

Правительство Архангельской области  
АО «Архангельский ЦБК»  
Союз лесопромышленников и лесозэкспортеров России  
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова  
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имен  
академика Н.П. Лавёрова Уральского отделения РАН  
Российская Ассоциация организаций и предприятий целлюлозно-бумажной  
промышленности (РАО «БУМПРОМ»)

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ХИМИКО-ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**МАТЕРИАЛЫ  
I И II ВСЕРОССИЙСКИХ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ**



16–17 мая 2024 г.  
**Архангельск**

### Организационный комитет

Боголицын К.Г. <i>председатель</i>	директор ИЭПС ФИЦКИА УрО РАН, доктор химических наук, профессор САФУ
Зылёв Д.И. <i>сопредседатель</i>	генеральный директор АО «Архангельский ЦБК»
Иконников В.М. <i>сопредседатель</i>	заместитель председателя Правительства Архангельской области, министр экономического развития, промышленности и науки Архангельской области
Марьяндышев П.А. <i>сопредседатель.</i>	первый проректор по стратегическому развитию и науке САФУ, доктор технических наук, доцент
Спиридонов А.Ю.	депутат Государственной Думы РФ, заместитель председателя Комитета Государственной Думы по промышленности и торговле
Дмитриев В.В.	начальник Управления науки и международного сотрудничества Федерального агентства лесного хозяйства
Горних А.Ф.	руководитель Северного межрегионального управления федеральной службы по надзору в сфере природопользования
Болотов И.Н.	директор ФИЦКИА УрО РАН, член – корреспондент РАН, доктор биологических наук
Гусакова М.А.	заведующая лабораторией химии растительных биополимеров ФИЦКИА УрО РАН, кандидат технических наук
Лахтиков Ю.О.	председатель Правления РАО «БУМПРОМ»
Фролов А.В.	вице-президент Союза лесопромышленников и лесозэкспортеров России
Москалюк Е.А.	главный эколог АО «Архангельский ЦБК», кандидат технических наук

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Материалы I научно-практической конференции*

<i>Ю.Д. Алашкевич, М.С. Лурье, О.М. Лурье, А.С. Фролов.</i> Совершенствование мониторинга сточных вод ЦБП путем повышения метрологических характеристик расходоизмерительного оборудования	6
<i>Ю.Д. Алашкевич, А.А. Фомкина.</i> Коэффициент динамической вязкости волокнистых суспензий как существенный параметр их размола в целлюлозно-бумажном производстве	12
<i>Л.Н. Герке, А.В. Князева.</i> Уменьшение выбросов парниковых газов и улучшение климатических условий	17
<i>С.С. Голубев, А.А. Коробов, А.А. Коношенков.</i> Применение технологии сгущения на объектах размещения отходов ТЭЦ (золоотвалах), используемых в целлюлозно-бумажном производстве	22
<i>А.В. Давыдов, С.В. Третьяков.</i> Повышение эффективности лесовосстановления ели за счет посадки быстрорастущих порослевых деревьев ольхи серой в качестве сидерата с последующими многократными заготовками ольхи через рубки ухода	28
<i>Н.А. Демина, В.В. Воронин, С.В. Горбунова.</i> Научные исследования в области выращивания посадочного материала, проблемы и пути их решения	33
<i>Е.В. Жаров.</i> Правовой статус вторичных ресурсов при проведении контрольных мероприятий	39
<i>А.С. Ильинцев, А.П. Богданов, С.В. Третьяков, С.В. Коптев, Т.Н. Кобылина.</i> Совершенствование системы лесовосстановления с целью сокращения периода для восстановления лесов в качестве поглотителей CO <sub>2</sub>	44
<i>Я.В. Казаков, Н.А. Бабич.</i> Перспективы введения в сырьевую базу ЦБК древесины хвойных интродуцированных культур	50
<i>А.А. Карелина, Ю.Д. Алашкевич, В.А. Кожухов.</i> Размол волокнистых материалов высокой концентрации из однолетних растений в производстве готовой продукции	56
<i>А.В. Князева, Л.Н. Герке.</i> Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики	61
<i>В.И. Ковалев, Ю.Д. Алашкевич.</i> Скорость распространения ударной волны при столкновении струи с неподвижной преградой	64
<i>А.М. Кряжев, О.В. Голуб, А.Ю. Санжаровский.</i> Ресурсная эффек-	71

тивность лпк россии – ключ для решения рыночных, экологических и климатических задач

*М.М. Лысаченкова, Я.В. Казаков.* Бумагообразующие свойства беленых волокнистых полуфабрикатов высокого входа с пониженной ресурсоемкостью 78

*К.Л. Михайлов.* Актуальные вопросы адаптации лесного комплекса к климатическим изменениям 84

*Д.М. Мишуков.* Предложения по совершенствованию законодательства, регламентирующего вопросы постановки на государственный учёт объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду 89

*А.А. Петрова, Ю.Д. Алашкевич, И.А. Воронин.* Размол волокнистых полуфабрикатов с использованием комбинированной конструкции гарнитуры 94

*Е.А. Слизикова, В.И. Шуркина, Р.А. Марченко.* Влияние количества циклов переработки макулатурного сырья на качественные показатели готовой продукции 99

*Е.В. Старжинская, А.М. Кряжев.* Экологический эффект промывки сульфатного мыла щелочными растворами 104

#### **Материалы II научно-практической конференции**

*Э.Л. Аким, О.В. Рыбников, О.В. Федорова, П.В. Луканин, А.А. Пекарец, С.З. Роговина, А.А. Берлин.* Инновации и экологические аспекты технологий в химико-лесном комплексе 108

*Ю.И. Баева, Н.А. Черных.* Ответственность за нарушения природоохранного законодательства в области лесопользования 110

*А.С. Бондаренко.* Повышение продуктивности насаждений сосны и ели на основе Комплексной оценки генотипов 116

*О.С. Бровко, А.Д. Ивахнов, М.А. Гусакова, Т.А. Бойцова, А.А. Слобода.* К вопросу об определении лигнинных веществ в водных объектах 121

*М.А. Гусакова, Е.А. Москалюк, О.С. Бровко, А.А. Красикова, А.А. Слобода, Н.А. Самсонова, А.Д. Ивахнов.* Оценка устойчивости растительных объектов в зоне аэротехногенного влияния ао ацбк с использованием метода фитоиндикации 125

*А.Б. Дягилева, А.И. Смирнова, Д.И. Мазурик.* Технологические решения по целевому использованию водных композиций, выделенных в технологии ЦБП для фомирования биомассы растений 129

*А.В. Епифанов, М.А. Мозгушин, А.А. Прохорова.* Парадоксы норми- 133

рования нагрузки на водные объекты	
<i>А.С. Ильинцев, Е.Н. Наквасина, С.В. Контев, С.В. Третьяков.</i> Совершенствование непрерывного лесопользования для обеспечения древесным сырьем предприятий ЦБК	137
<i>О.П. Ковалева, О.В. Петруничев.</i> Влияние факторов сульфатной варки плантационной древесины ели на выход целлюлозы	142
<i>А.М. Кряжев.</i> Задачи развития ЛПК России и пути их решения в существующих геополитических условиях	147
<i>П.И. Ленивец, А.Б. Дягилева.</i> Функции опада в системе регулирования баланса углерода при сплошной рубке	153
<i>Ю.Л. Морева, Е.Ю. Демьянцева, Е.И. Симонова, В.К. Дубовый.</i> Ресурсосберегающие решения при получении микрокристаллической целлюлозы	159
<i>К.А. Пристегина, Д.П. Еремин.</i> Эколого-технологическая модернизация в целлюлозно-бумажной промышленности	163
<i>Н.А. Самсонова, С.С. Хвиузов, А.А. Красикова, Н.В. Селиванова, Д.В. Жильцов, М.А. Гусакова, К.Г. Боголицын.</i> Взаимосвязь изменения биомассы и содержания фенольных соединений семян сосны на начальных стадиях развития	166
<i>Е.В. Старжинская.</i> Экологический аспект снижения содержания смолистых экстрактивных веществ в щелоке сульфатцеллюлозного производства	170
<i>Е.А. Сурина.</i> Учет роли лесов при достижении углеродной нейтральности в сокращении выбросов парниковых газов	174
<i>В.А. Сухопаров, О.Н. Оруджова.</i> Отходы целлюлозно-бумажного производства как ценный вторичный ресурс для экономики	180
<i>А.М. Торцев.</i> Рыбохозяйственный мониторинг на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности: обязанность или преимущество?	184
<i>О.Н. Тюкавина, Д.Ю. Корепин.</i> Возможности реализации климатической повестки в ЦБП	188
<i>Н.А. Черных, Ю.И. Баева.</i> Вопросы возмещения ущерба, причиненного лесным экосистемам	191

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА СТОЧНЫХ ВОД ЦБП ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСХОДОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Ю.Д. Алашкевич, М.С. Лурье, О.М. Лурье, А.С. Фролов**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

*В работе рассматривается вопрос погрешности измерения расходоизмерительного оборудования сточных вод целлюлозно-бумажного производства. Определена погрешность метода измерения вихревыми расходомерами в зависимости от скорости и концентрации технологической жидкости.*

## **IMPROVING WASTEWATER MONITORING OF PULP AND PAPER PRODUCTION BY INCREASING THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF CONSUMABLE EQUIPMENT**

**Yu.D. Alashkevich, M.S. Lurie, O.M. Lurie, A.S. Frolov**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

*The work considers the issue of the error in the measurement of flow rate of wastewater of wastewater of pulp and paper production. The error of the method of measurement by vortex flow meters on the technological fluid is shown.*

Производственные предприятия целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) являются не только крупными потребителями водных ресурсов, но и загрязнителями поверхностных вод, образованными в процессе их производственно-хозяйственной деятельности, которые оказывают негативное воздействие на ближайшие водные объекты [1].

Состав сточных вод во многом зависит от способа получения целлюлозы, а также от номенклатуры вырабатываемой продукции. Сточные воды образуются при подготовке реагентов, варки измельченной щепы в варочном растворе, а также при промывке и отбелке целлюлозы и др. [2].

Также следует отметить, что низкая степень использования оборотных вод на предприятиях ЦБП [3] приводит в целом к завышенным объемам сточных вод. Такая тенденция приводит к тому, что затрагиваются не только экологические, но и экономические стороны всего процесса производства.

Степень очистки сточных вод ЦБП целиком зависит от её этапов (механической, биологической и т.д.) и полностью лежит на используемых очистных сооружениях. Одним из условий совершенствования очистных

сооружений является внедрение систем непрерывного активного мониторинга, позволяющего отслеживать не только температуру, рН-показатель и объем активного ила, но и объем сточных вод [4] на стадиях очистки.

Таким образом, экологические и экономические проблемы, связанные с производственной деятельностью ЦБП невозможно решить без осуществления мониторинга сточных вод попадающих в соседние с предприятием водоемы.

Для измерения объема сточных вод необходимо соответствующие расходоизмерительное оборудование: расходомеры и водосчетчики. В тоже время важной метрологической особенностью расходомеров и водосчетчиков для ЦБП является возможность измерения расхода в трубопроводах больших диаметров и открытых каналах [5].

Одним из современных приборов для измерения объема технологических жидкостей в ЦБП могут служить погружные вихревые расходомеры (рис. 1) с кондуктометрическим преобразователем вихревых колебаний (ПВК) [6].

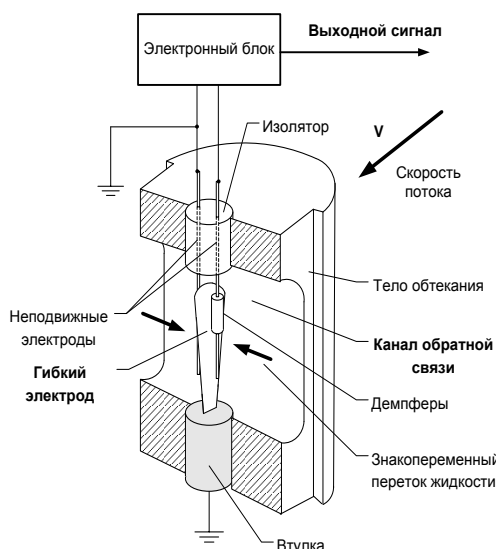


Рис. 1. Кондуктометрический преобразователь вихревых колебаний

В кондуктометрических расходомерах датчик частоты вихреобразования представляет собой систему электродов (рис. 1), один из которых гибкий. Гибкий электрод колеблется с частотой вихреобразования под действием перетока жидкости в канале обратной связи (КОС). При этом меняется электрическое сопротивление между электродами, которое преобразуется в электрический сигнал, частота которого несет в себе информацию об измеряемом расходе [6].

