлюлозы (табл. 3). Одновременно, независимо от варианта ухода и категории крупности стволов, содержание лигнина в целлюлозе и процент непровара уменьшались более чем в 2 раза.

Для древесины, сформировавшейся после проведения ухода, характерны заметное достоверное уменьшение (на 1/3) содержания лигнина в целлюлозе (рис. 4) и слабое (на 1...2 %) снижение (табл. 3) общего выхода целлюлозы при варке образцов с удобренного и неудобренного участков.

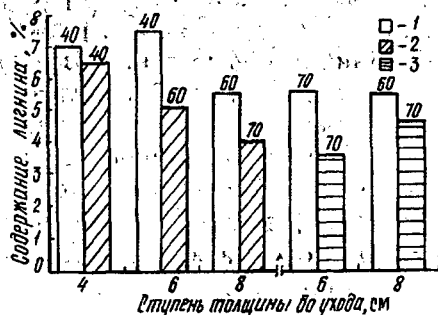


Рис. 4. Содержание лигнина в целлюлозе из древесины ели: 1 – сформировавшейся до ухода; 2 – после проведения рубки; 3 – после рубки и внесения удобрений (цифры над столбиками – продолжительность варки на конечной температуре, мин)

Таблица 3

**Характеристика сульфитной целлюлозы из древесины, сформировавшейся при различных режимах выращивания**

Степень толщины, см	Продолжи- тельность варки, мин	Выход, %			Степень делигнификации, ед. Каппа
		Сортирован- ная масса	Непровар	Общий	
Древесина, сформировавшаяся до ухода					
4	40	44,95	7,65	52,60	41,50
6	40	42,45	11,55	54,00	43,80
6	70	43,75	6,22	50,00	34,25
8	60	49,55	2,51	52,05	32,60
Древесина, сформировавшаяся после ухода: в удобренном насаждении					
4	40	45,50	8,01	53,50	38,50
4	60	47,20	4,41	51,60	31,90
6	60	44,80	8,21	53,00	30,25
8	70	44,95	1,91	47,85	24,05
8	100	44,25	-	44,25	10,65
в удобренном насаждении					
6	70	44,91	2,22	47,12	21,00
6	100	43,87	-	43,87	8,53
8	70	47,87	2,51	50,37	27,33

Оптимальное содержание лигнина для целлюлозы, используемой в производстве бумаги, составляет 4...5%. Поэтому из полученных целлюлозных масс были выбраны образцы примерно с таким же содержанием лигнина и из них получены отливки, предназначенные для испытания на механическую прочность.

Анализ физико-механических показателей (табл. 4) выявил значительную тесноту связи некоторых из них с содержанием лигнина в целлюлозе. С его увеличением сопротивление раздиранию уменьшается ( $R = -0,86$ ), но увеличиваются разрывная длина ( $R = 0,66$ ) и сопротивление излому ( $R = 0,72$ ). Учитывая выявленную общую тенденцию к снижению содержания лигнина в целлюлозе после ухода (см. рис. 3), можно считать, что освобождение ели из-под полога лиственных пород уменьшает разрывную длину полученной из нее целлюлозы приблизительно на 10% и на столько же увеличивает сопротивление раздиранию. Данные для древесины ели с удобренного участка не позволяют сделать вывод о влиянии удобрений на физико-механические показатели целлюлозы.

Таким образом, значительное ускорение роста ели нижних ярусов после уборки лиственного полога не приводит к снижению качества древесины. Внесение удобрений, с учетом вызванного им повышения

Таблица 4

**Физико-механические показатели целлюлозы из древесины,  
сформировавшейся при различных режимах выращивания**

Ступень толщины, см	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Разрывная длина, м	Сопротивление		
			излому, ч.д.п.	продавли- ванию, кПа	раздиранию, мН
Древесина, сформировавшаяся до ухода					
6	0,795	11 210	4 900	650	670
8	0,773	11 670	2 450	550	840
Древесина, сформировавшаяся после ухода: в удобренном насаждении					
4	0,759	10 830	4 290	620	520
4	0,745	9 960	3 470	640	750
6	0,702	10 090	4 190	590	760
8	0,712	9 820	2 795	620	820
в удобренном насаждении					
6	0,789	9 890	2 520	550	740
8	0,765	10 630	2 450	570	690

прироста в среднем на 25 % и снижения вариабельности плотности в насаждении, представляет положительный фактор при организации ускоренного выращивания ели. Выявлено положительное влияние ухода за елью и внесения удобрений на химический состав древесины; происходит уменьшение содержания смолистых веществ и лигнина при одновременном повышении количества целлюлозы. Отмечено снижение содержания лигнина в сульфитной целлюлозе из еловой древесины, сформировавшейся после уборки лиственных; тенденции снижения прочности целлюлозы не выявлено. В целом полученные образцы целлюлозы имели высокую прочность, особенно на разрыв и раздирание, т. е. они являются пригодными для производства газетной бумаги.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гелес И.С., Коржова М.А. Метод определения полисахаридов в древесине и целлюлозе. - Петрозаводск, 1979. - [2] с. - (Информ. листок / КарЦНТИ, № 125). [2]. Декатов Н.Е. Рационализировать использование лиственно-еловых древостоев // Лесное хозяйство. - 1958. - № 12. - С. 18-24. [3]. Казимиров Н.И. Ельники Карелии. - Л.; 1971. -138 с. [4]. Оболенская А.В. и др. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. - М., 1965. - 411 с. [5]. Синькевич Т.А., Синькевич С.М. Комплексный уход в лиственно-еловых лесах Карелии. - Петрозаводск, 1991. - 136 с.

Поступила 28 июля 1996 г.