Частота срыва вихрей за телом обтекания (ТО) вихревого расходомера зависит от скорости внешнего потока и поперечного (характерного) размера тела и характеризуется безразмерным параметром – числом Струхалия. За ТО возникают периодические вихревые формации, частота вихреобразования которых  $f$  в широком диапазоне чисел Рейнольдса ( $Re$ ) (от  $3 \cdot 10^3$  до  $250 \cdot 10^3$ ) строго пропорциональна скорости потока (1) в трубопроводе.

$$f = Sh \frac{V}{d} \quad (1)$$

где  $Sh$  – число Струхалия;  $V$  – скорость потока в трубопроводе, м/с;  
 $d$  – характерный размер ТО, м.

Форма ТО вихревого расходомера влияет на его метрологические характеристики, стабильность и динамический диапазон измерений. Одной из основных погрешностей связанной с формой ТО является погрешность метода измерения  $\Delta Sh, \%$ , как отклонение от среднего значения числа Струхалия ( $Sh$ ) в диапазоне изменения скоростей движения жидкости в трубопроводе [7].

В данной работе с помощью методов численного моделирования и планирования эксперимента, предпринята попытка анализа погрешности метода измерения  $\Delta Sh, \%$  ТО представленного на рисунке 1 с целью исследования его метрологических характеристик на технологической жидкости с известными параметрами.

Для выполнения исследования мы использовали моделирование с помощью программы Comsol Multiphysics. Данное программное обеспечение позволяет моделировать самые различные задачи гидродинамики, в том числе задачи о ламинарном и турбулентном течении различных жидкостей. Подобный подход к решению гидродинамических задач был описан в работе [8].

Исследования проводились с измерительным участком трубопровода диаметром  $D$  равным 80 мм при скоростях ( $V$ ) равных 0,11, 0,27 и 0,44 м/с (что соответствует расходам  $Q=2,5$  и  $8 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). В качестве параметров исследуемой жидкости была вода и волокнистая суспензия хвойной небеленой целлюлозы концентрацией (1-2 %) при температуре 20 °С. Состав волокнистой суспензии в модели учитывался путем ввода в модель соответствующего значения вязкости волокнистой суспензии по данным приведенным в работе [9]



В качестве примера на рисунке 2 изображена структура вихревых формаций для скорости 0,27 м/с на воде при температуре 20 °С.

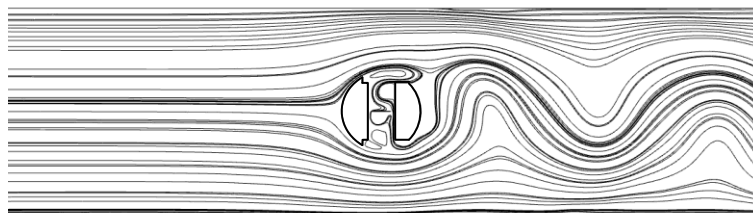


Рис. 2. Линии тока при обтекании потом жидкости ТО

Обработка полученных результатов проводилась с применением метода планирования эксперимента, который был реализован в варианте трехуровневого полного двухфакторного эксперимента по плану, который относится к D - оптимальным планам Коно. Планы Коно обладают хорошими статистическими характеристиками и экономичны по числу экспериментов [10]. В таблице 1 представлена матрица планирования с входными факторами. Выходным фактором в данном исследовании являлось число Струхалия (Sh).

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента

Входные факторы	Натуральные значения		
	-1	0	+1
Скорость V, м/с	0,11	0,27	0,44
Концентрация c, %	0	1	2

Для каждого значения скорости V определяли первую гармонику процесса вихреобразования  $f$ , по которому согласно (1) находилось число Струхалия (Sh).

Результаты эксперимента представлены на рисунке 3 в виде поверхностей отклика.

Экспериментально-статистическая регрессионная модель погрешности числа Струхалия Sh, представлена в следующем виде:

$$Sh = 0,1669 + 0,065 \cdot V + 0,0037 \cdot c - 0,0842 \cdot V^2 - 0,0076 \cdot V \cdot c - 0,0003 \cdot c^2, \quad (2)$$

Отклонение от среднего значения  $\Delta Sh, \%$  определяется из выражения (3). Данные расчетов приведены на рисунке 4.

$$\Delta Sh, \% = \frac{Sh_{cp} - Sh}{Sh_{cp}} \quad (3)$$

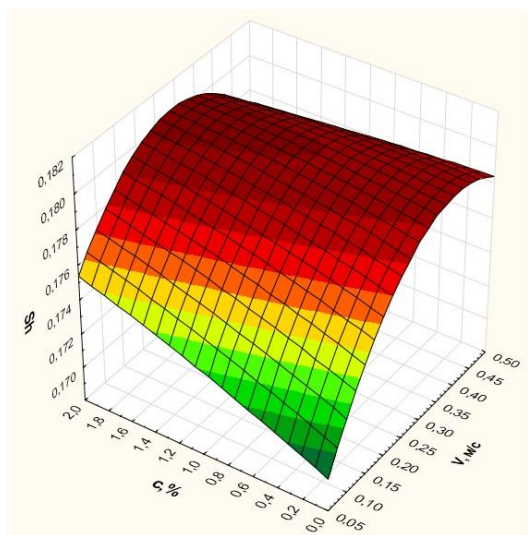


Рис. 3. Зависимость числа Струхалия ( $Sh$ ) от скорости потока ( $V$ ) и концентрации ( $c$ )

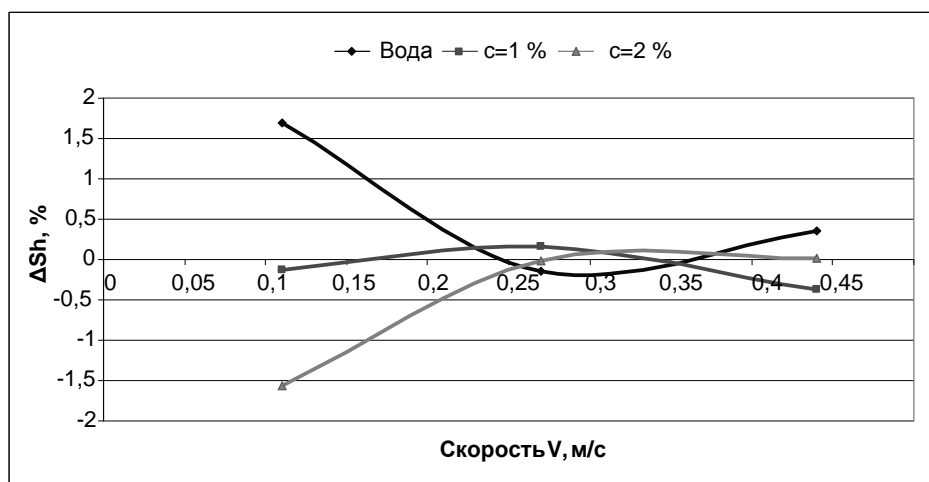


Рис. 4. Зависимость погрешности числа Струхалия ( $\Delta Sh, \%$ ) от ( $V$ ) на различной концентрации ( $c$ )

В результате численного эксперимента установлено, что погрешность метода измерения зависит не только от скорости потока, но и от концентрации суспензии. Как показана на рисунке 4, погрешность  $\Delta Sh, \%$  имеет не однозначный характер по диапазону исследуемых скоростей. Высокая погрешность измерения на низких скоростях (расходах) обусловлена не достаточной развитостью вихреобразования в потоке. В тоже время увеличение скорости потока приводит к некоторой стабилизации вихреобразования, а значит и погрешности метода измерения в исследуемом диапазоне скоростей и концентраций. В нашем случае погрешность измерения держится в диапазоне  $\pm 0,5 \%$ , что укладывается в допустимую погрешность для мониторинга сточных вод на очистных сооружениях.

### Список литературы:

1. Личутина Т. Ф., Мискевич И. В., Бровко О. С., Гусакова М. А. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 212 с.
2. Шишкин А.И., Строганова М.С., Антонов И.В., Адылова А.Ж. Повышение уровня экологичности целлюлозного природно-производственного комплекса для обеспечения норм допустимых сбросов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 208–232
3. Гермер Э.И., Современная концепция экологического нормирования технологических процессов ЦБП и возможные пути ее реализации в России. О проекте новой системы экологического нормирования – предпосылки его появления и концептуальные решения; проблемы, оставшиеся за рамками проекта/ Э.И. Гермер// Лесной журнал. 2008. №2. С. 107-116.
4. Лихачев, В. В. Совершенствование процессов биологической очистки целлюлозно-бумажных фабрик путем внедрения альтернативных методов очистки сточных вод / В. В. Лихачев // Вестник Белорусско-Российского университета. 2022. № 1. С. 128–135.
5. Алашкевич Ю.Д., Лурье М.С., Лурье О.М., Фролов А.С. Достоверность мониторинга оборотных вод целлюлозно-бумажного производства с помощью погружных вихревых расходомеров // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 185-191.
6. Лурье М.С., Лурье О.М., Фролов А.С. Промышленные расходомеры в целлюлозно-бумажном производстве // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 227. С. 271–292.
7. Алашкевич Ю.Д., Лурье М.С., Лурье О.М., Фролов А.С. Повышение качества мониторинга оборотных и сточных вод целлюлозно-бумажного производства// Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 273–279.
8. Богданов В.Д., Конюхов А.В., Кривоногов А.А., Сафонов Е.В., Дорохов В.А. Использование численных методов моделирования при разработке вихревых расходомеров // Датчики и системы. 2012. № 8 С. 40–43.
9. Алашкевич Ю.Д., Решетова Н.С., Невзоров А.И., Барановский В.П. Гидродинамические явления при безножевой обработке волокнистых материалов. Красноярск, 2004. 80 с.
10. Пен, Р.З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства. Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 1982. 192 с.

## КОЭФФИЦИЕНТ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ КАК СУЩЕСТВЕННЫЙ ПАРАМЕТР ИХ РАЗМОЛА В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ю.Д. Алашкевич<sup>1</sup>, А.А. Фомкина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31.

<sup>2</sup>Краевое государственное автономное профессиональное образовательное учреждение «Ачинский техникум нефти и газа», Российская Федерация, 662155

*В публикации представлен анализ скоростных потоков волокнистых суспензий в каналах вискозиметра; проведен расчет площади сдвига слоев волокнистых суспензий; рассчитан коэффициент динамической вязкости волокнистых суспензий.*

## DYNAMIC VISCOSITY COEFFICIENT OF FIBROUS SUSPENSIONS AS AN ESSENTIAL PARAMETER OF THEIR GRINDING IN PULP AND PAPER PRODUCTION

Y.D. Alashkevich<sup>1</sup>, A.A. Fomkina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Reshetnev Siberian State University of Science and Technology 31, Krasnoyarskii Rabochii prospect, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>2</sup>Achinsk Technical School of Oil and Gas 8, Druzhby Narodov street, Achinsk, 662155, Russian Federation

*The publication presents the analysis of high-speed flows of fibrous suspensions in the channels of the viscometer; the calculation of the shear area of the layers of fibrous suspensions was carried out; the coefficient of dynamic viscosity of fibrous suspensions was calculated.*

На основании теоретического анализа скоростных потоков при размолу волокнистых суспензий, подтвержденного экспериментально, было получено уравнение динамической вязкости волокнистой суспензии [1].

$$\mu = \frac{\mu_B \cdot (v_2^B - v_1^B)^4}{(v_2^C - v_1^C)^4} + C, \quad (1)$$

где  $\mu_B$  – коэффициент динамической вязкости воды, Па·с;

$(v_2^B - v_1^B)$  – разность скоростей движения соседних слоев воды, м/с [2];

$(v_2^C - v_1^C)$  – разность скоростей движения соседних слоев волокнистой суспензии, м/с [2];

C – постоянная вискозиметра.

Интересно выявить влияние волокнистой суспензии в процессе размола на значения коэффициента динамической вязкости.

Состояние волокнистых суспензий в процессе размола характеризуется: показателем степени помола по шкале Шоппер-Риглера, концентрацией волокнистых суспензий, видом волокнистых суспензий и средней длиной волокна [3].

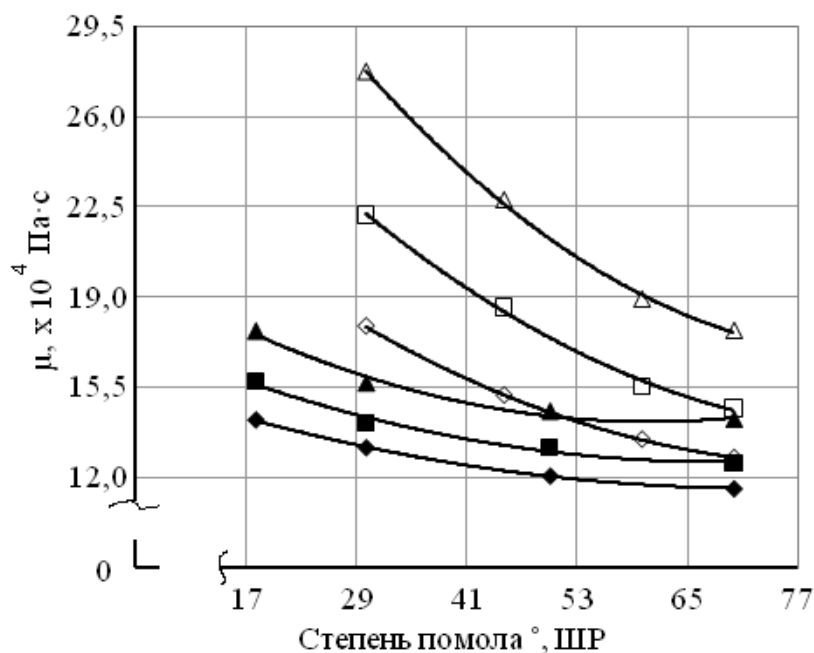


Рис. 1. Влияние степени помола и вида полуфабриката на его значения коэффициента динамической вязкости: целлюлоза: ◆ – C = 0,5 %, ■ – C = 1 %, ▲ – C = 1,5 %; макулатура: ◇ – C = 0,5 %, □ – C = 1 %, △ – C = 1,5 %

*Изменение коэффициента динамической вязкости от степени помола и вида волокнистой массы.* В качестве примера представлены результаты обработки целлюлозы и макулатуры при концентрациях от 0,5 % до 1,5 %, давлении  $P = 7 \text{ МПа}$ , при приросте степени помола до  $70^\circ \text{ ШР}$  и температуре  $t = 25^\circ \text{C}$ .

Из графика, представленного на рисунке 1, следует, что с увеличением степени помола коэффициент динамической вязкости снижается. Это можно объяснить тем, что с увеличением степени помола происходит разрушение структурного каркаса и волокно становится более разработанным, как для целлюлозы, так и для макулатуры. Макулатура имеет показатели коэффициента динамической вязкости более высокие по сравнению с целлюлозой, не зависимо от величины концентрации. Это объясняется

присутствием различных лиофильных коллоидов (например, наличие крахмала) в макулатуре, тем самым увеличивая ее вязкость [4]. Пересечение графических зависимостей макулатуры и целлюлозы можно объяснить повышенной удельной массой макулатуры. Чем выше удельная масса вещества и чем ниже содержание в нем воды, тем выше его вязкость. Так как линия, принадлежащая макулатуре, имеет концентрацию  $C = 0,5\%$ , а целлюлозе –  $1,5$ , поэтому данные вещества могут иметь одинаковую вязкость, но разный химический состав.

*Влияние концентрации.* В качестве примера представлены результаты обработки целлюлозы и макулатуры концентрацией  $0,5, 1,0, 1,2$  и  $1,5\%$ , давлении  $P = 10$  МПа при различных температурах и начальной степени обработки суспензии.

Из графика (рис. 2) видно, что, как и следовало ожидать, с увеличением концентрации волокнистой массы наблюдается рост значений коэффициента динамической вязкости.

Можно предположить, что увеличение вязкости волокнистых суспензий с ростом значений концентрации происходит за счет увеличения числа волокон в единице объема.

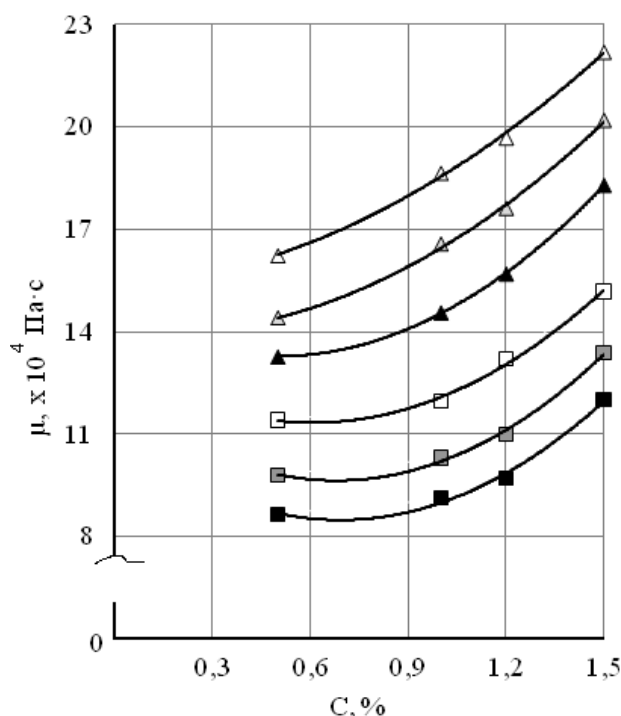


Рис. 2. Влияние концентрации на коэффициент динамической вязкости волокнистых суспензий: целлюлоза:  $\square - t = 25^\circ\text{C}$ ,  $\square - t = 35^\circ\text{C}$ ,  $\blacksquare - t = 45^\circ\text{C}$ ; макулатура:  $\Delta - t = 25^\circ\text{C}$ ,  $\triangle - t = 35^\circ\text{C}$ ,  $\blacktriangle - t = 45^\circ\text{C}$

Г. Ф. Шайдуровым [5] установлено, что по мере повышения концентрации суспензии слои волокон, присоединенные к частицам жидкости, перекрываются все больше, их взаимодействие становится все значительнее [6], в связи с этим вязкость суспензии растет.

*Зависимость коэффициента динамической вязкости от длины волокна.* Длина волокна является важным качественным показателем для некоторых свойств готовой бумаги. На основании экспериментальных данных построен график зависимостей коэффициента динамической вязкости от длины волокна (рис. 3).

В качестве примера ниже приведены результаты обработки целлюлозы и макулатуры различных концентраций, давлении  $P = 10$  МПа при температуре  $t = 35$  °С и приросте степени помола до 70 °С.

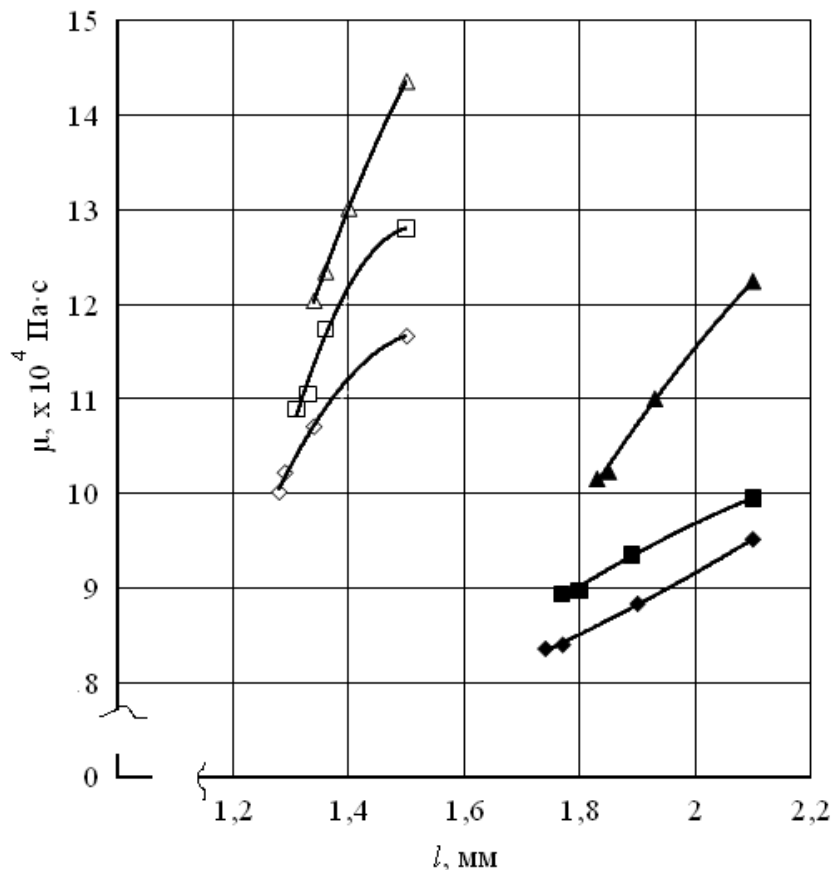


Рис. 3. Зависимость коэффициента динамической вязкости от средней длины волокна: целлюлоза:  $\blacklozenge$  –  $C = 0,5\%$ ,  $\blacksquare$  –  $C = 1\%$ ,  $\blacktriangle$  –  $C = 1,5\%$ ; макулатура:  $\diamond$  –  $C = 0,5\%$ ,  $\square$  –  $C = 1\%$ ,  $\Delta$  –  $C = 1,5\%$

Из графика следует, что с уменьшением количественного значения длины волокна коэффициент динамической вязкости также имеет тенденцию снижения. Причем показатели средней длины волокна целлюлозы из-

начально имеют более высокие значения, а у макулатуры данные показатели значительно ниже.

Можно предположить, что влияние длины волокна на изменение вязкости волокнистых суспензий объясняется изменением структуризации волокон в потоке, то есть происходит более однородное ориентирование укороченных волокон суспензии.

#### *Вывод*

Таким образом, при оценке качества помола волокнистой массы, вместо нескольких показателей её состояния, достаточно воспользоваться анализом одного показателя – коэффициента динамической вязкости волокнистой суспензии.

#### Список литературы

1. Ерофеева, А. А. Безножевой размол волокнистых полуфабрикатов с учетом реологических особенностей суспензий: дисс. канд. техн. наук: 05.21.03 / А. А. Ерофеева. Красноярск, 2012. 134 с.
2. Ерофеева А. А., Ковалев В. И., Алашкевич Ю. Д., Барановский В. П. Анализ распределения скорости струи суспензии при течении ее в рабочих органах размольной установки «струя – преграда» // Лесной вестник. 2010. № 4. С. 157-160.
3. Ерофеева, А. А. Зависимость изменения коэффициента динамической вязкости волокнистых суспензий от их физического состояния / А. А. Ерофеева, Ю. Д. Алашкевич // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. ст. всерос. Науч.-практ. конф. Красноярск: СибГТУ. 2009, Т.1. С. 327-334.
4. Ерофеева, А. А. Влияние температуры на вязкость макулатурной массы / А. А. Ерофеева, В. И. Ковалев, Ю. Д. Алашкевич // Инновационные химические технологии и биотехнологии материалов и продуктов: сб.ст. междунар. конф. Рос. хим. общ-ва Д. И. Менделеева. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. С. 243 – 245.
5. Шайдуров, Г. Ф. О вязкости и упругости бумажной массы // Коллоидный журнал. 1955. Том XVII. Выпуск 5.
6. Ходаков, Г. С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование // Российский химический журнал. 2003. Т. XLVII. № 2. С. 33-44.



## УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И УЛУЧШЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

**Л.Н. Герке, А.В. Князева**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия*

*Возможности снижения выбросов парниковых газов посредством уменьшения одного из его составляющих – углекислого газа (необходимо отметить глобальное участие углекислого газа в образовании всей растительной биомассы в процессе фотосинтеза и значимость лесов в регуляции содержания парниковых газов атмосферы) и, тем самым, улучшение климатических условий*

## REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND IMPROVEMENT OF CLIMATIC CONDITIONS

**L. N. Gerke, A. V. Knyazeva**

*Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia*

*The possibility of reducing greenhouse gas emissions by reducing one of its components – carbon dioxide (it is necessary to note the global participation of carbon dioxide in the formation of all plant biomass in the process of photosynthesis and the importance of forests in regulating the content of greenhouse gases in the atmosphere) and, thereby, improving climatic conditions*

Регулярная и злободневная тема в средствах массовой информации – это поступающие многочисленные сообщения о катастрофическом антропогенном загрязнении планеты и глобальном изменении климата, вызванном парниковым эффектом.

Парниковый эффект – это повышение температуры нижних слоёв атмосферы планеты по сравнению с эффективной температурой, то есть температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса. Тепловой баланс Земли – это разность между нагревом солнечным излучением (поглощая видимый свет, поверхности нагреваются) и охлаждением за счет лучеиспускания (поверхности излучают тепловые или инфракрасные лучи). Но оптические свойства атмосферы Земли аналогичны оптическим свойствам стекла, то есть прозрачность атмосферы в инфракрасном диапазоне ниже, чем прозрачность в диапазоне оптическом или диапазоне видимого света. И прозрачность атмосферы зависит от её состава. Атмосферой принято считать ту область вокруг Земли, в которой газовая среда вращается вместе с Землёй как единое целое. Атмосфера переходит в межпланетное пространство постепенно, в экзосфере, начинающейся на высоте

500-1000 км от поверхности Земли [1, 2]. Граница атмосферы и космоса проводится по линии Кармана [2], расположенной на высоте 100 км. Ещё в 1896 году шведский ученый Сванте Аррениус своими исследованиями показал зависимость оптической прозрачности атмосферы от содержания в ней паров воды и углекислого газа [3]. Таким образом, парниковые газы – это газы с высокой прозрачностью в видимом диапазоне и с высоким поглощением в среднем и дальнем инфракрасном диапазонах. Основными парниковыми газами являются водяной пар, углекислый газ, метан и озон.

Снижение выбросов парниковых газов является актуальной задачей во всём мире. В данном случае рассмотрены возможности снижения этих выбросов посредством уменьшения одного из его составляющих – углекислого газа. Основными источниками углекислого газа, а последними научными исследованиями доказан их антропогенный характер, являются: сжигание ископаемого топлива, в том числе и в двигателях внутреннего сгорания, и промышленные процессы (например, производство цемента). Антропогенная эмиссия увеличивает концентрацию углекислого газа в атмосфере, что является главным фактором изменения климата. Согласно современным научным представлениям, возможность дальнейшего накопления углекислого газа в атмосфере ограничена риском неприемлемых последствий для биосферы и человеческой цивилизации [4].

Вместе с тем необходимо отметить глобальное участие углекислого газа в образовании всей растительной биомассы в процессе фотосинтеза. Значимость лесов в регуляции содержания парниковых газов атмосферы была признана ключевыми международными соглашениями по сохранению глобального климата. Причем, лесной комплекс при эффективном его развитии способен не только преумножать возобновляемые ресурсы, но и компенсировать ущерб, в том числе, наносимый другими видами деятельности. Дерево в процессе своего роста и развития благодаря фотосинтезу активно поглощает углекислый газ, и при помощи солнечного света, воды, и питательных веществ из почвы преобразует его в органические вещества. Каждое дерево на 1 кубический метр своего объема во время стадии активного роста поглощает примерно 1 тонну углекислого газа. Однако стареющие деревья прекращают активно поглощать  $\text{CO}_2$ , а в процессе гниения биомассы углекислый газ выделяется в атмосферу, т.е. гниющая биомасса является источником парниковых газов. Поэтому необходимо срубать старые гниющие деревья и высаживать новые. А срубленную перестойную древесину нужно перерабатывать – так естественным образом запускаются процессы депонирования углерода. Таким образом, вовлечение

в хозяйственную деятельность невостробованной части биомассы древесины является чрезвычайно актуальной проблемой.

В данном случае проведены полевые испытания по экспериментальной оценке биомассы деревьев маловостребованных мягко-лиственных пород липы и осины и степень деградации древесины исследуемых пород в зависимости от возраста деревьев, которая показывает необходимость освобождения лесных площадей от перестойной древесины. Чем старше деревья, тем менее активно они поглощают углекислый газ, а при гниении выделяют  $\text{CO}_2$  в атмосферу. В результате можно сказать, что после 65 лет липа на 20 %, а осина на 30 % сгнивает, а гниющая биомасса становится источником парниковых газов, и поэтому такие деревья необходимо срубать в первую очередь, засаживая освободившиеся территории молодыми саженцами. А срубленную нетоварную древесину активно вовлекать в хозяйственную деятельность. Так, естественным образом запускаются процессы депонирования углерода. Известно, что на образование одной тонны биомассы из атмосферы поглощается почти 1,5 тонны диоксида углерода. Если учесть, что ежегодный прирост биомассы на планете согласно данным различных источников составляет от 150 до 200 млрд. тонн, то из атмосферы на эти цели потребляется от 225 до 300 млрд. тонн диоксида углерода, одного из основных парниковых газов.

Этот способ депонирования диоксида углерода, «запроектированный» природой, несмотря на все достижения человечества, и, учитывая масштабы проблемы, остается, пожалуй, единственным. Депонирование диоксида углерода в растительную биомассу является процессом организованного хранения на определённый период в зависимости от вида растительной биомассы. Древесное топливо считается углерод-нейтральным по сравнению с ископаемыми видами топлива потому, что при организованном сгорании древесины и топлива из неё в атмосферу выделяется столько же диоксида углерода, сколько этим древесинным веществом было поглощено при образовании в процессе биосинтеза. Это же количество углекислого газа выделится при естественном разложении биомассы, например, в лесу. Это так называемый круговорот углерода или углеродный цикл.

Так называемый углеродный след – это диоксид углерода, поступивший и поступающий в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человечества. И как выяснилось, часть диоксида углерода от переработки древесины в этом балансе имеет нулевое значение. Другими словами, растительная биомасса является углерод-нейтральным веществом. Эту нейтральность или нулевой баланс смесить в сторону большего поглоще-

ния CO<sub>2</sub> можно при помощи технологии термохимического разложения растительной биомассы или технологии пиролиза.

Быстрый пиролиз – это способ термохимического разложения растительной биомассы в бескислородной среде, при котором осуществляется быстрый нагрев частиц биомассы (500-1000°С/сек) и быстрый отвод продуктов разложения из зоны реакции. Продуктами процесса быстрого пиролиза являются углистый остаток и парогазовая смесь, которая посредством конденсации разделяется на жидкий полуфабрикат, так называемую био-нефть, и несконденсированный продукт – пиролизный газ. Углистый остаток (biochar или биочар), который при переработке древесины представляет собой древесный уголь, широко востребованный на рынке продукт .

Суть рекомендации по вовлечению в хозяйственную деятельность низкотемпературной древесины для уменьшения углеродного следа заключается во внесении углистого остатка – биочара в почву в качестве улучшающей структуру почвы добавки. Это позволяет получить почвы, аналогичные Терра прета (от португальского Terra preta – черная земля) – искусственные (антропогенные) почвы на основе низкотемпературного активированного угля, открытые археологами в бассейне Амазонки (Бразилия) и в других регионах земного шара. Такие почвы обладают исключительной способностью восстановления высокого плодородия. Благодаря большому количеству древесного угля в таких почвах создается благоприятная для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов влажностно-воздушная среда, что в свою очередь способствует повышению плодородия за счет фиксации атмосферного азота и перевода других элементов питания растений в легкодоступную для них форму [5]. Вместе с тем, углерод, внесенный в почву, как очень инертный материал депонируется в почву на долгосрочную перспективу (тысячелетия), о чем говорят исследования археологов. Другими словами, этот углерод или эта часть углеродного следа исключается из углеродного цикла. Получаемый в процессе пиролиза углистый остаток должен использоваться в соответствии с назначением почв, причем не всегда для почв сельскохозяйственного назначения, например, для рекультивации почв мусорных полигонов и т.д. Потенциал такой технологии переработки нетоварной древесины достаточно высок.

Итак, проведена оценка биомассы деревьев маловостребованных мягко-лиственных пород осины и степень деградации древесины исследуемых пород в зависимости от возраста деревьев, которая показывает необходимость освобождения лесных площадей от перестойной древесины. В рамках решения проблемы снижения выбросов парниковых газов, а тем

самым, улучшения климатических условий, необходимо вовлечение в хозяйственную деятельность низкотоварной перестойной древесины с использованием актуальной технологии быстрого пиролиза. Известно, что внесение в почву одной тонны биочара ведёт к извлечению из углеродного следа 3,7 тонны диоксида углерода (около 2 тыс. м<sup>3</sup>). Образование в результате биосинтеза количества биомассы, необходимого для получения одной тонны биочара сопровождается выделением в атмосферу более 6,6 тонн кислорода (более 5 тыс. м<sup>3</sup>). А освобождение площадей лесного назначения от не востребованной ранее древесины путём вовлечения этой части отходов в переработку, и открывающаяся в результате этого вовлечения возможность посадки на освобождённых площадях здоровых лесных насаждений из ценных для хозяйственного назначения пород древесины дают возможность улучшения климатических условий.

#### Список литературы

1. Hay W. W. *Experimenting on a Small Planet: A History of Scientific Discoveries, a Future of Climate Change and Global Warming*. 2nd ed. Springer, 2016. P. 426. 819 p.;
2. S. Sanz Fernandez de Cordoba. 100 km Altitude Boundary for Astronautics, 1994 [Электронный ресурс]. URL <http://www.fai.org/icare-records/100km-altitude-boundary-for-astronautics>. [Online; accessed 9-May-2018; accessed 1-Jul 2004 at <http://www.fai.org/astronautics/100km.asp>] (Дата обращения 15.12.2021);
3. Samuel P. Langley (and Frank W. Very), 1890, The Temperature of the Moon, "Memoir of the National Academy of Sciences", vol. iv. 9th mem. 193pp.;
4. Кулагина В.И., Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Рязанов С.С., Кольцова Т.Г. Фитотестирование водной вытяжки как биологический метод интегральной оценки влияния биоугля на почву // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. №14. С. 128-131;
5. Рязанов С. С., Кулагина В. И., Грачев А. Н., Сунгатуллина Л. М., Забелин С. А., Шагидуллин Р. Р. Влияние биоуглей из илов сточных вод на рост растений, почвенные микроорганизмы и содержание азота в серых лесных почвах Рязанов С.С. / Кулагина В.И. [и др.] // Принципы экологии. 2020. Т.4. №38. С. 54-70.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СГУЩЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ТЭЦ (ЗОЛОТОВАЛАХ), ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**С.С. Голубев, А.А. Коробов, А.А. Коношенков**

*АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», Санкт-Петербург, Россия*

*Сгушение – это технология, направленная на уменьшение свободной воды в технологическом цикле системы гидравлического складирования золошлаков ТЭЦ, обслуживающих целлюлозно-бумажное производство. Она позволяет реализовывать концепцию ресурсосбережения и минимизации воздействия на поверхностные и подземные воды.*

## **USING OF SOLIDS THICKENING TECHNOLOGIES ON THERMAL POWER PLANT WASTE DISPOSAL FACILITIES (ASH DUMPS) IN PULP AND PAPER INDUSTRY**

**S.S. Golubev, A.A. Korobov, A.A. Konoshenkov**

*“Vedeneev VNIIG”, JSC, Saint-Petersburg, Russia*

*Solids thickening is the technology used to reduce the amount of free water within the technological cycle of hydraulic ash disposal systems of thermal power plants serving the pulp and paper production. It allows to implement the resource saving concept and minimize the impact on surface and ground water.*

Как известно, любое масштабное производство, включающее в себя большое количество оборудования различного типа, требует значительного количества электрической и тепловой энергии. Целлюлозно-бумажная промышленность в этом плане – не исключение. Поэтому крупные целлюлозно-бумажные комбинаты оснащены в своем составе теплоэлектроцентралями (ТЭЦ).

Как и в случае с любой другой ТЭЦ, работа этих объектов связана с постоянным образованием большого количества побочного продукта – негорящего остатка в виде золы и шлака. Часть золы уносится из котла дымовыми газами и улавливается золоуловителями. Более крупные частицы золы выпадают в нижнюю часть котла, спекаются при высокой температуре с негорючей минеральной частью топлива и образуют шлак [1].

Выход золы и шлака с одной ТЭЦ может составлять сотни тысяч тонн в год. Зола, в соответствии с действующим законодательством, относится к отходам IV-V класса опасности (малоопасные и практически неопасные) [2].

Для обеспечения бесперебойной эвакуации, транспортирования и складирования золошлаков в отвал применяются системы золошлакоудаления.

На сегодняшний день наибольшее распространение получил гидравлический способ золошлакоудаления (ГЗУ), при котором транспортирование золошлаковых материалов (ЗШМ) осуществляется в виде пульпы [1].

Размещение золошлаков происходит на золошлакоотвалах (ЗШО), являющимися объектами размещения отходов. ЗШО являются звеном технологического цикла ТЭЦ, работающих на твердом топливе, и предназначены для организованного складирования золошлаковых отходов.

ЗШО включают в себя ограждающую и, при необходимости, одну или несколько разделительных дамб, распределительный золошлакопровод, дренажную систему, водосбросные сооружения, защитные сооружения и др.

ЗШО являются гидротехническим сооружением определенного класса ответственности [3], в зависимости от его проектных параметров. Золошлаковая пульпа подается в емкость накопителя путем гидравлического намыва через распределительный золошлакопровод.

В емкости накопителя происходит разделение пульпы – выпадение золошлаков и осветление транспортирующей воды. Осаждение твердых частиц сопровождается естественной сегрегацией: возле золошлакопровода скапливается крупная фракция, образуя откос (пляж), поверхность которого выше уреза воды. Более мелкая фракция стекает к центру накопителя.

Объем воды, поступающий в накопитель в составе золошлаковой пульпы, образует отстойный пруд. По площади отстойного пруда происходит осаждение более мелких частиц и осветление воды, затем её верхний слой сливается в водоприемный колодец.

Как правило, чем длиннее путь осветления, тем чище вода на выходе. При проектировании сооружения это должно учитываться, поскольку осветленная транспортирующая вода должна использоваться в оборотном цикле и поступать на ТЭЦ для вторичного использования.

Одним из ключевых мероприятий по обеспечению экологической безопасности предприятия, в числе прочих, является система оборотного водоснабжения. При применении этой системы, в сравнении с прямоточной, минимизируются риски негативного воздействия на поверхностные и подземные воды. Кроме того, оборотное водоснабже-

ние удовлетворяет принципам ресурсосбережения – пропадает необходимость в постоянном использовании природных водных ресурсов, за исключением минимальных внешних технологических подпиток замкнутой системы.

Однако, на практике, исходя из стесненных условий размещения накопителя, либо высокого содержания трудноосаждаемых частиц в составе золошлаковой пульпы, далеко не всегда удается добиться требуемой длины пути осветления при проектировании и эксплуатации объекта. В результате качество осветленной воды в точке слива либо со временем становится хуже, либо в принципе не может достичь желаемых проектных значений.

Это приводит к недостаточной эффективности гравитационного осаждения зольных отложений, накоплению в технической воде трудноосаждаемых частиц, зашламлению оборотной воды и превращению её в суспензию. В таких условиях система оборотного водоснабжения будет требовать добавления чистой воды извне, либо в целом возникает необходимость перехода на прямоточную систему водоснабжения, с применением очистных сооружений и осуществлением сброса чистой воды в естественные водоемы.

Другой основной проблемой традиционной схемы ГЗУ является является низкий коэффициент транспортной эффективности, равный отношению работы по перемещению сухой золы и шлака в отвал ( $\mathcal{E}_0$ ) к сумме работ по перемещению в отвал гидросмеси ( $\mathcal{E}_r$ ) и возврату осветленной воды на ТЭС ( $\mathcal{E}_в$ ) [1]:

$$f_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{E}_r + \mathcal{E}_в} 100\% \quad (1)$$

На большинстве действующих ТЭЦ коэффициент транспортной эффективности систем ГЗУ равен примерно 1%, что соответствует соотношению твердой и жидкой части пульпы в диапазоне 1:50-1:70. В данном случае мерой повышения эффективности систем ГЗУ является повышение концентрации золошлаковой пульпы, уменьшение количества свободной воды.

Основной современной технологией, нашедшей относительно широкое применение в решении вышеописанных проблем, является технология сгущения.

Процесс сгущения начинается с непрерывного разбавления исходной пульпы до заданной концентрации и осуществляется посредством даль-



нейшей её обработки подобранным реагентом (флокулянт, коагулян- том), в результате чего трудноосаждаемые частицы связываются в более крупные флоккулы большего размера, которые осаждаются под действием силы тяжести, формируя поверхность постели с ярко выраженной грани- цей между осветленным сливом над ней.

В установившемся процессе исходное разбавление пульпы произво- дится частью полученного чистого слива, поэтому система замкнута сама на себе с частичной полезной отдачей чистой воды.

Схематичное представление процесса сгущения, происходящего в радиальном высокопроизводительном сгустителе с системой авторазбав- ления, представлено на рисунке 1 [4].

Пример конструкции радиального сгустителя представлен на рисун- ке 2 [5].

Технология сгущения может включать в себя различные виды сгу- стителей (радиальные, пластинчатые, с наличием или отсутствием специ- альных систем питания или авторазбавления и т.д.), либо их последова- тельную цепочку. В конечном счете основной задачей стоит извлечение из пульпы или оборотной воды максимально возможного количества техни- ческой воды требуемого качества, с отделением твердой осаждаемой фазы.

Сгущенный продукт, являющийся обезвоженным до определенной степени осадком, подается в емкость ЗШО для дальнейшего отстаивания.

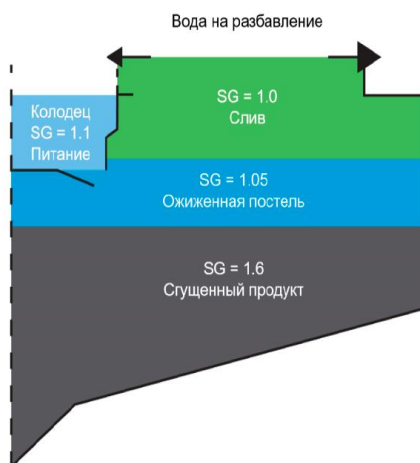


Рис. 1. Схематичное представление процесса сгущения

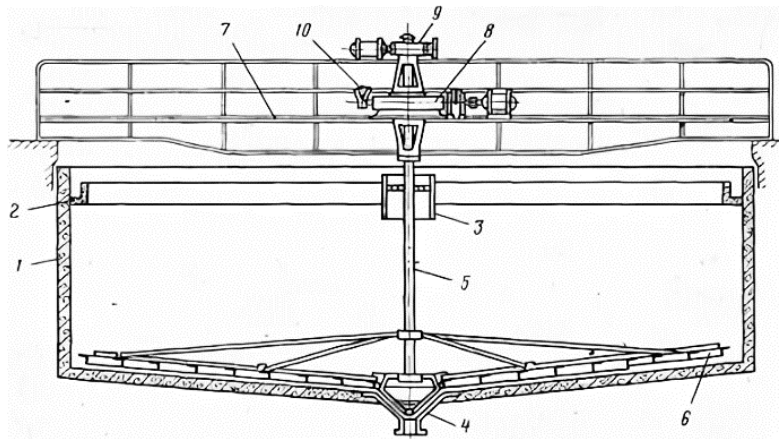


Рис. 2. Конструкция радиального сгустителя: 1 – чан; 2 – сливной желоб; 3 – загрузочная воронка; 4 – разгрузочный конус; 5 – центральный вал; 6 – граблины; 7 – ферма; 8 – привод; 9 – механизм подъема вала с граблинами; 10 – указатель перегрузки сгустителя.

Пример технологической схемы внешнего золошлакоудаления с применением сгущения представлена на рисунке 3 [1].

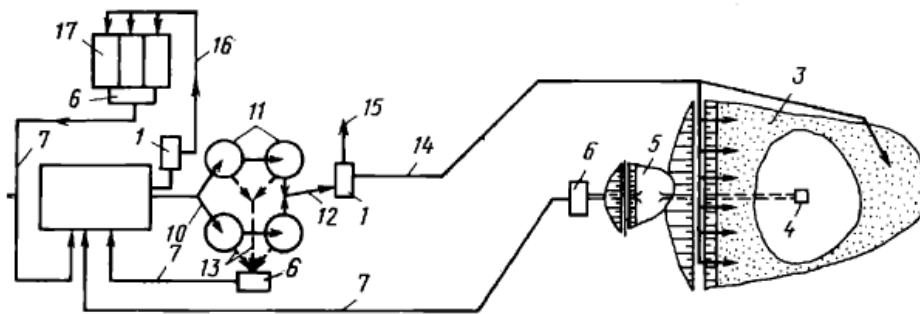


Рис. 3. Технологическая схема внешнего золошлакоудаления с применением сгущения: 1 – багерная насосная; 3 – золоотвал; 4 – водосбросной колодец; 5 – пруд осветленной воды; 6 – насосная осветленной воды; 7 – водовод осветленной воды; 10 – подача пульпы на сгущение; 11 – сгустители; 12 – подача сгущенной пульпы в багерную насосную; 13 – сброс осветленной воды; 14 – пульпопровод сгущенной пульпы; 15 – подача сгущенной пульпы на утилизацию; 16 – шлакопровод; 17 – шлакоотстойники.

Использование технологии сгущения может найти выгодное применение в схемах ГЗУ ТЭЦ, поскольку решают, по меньшей мере, три задачи:

1. Получение большего объема чистой воды для нужд оборотного водоснабжения ТЭЦ как за счет слива самих установок, так и за счет лучшей осаждаемости получаемого осадка и более эффективного дальнейшего гравитационного осветления пульпы в емкости накопителя. Это способ-

ствуует улучшению качества оборотной воды и уменьшению внешнего водопотребления.

2. За счет уменьшения количества воды, транспортируемой на ЗШО и обратно на ТЭЦ, при том же количестве транспортируемых отходов, снижаются общие энергозатраты на производство одной и той же работы ( $\Delta_r$  и  $\Delta_b$ ), и, следовательно, увеличивается коэффициент транспортной эффективности объекта.

3. Уменьшение количества свободной воды в накопителе благоприятно сказывается на безопасности гидротехнических сооружений объекта размещения отходов, поскольку темпы роста уровня воды снижаются, растут длины намывных пляжей, что приводит к увеличению устойчивости сооружения. Кроме того, накопление объема воды на образование отстойного пруда ЗШО замедляется, следовательно, замедляется темп заполнения емкости в целом, что увеличивает срок эксплуатации накопителя.

Внедрение данной технологии в предприятие производится в рамках разработки технологических регламентов и дальнейшего технического перевооружения объектов проектирования.

Применимость внедряемого оборудования и цепей аппаратов определяется на соответствующей цепи лабораторного, а затем и опытно-промышленного оборудования. В результате этих работ, в том числе, определяется оптимальный режим работы оборудования, качественно-количественные показатели проектируемой цепи.

#### Список литературы

1. Сысоев Ю.М., Кузнецов Г.И. Проектирование и строительство золоотвалов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 248 с.: ил.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления".
3. Постановление от 5 октября 2020 года N 1607 «Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений».
4. Модернизация отделения сгущения повысила эффективность технологического процесса на Талнахской Обоганительной Фабрике. Metso:Outotec, 2021 г. Режим доступа: <https://www.mogroup.com/ru/insights/blog/mining-and-metals/thickener-modernization-improves-process-performance-at-norilsk-nickel-russia/> (дата обращения: 12.05.2022).
5. Е.А. Тетерин. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Шламовое хозяйство обоганительных фабрик» / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. 32 с.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕЛИ  
ЗА СЧЕТ ПОДСАДКИ БЫСТРОРАСТУЩИХ ПОРОСЛЕВЫХ ДЕРЕВЬЕВ  
ОЛЬХИ СЕРОЙ В КАЧЕСТВЕ СИДЕРАТА С ПОСЛЕДУЮЩИМИ  
МНОГОКРАТНЫМИ ЗАГОТОВКАМИ ОЛЬХИ ЧЕРЕЗ РУБКИ УХОДА**

**А.В. Давыдов, С.В. Третьяков**  
ФБУ «СевНИИЛХ», Архангельск, Россия

*Для того, чтобы увеличить эффективность и углерододепонирующую роль лесовосстановления ели на вырубках предлагается разработать способ посадки ее культур вместе с черенками или саженцами ольхи серой. Такая мера в идеале позволит улучшить состояние почвы, защитит подрост ели от заморозков и даст возможность заготавливать спелые деревья ольхи серой каждые 20 лет в процессе рубок ухода.*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF SPRUCE REFORESTATION  
BY PLANTING FAST-GROWING GROWTH TREES OF GRAY ALDER  
AS A SIDERATE, FOLLOWED BY REPEATED HARVESTINGS OF ALDER  
THROUGH THINNING**

**A.V. Davydov, S.V. Tretyakov**  
NRIF, Arkhangelsk, Russia

*In order to increase the efficiency and carbon-depositing role of spruce reforestation in cuttings, it is proposed to develop a method for planting its crops together with cuttings or seedlings of gray alder. Such a measure would ideally improve the condition of the soil, protect the spruce undergrowth from frost and make it possible to harvest ripe alder trees every 20 years during in process of thinning.*

Лесовосстановление представляет собой обязательное мероприятие, следующее за сплошными рубками, если количество и качество подроста не соответствует требованиям актуальных Правил лесовосстановления. В Архангельской области лесовосстановлению подлежат хвойные породы, но некоторые из них требуют особого отношения. Одним из важнейших лесоводственных выводов является утверждение о ценности смешанных насаждений для произрастания хвойных пород и особенно ели.

Желательно и ценно ухаживать за обильным жизнеспособным подростом, но если его нет, то ответственные лица организуют посадки лесных культур, как это происходит, примерно, на половине вырубок Архангельской области. В связи с чем, печально известно, что успешно лесовосстанавливается только треть вырубок региона [1, 2]. Так происходит во многом из-за того, что перевод лесных культур в покрытую лесом площадь

осуществляется на начальном этапе роста, когда возобновляющаяся древесно-кустарниковая растительность способствует росту культур ели в высоту, но, при достижении елью первого класса возраста (20 лет), без рубок ухода начинается ее угнетение и вытеснение из наиболее плодородного слоя почвы [3]. Сущность взаимоотношений ели и березы поэтично выразил северный лесовод и преподаватель Н. С. Минин, утверждая, что береза для ели первые 20 лет является «нянькой», а после этого «мачехой», ведь сначала береза защищает еловый подрост от заморозков, а потом ее ветви начинают хлестать верхушки ели, уже вредя их росту.

При этом шведскими учеными был сделан вывод, благодаря которому мы сделали предположение о ключевой особенности положительного произрастания ели вместе с некоторыми листовыми породами [4]. В почве после вырубок елового древостоя временно снижается концентрация азота необходимого молодому поколению. В качестве решения шведы предлагают свой традиционный подход с внесением удобрений, но такая мера вредоносна для грибников, ведь грибы впитывают все, что есть в почве. Поэтому в удобренных европейских насаждениях не рекомендуют собирать грибы. Напротив, в русской лесокультурной практике принято удобрять поля лесных питомников азотом через посадку сидератов, ведь такая, еще советская мера, более экономичная и экологичная. Именно такими растениями являются представители семейства Березовые (Betulaceae), клубеньковые бактерии на корнях которых поглощают азот из атмосферы и фиксируют его в корнеобитаемом слое почвы [5]. Следует обратить внимание на то, что азотфиксирующая способность есть только у некоторых представителей названного семейства, и особенно стоит выделить из них ольху серую (*Alnus incana* L.). Содержание азота в почве, на которой она произрастает, может увеличиваться в 2 раза [5, 6].

Важно обратить внимание на тот факт, что ольха серая входит в число лесообразующих пород Архангельской области и наращивает свой процент в лесном фонде других регионов. В связи с чем, учеными из СевНИИЛХа и Института лесоведения РАН на протяжении ряда лет велись ее независимые исследования. Для Архангельской области по ней были разработаны лесотаксационные нормативы [7, 8].

Не менее интересным является ряд европейских исследований ольхи серой за последние 10 лет [9-16]. Исследователей и предпринимателей в странах Европы очень интересует производство биотоплива из быстрорастущих пород, в связи с чем, они закладывают плантации с коротким сроком ротации. Ольха серая привлекает их тем, что набирает

оптимальные объемы и достигает наибольших показателей прироста биомассы в среднем за 20 лет, будь она плантационного или естественного происхождения [6]. При этом помимо лесопромышленной и углерододепонирующей пользы ольха серая имеет существенный эволюционный потенциал к вегетативному возобновлению в охваченных исследованиями европейских странах, чем решает проблему недостатка европейских лесов, и в процессе корневого питания дополнительно очищает почвы от различных загрязнений, в том числе от тяжелых металлов.

Если говорить о выгодности заготовки древесины ольхи серой в России с биоэнергетической целью, то исследование, проведенное в Республике Карелия, показывает большую экономическую эффективность ее заготовки на расстоянии до 150 км от конечного потребителя в сравнении с использованием лесосечных отходов [17].

При возможных рубках ухода сероольховой поросли в еловых культурах очень важно учитывать исследования последствий выборочных рубок в ельниках Архангельской области. Данные специалистов показывают необходимость научного обоснования интенсивности рубок для того, чтобы избежать негативных последствий для дальнейшего произрастания еловой части древостоя [18].

Из представленных фактов следует:

1. Культуры ели желательно сажать смешанно с ольхой серой, чтобы добиваться фитомелиорации почвы азотом, очень нужным ели в процессе роста;
2. Имеет смысл изучить возможность подсадки к культурам ели черенков или саженцев ольхи серой;
3. В гипотетических смешанных елово-ольховых насаждениях искусственного происхождения целесообразно проводить рубки ухода с научно обоснованной интенсивностью каждые 20 лет, что позволит заготавливать спелую сероольховую древесину не менее 4 раз до достижения елью возраста спелости (100 лет);
4. Заготовка сероольховой древесины для производства биотоплива выгодна на расстоянии до 150 км от конечного потребителя;
5. Видится перспективным использование сероольховых опилок на месте рубок ухода в качестве дополнительного источника удобрений для еловых культур.

## Список литературы

1. Духтанова Н. В., Тайфуллина А. Ф. Влияние поросли лиственных пород на развитие молодняков ели [Электронный ресурс] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 4 (25). С. 8-10.
2. Зарубина Л. В. Состояние естественного возобновления ели в мелколиственных лесах на Севере России [Электронный ресурс] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 3 (351). С. 52-65. DOI: <http://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.3.52>.
3. Терехов Г. Г., Усольцев В. А., Касаткин А. С. Структура фитомассы и конкурентные отношения культур ели и лиственного молодняка // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. 25. № 3-4. С. 223-228.
4. Zanchi G., Lucander K., Kronnäs V., Lampa M.E., Akselsson C. Modelling the effects of forest management intensification on base cation concentrations in soil water and on tree growth in spruce forests in Sweden // European Journal of Forest Research. 2021. № 140. P. 1417–1429.
5. Долгова Л.Н. Почвоулучшающая роль и семеноводство ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) и ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench.) в Республике Марий: диссертация канд. с-х наук Л. Н. Долговой. Спб, 2003. 150 с. 6. Кремер Б. П. Деревья: Местные и завезенные виды Европы: пер. с нем. М: АСТ: Астрель, 2002. 288 с.
7. Гульбе Я. И., Гульбе А. Я., Ермолова Л. С., Гульбе Т. А. Исследования по биологической продуктивности лесов в Институте лесоведения РАН [Электронный ресурс] // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. 2019. № 4. С. 7–22. DOI: <http://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.4.01>.
8. Третьяков С. В., Коптев С. В., Богданов А. П., Ильинцев А. С., Демиденко С. А., Тимофеева А. В. Лесотаксационные нормативы для определения объема стволов ольхи серой *Alnus incana* L. по разрядам высот // Сибирский лесной журнал. 2017. № 3. С. 81–86.
9. Aosaar J., Vaik M., Uri V. Biomass production potential of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) in Scandinavia and Eastern Europe: A review // Biomass & Bioenergy. 2012. № 45. P. 11-26. DOI:<http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.05.013>.
10. Bārdulis A., Lazdina D., Daugaviete M., Bardule A., Daugavietis U., Rozītis G. Above ground and below ground biomass in grey alder *Alnus incana* (L.) Moench // Young stands on agricultural land in central part of Latvia. Agronomy Research. 2015. № 13 (2). P. 277-286.
11. Dering M., Boratynska K., Kosinski P., Boratynski A., Latalowa M. Could clonality contribute to the northern survival of grey alder [*Alnus incana* (L.) Moench] during the Last Glacial Maximumfl // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 2017. № 86 (1). P. 1-14. DOI: <http://doi.org/10.5586/asbp.3523>.
12. Hostyn G., Schwartz C., Côme J.-M., Ouvrard S. Assessment for combined phytoremediation and biomass production on a moderately contaminated soil // Environmental Science and Pollution Research. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19963-9>.

13. Hytönen J., Saarsalmi A. Biomass production of coppiced grey alder and the effect of fertilization // *Silva Fennica*. 2015. № 49 (1). DOI: <http://doi.org/10.14214/sf.1260>.

14. Liepiņš J., Liepiņš K. & Lazdiņš A. Equations for estimating the above- and belowground biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) and common alder (*Alnus glutinosa* L.) in Latvia // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2021. № 36 (5). P. 389-400. DOI: <http://doi.org/10.1080/02827581.2021.1937696>.

15. Rytter L., Rytter R.-M. Growth and carbon capture of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) under north European conditions – Estimates based on reported research // *Forest Ecology and Management*. 2016. № 373. P. 56-65. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.034>.

16. Uri V., Aosaar J., Varik M., Becker H., Ligi K., Padari A., Kanal A., Lõhmus K. The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia // *Forest Ecology and Management*. 2014. № 327. P. 106-117. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.040>.

17. Суханов Ю. В., Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю. Оценка экономической эффективности систем машин для производства топливной щепы в Республике Карелия // *Resources and Technology*. 2013. № 1. С. 1-23. 18. Гусев И. И. Формирование таежных ельников выборочного хозяйства [Электронный ресурс] // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 1999. № 2-3. С. 11-18.



## **НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Н.А. Демина, В.В. Воронин, С.В. Горбунова**

*Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия*

*Представлены цели, задачи и результаты научно-исследовательских работ по выращиванию сеянцев хвойных пород. Решение проблем, связанных с производством качественного посадочного материала требует научного подхода к данному вопросу, поэтому рекомендации, разработанные на основе данных научно-исследовательских работ, будут являться существенным вкладом в развитие питомнического хозяйства.*

## **SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF GROWING PLANT MATERIAL, PROBLEMS AND WAYS OF THEIR SOLUTION**

**N.A. Demina, V.V. Voronin, S.V. Gorbunova**

*Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia*

*The goals, objectives and results of research work on the cultivation of seedlings of coniferous species are shown. Solving the problems associated with the production of high-quality planting material requires a scientific approach to this issue, therefore, recommendations developed on the basis of research data will be a significant contribution to the development of the nursery.*

В соответствии с федеральным проектом «Сохранение лесов» на территории нашей страны необходимо обеспечить в ближайшее время баланс между площадями выбытия и восстановления лесных насаждений. Выращивание качественного посадочного материала основных лесобразующих пород является важнейшей составляющей лесовосстановления. Одним из важнейших факторов реализации Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года является эффективное воспроизводство лесов с учетом передовых достижений лесной науки. Северный НИИ лесного хозяйства в рамках выполнения государственного задания «Проведение прикладных научных исследований» в период с 2019 г. и по настоящее время проводит исследования в области выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой и посадочного материала, выращиваемого в открытом грунте. Проведение научно-исследовательских работ (НИР) позволит выявить основные проблемы, найти возможные варианты их решения.

Так, при выполнении темы по изучению особенностей выращивания сеянцев с закрытой корневой системой были выполнены исследования по уточнению оптимальных сроков посева семян и выноса кассет на площадку доращивания, проанализировано действие различных гуминовых препаратов на рост и развитие сеянцев, влияние их при предпосевной обработке семян. Сформулированы предложения по усовершенствованию агротехнических и технологических приемов производства ПМЗК, обеспечивающих повышение выхода и качества сеянцев. Проведено обобщение данных по исследованиям 3 питомников Архангельской области, занимающихся выращиванием сеянцев с комом субстрата, отмечены особенности и проблемы тепличных комплексов. В результате представлен оптимальный (усредненный) вариант технологических карт двухротационной схемы выращивания ПМЗК ели и сосны. Технологическая карта содержит необходимые указания и нормативы по технологическим операциям. В них представлены наиболее рациональные методы выполнения различных видов работ, а также выстроена цепочка действий рабочего с целью экономии времени и повышения эффективности труда.

Для правильной оценки объемов лесовосстановительных работ и потребности в посадочном материале в ближайшем будущем составлена сводная таблица значимых для лесовосстановления показателей по субъектам, входящих в таежную зону Европейской части Российской Федерации (табл. 1), где представлены следующие показатели:

– площадь фонда лесовосстановления – показатель, отражающий объем лесных земель, основную часть которого составляют свежие необлесившиеся вырубки (порядка 90% от общей площади). Данный показатель определяет фронт работы по субъекту РФ в лесокультурном деле на длительную перспективу. В таблице приведены данные за год, предшествующий году разработки Лесного плана (как правило, за 2018 г);

– ежегодная заготовка семян лесных растений. Наличие семян является основой питомнического дела. Как правило, в лесной зоне заготавливают семена основных лесобразующих хвойных пород сосны и ели. В таблице приведен плановый показатель, согласно действующим Лесным планам субъектов РФ;

– площадь лесных питомников. Показатель отражает, на какой площади функционируют питомники, задействованные для выращивания посадочного материала в субъектах РФ;

– ежегодная площадь искусственного лесовосстановления. Приводятся плановые показатели согласно действующим Лесным планам;

– выращивание стандартных сеянцев в год на территории субъекта РФ. В числителе – всего, в знаменателе – в том числе с закрытой корневой системой. Плановый показатель, согласно действующим Лесным планам субъектов РФ.

Таблица 1. Сводная таблица значимых для лесовосстановления показателей по субъектам Российской Федерации\*

№	Субъект РФ	Площадь фонда лесовосстановления, тыс. га	Ежегодная заготовка лесных семян, кг	Площадь лесных питомников, га	Ежегодная площадь искусств. лесовосстановления, га	Выход стандартных сеянцев, всего /в том числе с ЗКС, млн. шт.
		Факт.	План.	Факт.	План.	План.
1	Мурманская область	34,2	108	0,6	224	1,27
2	Республика Карелия	140,5	2389	113,1	7558	20,6 / 10,3
3	Архангельская область	393,0	600	61	6230	15,83 / 9,95
4	Республика Коми	194,3	95	62,8	2497	15,7 / 11,7
5	Вологодская область	301,2	725	190	5470	19,0 / 2,8
6	Кировская область	11,7	1480	55	6700	32,0 / 7,0
7	Ленинградская область	96,1	390,4	315	8661	24,5 / 5,0

\*Примечание: приведены данные согласно действующим Лесным планам субъектов РФ на 2022 год [1-7].

Анализируя действующий Лесной план Архангельской области по сравнению с другими субъектами РФ, необходимо отметить следующее: в области имеется самая большая площадь фонда лесовосстановления – 393 тыс.га. При этом необходимо сделать вывод о том, что весь спектр работ по лесовосстановлению и, прежде всего, развитие питомнического дела как основы искусственного лесовосстановления, крайне важен. Ежегодная заготовка семян лесных растений (плановая) в Архангельской области явно недостаточна для всех лесных питомников, при норме высева семян ели в питомнике (72 кг/га) [8], семян хватит для посева на 8 га производящей площади питомников. Площадь лесных питомников в области, для наращивания объемов искусственного лесовосстановления не достаточная.

Выход стандартного посадочного материала (плановый объем) достаточен для проведения посадки на запланированных лесокультурных площадях. Однако, необходимо заметить, что в последние десятилетия (по сравнению с советским периодом) идет постоянное снижение объемов искусственного лесовосстановления перед содействием естественному возобновлению и естественным зарастанием лесных вырубок.

Анализируя таблицу, необходимо отметить следующее: количество посадочного материала с открытой корневой системой (ОКС), которое планируется использовать для искусственного лесовосстановления в 2022 году, составляет 64 % от общего количества. Выращивание посадочного материала с ОКС производится в основном в открытом грунте, поэтому, проводимые исследования ФБУ «СевНИИЛХ» являются весьма актуальными в современных условиях.

С 2022 г. ведется научно-исследовательская работа по обследованию лесных питомников и интенсификации выращивания посадочного материала открытого грунта. Целью работы является разработка предложений по интенсификации выращивания сеянцев хвойных пород в открытом грунте лесных питомников в Северо-таежном лесном районе европейской части Российской Федерации, Карельском северо-таежном районе, Карельском таежном районе, Балтийско-Белозерском таежном районе и Двинско-Вычегодском таежном районе в современных условиях.

Выполнение НИР будет включать следующие задачи:

– обследование лесных питомников в таежной зоне с проведением анализа почвенного плодородия, оценки технологических приемов и операций, применяемых на предприятиях, а также оценки качества посадочного материала и выхода его с единицы площади;

– выявление общих проблем, особенностей отдельных питомников, постановку вопросов, требующих решения;

– проведение испытания стимуляторов, гуминовых препаратов и других экологически безопасных регуляторов текущего и пролонгированного плодородия почвы и роста сеянцев.

На сегодняшний день с учетом опыта исследователей, стоящих у истоков питомнического хозяйства в таежной зоне [9,10] можно предположить, что в лесных питомниках существует следующий перечень проблем, представленный в таблице 2, на решение которых будет направлена научно-исследовательская работа.

Таблица 2. Основные проблемы, возникающие в лесных питомниках при выращивании посадочного материала в открытом грунте

Проблема*	Предлагаемые решения
Низкое плодородие почв	Внесение в почву почвоулучшителей, разработка системы оптимальных доз внесения удобрений
Высокая степень зараженности семян патогенами, полегание всходов и др.	Подбор современных и эффективных препаратов для профилактической обработки и при появлении болезней
Увеличенное количество сорной растительности в полях	Применение современных и эффективных гербицидов
Низкая всхожесть семян	Предпосевная обработка семян. Замачивание в стимуляторах прорастания семян
Выклевание семян птицами, ожог/подмерзание всходов	Использование укрывного и мульчирующего материала
Слабый рост сеянцев	Обеспечение равномерным поливом, подкормки минеральными удобрениями, опрыскивание стимуляторами роста

Примечание: \*перечень проблем и поиск их решений будет уточняться в процессе комплексного исследования питомников в 2022 году.

С данными проблемами в северных питомниках специалисты лесного хозяйства сталкиваются с момента появления лесопитомнического хозяйства. При выращивании посадочного материала в условиях Европейского Севера следует учитывать, что природно-климатические условия региона не совсем благоприятны. В рассматриваемых районах можно столкнуться с рядом негативных факторов: переувлажнение почв, заморозки поздне-весенние и ранне-осенние, климатические аномалии (экстремальные явления: длительные засушливые периоды, длительное обводнение территории, летние заморозки и т.д.). Данные факторы приводят к замедлению и остановке роста растений, что сильно отражается на выходе стандартного посадочного материала с единицы площади питомника. В ходе проведения исследований необходимо продолжить поиск технологических решений по смягчению воздействия климатических факторов для питомников открытого грунта.

Таким образом, обозначенные проблемы выращивания посадочного материала для искусственного лесовосстановления на лесных вырубках и их решение являются важнейшим элементом интенсификации лесного хозяйства. Проработка проблем, связанных с выращиванием качественного посадочного материала требует научного подхода, поэтому рекомендации, разработанные на основе данных научно-исследовательских работ, будут являться существенным вкладом в передовые методы питомнического де-

ла, как в Архангельской области, так и на Северо-западе Российской Федерации.

*Финансирование:* Работа проведена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 122020100292-5.

#### Список литературы:

1. Лесной план Архангельской области, утвержден указом Губернатора Архангельской области от 14 декабря 2018 г. № 116-у.
2. Лесной план Республики Карелия на 2019-2028 годы, утвержден Распоряжением Главы республики Карелия от 24 декабря 2018 года N 731-р URL: <https://docs.cntd.ru/document/465420104> (дата обращения 29.04.2022)
3. Лесной план Мурманской области, утвержден Постановлением Губернатора Мурманской области от 20.03.2019 № 29-ПГ. Т. 1. Мурманск, 2019.
4. Лесной план Республики Коми. Вологда, 2019. URL:<https://docs.cntd.ru/document/465420104> (дата обращения 29.04.2022).
5. Лесной план Ленинградской области на 2019-2028 годы, утвержден Постановлением губернатора Ленинградской области от 25 декабря 2018 г. N 75-пг. С-Пб., 2018. 112 с.
6. Лесной план Кировской области на 2019-2028 годы, утвержден Указом Губернатора Кировской области от 29.12.2018 №165 URL: <http://mlh43.ru/lesnoy-plan/> (дата обращения 29.04.2022).
7. Лесной план Вологодской области, утвержден распоряжением Губернатора области от 30.11.2018 №4807-р URL: <http://dlk.gov35.ru/deyatelnost/deyatelnost-strukturnykh%20podrazdeleniy/lesnoy-plan-oblasti/> (дата обращения 29.04.2022).
8. Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам. М.: Лесная пром-ть, 1983. 280 с.
9. Мочалов Б.А. Научное обоснование и разработка интенсивной технологии выращивания посадочного материала хвойных пород для лесовосстановления на Европейском Севере России. Автореферат дис. на соиск. уч. ст. доктора с-х. наук. Архангельск, 2009. 40 с.
10. Маркова И.А., Жигунов А.В., Лесные культуры: агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках: уч. пос. для студентов по направлению подготовки 35.03.01 "Лесное дело". 3-е изд., доп. и перераб. Санкт-Петербург: СИНЭЛ: СПбГЛТУ, 2021. 134 с.

## ПРАВОВОЙ СТАТУС ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

**Е.В. Жаров**

*Адвокатское бюро «Жаров Группа», докторант НИУ ВШЭ, г. Москва, Россия*

*В настоящей статье рассмотрено соотношение понятий отходов, вторичных материальных ресурсов и побочного продукта на основе анализа судебной практики, нормативных правовых актов, а также нескольких законопроектов. Показано соответствие судебной практики и проектируемых законодательных новелл.*

### THE LEGAL STATUS OF SECONDARY RESOURCES DURING OF CONTROL MEASURES.

**E.V. Zharov**

*Law office «Zharov Group», doctoral student, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*

*This article describes the meanings of the concepts of waste, secondary material resources and a by-product based on the analysis of judicial practice, regulatory legal acts, as well as several bills. Correspondence of judicial practice and projected legislative novels is shown.*

Хозяйствующие субъекты заинтересованы в рациональном использовании сырья на всех стадиях производственного процесса. В зависимости от волеизъявления хозяйствующих субъектов и технологии производства сырье может быть квалифицировано как отход, вторичный материальный ресурс или побочный продукт. Точная правовая квалификация ресурса позволяет снизить расходы бизнеса (уменьшить платежи за негативное воздействие на окружающую среду), увеличить прибыль (вовлечь ресурс в хозяйственных оборот), что обуславливает высокое практическое значение тех вопросов, которые затронуты в настоящей статье.

Согласно п. 3.1, 3.3 ГОСТ 30772-2001 отходами являются остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью; вторичными материальными ресурсами (ВМР) являются отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки. Таким образом, вторичные материальные ресурсы представляются собой разновидность отходов, которые можно повторно использовать.

Исходя из этого, если основным принципом конкретного отхода является его невозвратность к переработке, как например, у отхода обогащения руды, на практике возникают трудности с квалификацией такого отхода в качестве вторичного материального ресурса [п. 12 ГОСТ Р 52793-2007].

Этот же ГОСТ закрепляет понятие побочного продукта (п. 3.16), под которым понимается дополнительная продукция, образующаяся при производстве основной продукции и не являющаяся целью данного производства, но пригодная как сырье в другом производстве или для потребления в качестве готовой продукции. Побочный продукт не является отходом.

Побочный продукт и ВМР могут быть сырьем для будущей продукции. Однако, побочный продукт в отличие от ВМР не отход, и его можно потреблять как готовую продукцию.

Согласно ГОСТ Р 54098-2010, для квалификации отхода в качестве ВМР его нужно идентифицировать, т.е. документально подтвердить возможное хозяйственное использование этого количества отходов как сырьевой базы. Согласно вышеназванному ГОСТу подтверждающими документами могут быть паспорт отходов; технологический регламент, в котором предусмотрены технологические операции по использованию определенного количества отходов в собственном производстве в качестве ВМР; договоры поставки-отгрузки или купли-продажи отходов для их использования в хозяйственных целях в качестве ВМР. Также нужно принять решение об использовании этого отхода в собственном производстве (или об отгрузке его другим потребителям для хозяйственного использования).

Судебная практика выявляет два дополнительных требования: отход становится ВМР, если он обособлен и соответствует ГОСТу.

Так, Арбитражный суд Уральского округа в постановлении от 07.04.2022 по делу № А71-402/2021 констатировал отсутствие ВМР, поскольку различные виды отходов складировались в одном контейнере, смешивались между собой, следовательно, не произошло накопления отдельных видов сортированных отходов, годных для последующей переработки.

Наоборот, Тринадцатый арбитражный апелляционный суд в постановлении от 21.10.2019 по делу № А21-3669/2019, констатировал наличие ВМР, поскольку в результате утилизации отхода получено вторсырье, соответствующее ГОСТу 10700-97 о макулатуре.



Для целлюлозно-промышленных предприятий дополнительным доказательством производства ВМР может быть наличие у них кода ОКВЭД 38.32.52 «Обработка отходов бумаги и картона» на деятельность по переработке бумаги и картона во вторичное сырье (см. письмо Минфина России от 07.06.2019 N 03-11-11/41980).

Для того, чтобы ресурс стал побочным продуктом, судебная практика выработала 5 других условий:

1. Ресурс должен образовываться при производстве основной продукции, не являться целью данного производства, но быть пригодным в качестве сырья в другом производстве или для потребления в качестве готовой продукции [1];

2. Ресурс должен непрерывно использоваться в едином технологическом производственном цикле, исключая необходимость его утилизации или удаления в порядке, предусмотренном Федеральным законом от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [2];

3. Уставная, проектная, технологическая и иная документация предприятия относит ресурс не к отходу, а к продукции или побочному продукту. В этой связи на предприятии могут быть разработаны технические условия, закрепляющие характеристики побочной продукции (технологическая инструкция и т.п.);

4. Побочный продукт должен соответствовать ГОСТу или техническим условиям;

5. Такой продукт не отнесен к вторсырью нормативными и техническими актами (п. 3.5 ГОСТ 30772-2001).

Таким образом, отнесение ресурса к побочному продукту в основном зависит от волеизъявления его собственника. При этом не имеет значения, что такой же по наименованию отход содержится в Федеральном классификационном каталоге отходов и что продукция имеет класс опасности. Организация сама определяет и обосновывает отнесение ресурса к категории «отход», «ВМР» или «побочный продукт».

Рассмотрим типичную ситуацию: отход, обладающий прекрасными топливными качествами, сожгли и получили пар. Произошла утилизация отхода или потребление продукции?

Такой отход будет «вторичным энергетическим ресурсом» [п. 3.4 ГОСТ 30772-2001], под которым понимается тот же ВМР, который повторно используется для производства тепловой и/или электрической энергии.

Согласно п. 5.37, 5.38 ГОСТ 30772-2001 произошла утилизация отхода: вторичное использование отходов для получения тепловой энергии, что не противоречит понятию утилизации. Если бы это был не отход, а побочный продукт, то его сжигание не было бы утилизацией отхода.

Другая типичная ситуация: из макулатуры делают бумагу и картон - это утилизация ВМР или использование ВМР?

Макулатура отнесена к отходам потребления [Прим. 2 к п. 3.12 ГОСТ 30772-2001] и вторсырью [ГОСТ 10700-97]. Результатом процесса утилизации отходов может быть не только выпуск готовых товаров (продукции), но и получение вторичного сырья, материала, пригодного для использования в целях их производства, которое также являясь товаром, участвует в хозяйственном обороте.

Макулатура является отходом (ВМР), в результате утилизации которой выпускается готовая продукция – бумага и картон. Если какой-нибудь из законопроектов станет законом, то макулатура (вторсырье) может стать не отходом (ВМР), а продукцией, и тогда утилизации отхода не произойдет.

Минприроды РФ подготовило поправки к федеральному закону «Об отходах производства и потребления», которые учитывают сложившуюся судебную практику.

Согласно законопроекту, ВМР представляют собой виды отходов, которые или компоненты которых могут быть вовлечены в хозяйственный оборот и которые получены в результате раздельного накопления, сбора или обработки отходов либо образованы в процессе производства. Собственник ВМР обязан утилизировать его путем использования при производстве товаров, оказании услуг, выполнении работ, или передать другим лицам для утилизации. Захоронение ВМР не допускается. Правительство РФ установит перечни товаров и работ, производство и выполнение которых допускается только с использованием определенной доли ВМР в их составе.

Понятие побочного продукта осталось прежним – к ним могут быть отнесены вещества или предметы, образующиеся при производстве основной продукции и не являющиеся целью данного производства, если такие вещества или предметы пригодны в качестве сырья в собственном производстве или для потребления в качестве продукции. Организации или предприниматели, у которых образуются вещества или предметы, не являющиеся продукцией производства, сами относят их либо к отходам, либо к побочным продуктам в соответствии со своими техническими регла-

ментами производства продукции и правилами бухгалтерского учета запасов на основании данных о компонентном и химическом составе таких веществ и предметов вне зависимости от их включения в ФККО. Побочный продукт предлагается признавать отходом в двух случаях, если они размещены в объекте размещения отходов или не используются по назначению в течение 3 лет со дня их отнесения к побочному продукту. В пояснительной записке к законопроекту говорится, откуда взят 3-летний срок – это разумный срок накопления побочной продукции на складе для своего производства или реализации другим лицам. После признания побочного продукта отходом НВОС начисляется «задним числом» с момента, когда ему был присвоен статус побочного продукта.

Законопроект вводит новое регулирование вторсырья. На сегодня вторсырье - это только ВМР, т.е. отход, для которого имеется реальная возможность и целесообразность использования в народном хозяйстве [п.3.5 ГОСТ 30772-2001]. Законопроект расширяет понятие вторсырья и предлагает альтернативу: вторсырье – это либо ВМР (отход), который может непосредственно использоваться в производстве другой продукции (кроме пищевой) или иной хозяйственной деятельности, либо это продукция, полученная из ВМР, которая может использоваться в производстве другой продукции (кроме пищевой) или иной хозяйственной деятельности.

Кроме того, есть депутатский законопроект, который прошел первое чтение в Государственной Думе 24.05.2022 и имеет два отличия от министерского: вторсырье - это только продукция из ВМР; предполагается ввести перечни товаров с обязательной долей не ВМР, а вторсырья.

Таким образом, безотходное производство выгодно бизнесу и нужно государству, поскольку улучшается экология; побочный продукт не включается в лимиты на размещение отходов; на побочный продукт не начисляется плата за НВОС при размещении отходов [Абз. 2 ч. 1 ст. 16.1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ].

#### Список литературы

1. Постановление 19ААС от 03.03.2022 по делу № А48-10483/2021.
2. Постановление Арбитражного суда Уральского округа от 19.08.2019 по делу № А07-21585/2018.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ С ЦЕЛЮ СОКРАЩЕНИЯ ПЕРИОДА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСОВ В КАЧЕСТВЕ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ CO<sub>2</sub>

А.С. Ильинцев<sup>1,2</sup>, А.П. Богданов<sup>1,2</sup>, С.В. Третьяков<sup>1,2</sup>, С.В. Коптев<sup>1,2</sup>, Т.Н. Кобылина<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

<sup>3</sup>ГКУ Архангельской области «Верхнетоемское лесничество», пос. Двинской, Архангельская область, Россия

*Ускорение процесса лесовосстановления способствует интенсификации поглощения CO<sub>2</sub> в молодняках в различных лесорастительных условиях. Проведенные полевые исследования на 71 участке с мерами содействия естественному лесовозобновлению показывают, что молодняки удовлетворяют требованиям и критериям по их переводу в покрытые лесом земли. Требуется назначение лесоводственных уходов.*

## IMPROVING FOREST RESTORATION SYSTEM TO REDUCE THE TIME FOR NECESSARY FOR FORESTS TO RE-ESTABLISH AS CO<sub>2</sub> SINKS

A.S. Ilintsev<sup>1,2</sup>, A.P. Bogdanov<sup>1,2</sup>, S.V. Tretyakov<sup>1,2</sup>, S.V. Koptev<sup>1,2</sup>, T.N. Kobylina<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>The Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>3</sup>Verkhnetoyemskiy forest district, village Dvinskoy, Arkhangelsk region, Russia

*Acceleration of reforestation process contributes to the CO<sub>2</sub> absorption intensification in young stands in various forest conditions. Field studies carried out on 71 sites with natural reforestation measures show that young stands meet the requirements and criteria for their transfer to forested cover lands. The silvicultural care is required.*

Лесовосстановление находится в центре важного поворотного момента, заключающегося в том, как различные лесопользователи рассматривают сохранение и устойчивость лесных экосистем. Растущее осознание того, что леса могут стать частью решения проблемы изменения климата, выливается в реальные действия в глобальном масштабе. Следует отметить, что только создания искусственных насаждений недостаточно, чтобы замедлить воздействие изменения климата. Однако международные научные исследования [1] все чаще указывают на то, что восстановление и сохранение лесов – это огромная возможность для принятия значимых и немедленных мер по борьбе с изменением климата, а также для получения важных экологических, экономических и социальных выгод.

Лесозаготовки снижают общий уровень фотосинтеза лесных насаждений и могут усилить разложение органического вещества почвы, лесной подстилки, мертвой древесины, поэтому свежие сплошные вырубki являются дополнительными источниками выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Увеличение выбросов парниковых газов также может быть связано со значительными повреждениями почвы на участках лесосек, особенно во влажных типах лесорастительных условий, что может изменить местные гидрологические условия [2, 3].

Применяемые в таежной зоне способы лесовосстановления (по методу проведения) могут быть естественными, искусственными и комбинированными. Основным и наиболее распространенным лесоводственным мероприятием, направленным на восстановление лесов таежной зоны, является содействие естественному лесовозобновлению путем сохранения подроста хвойных пород, оставление семенников и семенных куртин с минерализацией почвы. Способ лесовосстановления на вырубках определяется, в основном, их транспортной доступностью в летний период. Ввиду слабо развитой лесной инфраструктуры лесосечный фонд арендаторов состоит, в основном, из участков, доступных в зимний период, в которые с приходом весны не представляется возможным доставить машины и механизмы для создания лесных культур или проведения мероприятий по содействию естественному лесовосстановлению путем минерализации почвы. Поэтому такие труднодоступные участки оставляют на естественное зарастание.

Восстановление лесного покрова занимает одно или несколько десятилетий, и исследования вихревых потоков показывают, что бореальные участки становятся чистыми поглотителями углерода через 5-20 лет [1]. Продолжительность времени, в течение которого участок является чистым источником выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу, зависит от интенсивности внешних воздействий, управления лесным хозяйством и почвенных условий. Требования более быстрого восстановления лесов являются необходимым шагом для восстановления лесов как поглотителей CO<sub>2</sub>.

Цель данного исследования заключается в анализе наиболее распространенного способа лесовосстановления в таежной зоне для выработки научно-обоснованных предложений в практику лесного хозяйства с целью сокращения периода восстановления лесов, рассматриваемых в качестве поглотителей CO<sub>2</sub>.

Для достижения данной цели провели полевые исследования на сплошных вырубках 2014 года в различных лесорастительных условиях

Двинско-Вычегодского таежного района, в котором ведется активная заготовка древесины. В 2021 году изучили 71 участок на общей площади 1031,7 га. На всех участках после рубки проведено содействие естественному лесовозобновлению в 2016 году путем сохранения подроста, и они подошли по возрасту к моменту перевода в покрытую лесом площадь. В соответствии с методикой исследования [4] на пробных площадях определили количество жизнеспособных деревьев главной и сопутствующих пород, состав насаждения, среднюю высоту и диаметр главной породы, густоту (количество деревьев на 1 гектаре), полноту (сомкнутость крон) и запас на 1 гектаре. Поглощение углерода ( $t\ CO_2\ га^{-1}\ год^{-1}$ ) молодняками для пулов живой фитомассы и детрита рассчитали через конверсионные коэффициенты, предложенные методикой информационно-аналитической оценки бюджета углерода лесных насаждений на локальном уровне [5]. Для интерпретации полученных результатов применили однофакторный дисперсионный анализ (Kruskal-Wallis ANOVA) с последующими множественными сравнениями средних рангов исследуемых групп. Обработку и анализ данных проводили в программе Statistica 12.0 (StatSoft).

В таблице 1 приведены средние таксационные показатели сформировавшихся насаждений после проведения мероприятий по содействию естественному лесовозобновлению путем сохранения подроста. Все обследуемые участки соответствуют критерию и требованиям по количеству деревьев и средней высоте, предъявляемым к молоднякам, которые подлежат отнесению к землям занятым лесными насаждениями в Двинско-Вычегодском таежном районе [5].

Результаты расчетов критерия Kruskal-Wallis подтвердили гипотезу о том, что лесоводственно-таксационные показатели (среднее количество деревьев, сомкнутость полога, запас древостоя) зависят от лесорастительных условий (группы типов леса или типов лесорастительных условий) на 5 % уровне вероятности ( $p < 0,0001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p = 0,02$ ). При этом последующие множественные (апостериорные) сравнения доказали, что наилучшие значения таксационных показателей отмечены в черничной группе типов леса. При этом не выявлено влияния лесорастительных условий на среднюю высоту, диаметр и возраст главной породы ( $p > 0,1$ ).

Таблица 1. Состояние насаждений к моменту отнесения земель в лесопокрытую площадь по материалам их натурального обследования

№	Древесная порода	Группа типов леса (ГЛУ)*	Количество участков, шт.	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт./га	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	Ель	чер.	20	5Е4Б1Ос+С	19	1,3	2,1	11870	1,0	7,1
2		дм., тб.	30	5Е3С2Б	19	1,2	2,0	8103	0,8	5,1
3	Сосна	сф.	7	7С1Е2Б	18	1,1	2,0	5464	0,6	4,6
4		дм., тб.	10	5С2Е3Б	20	1,3	2,0	6909	0,7	4,8
5		чер.	4	6С2Е2Б	16	1,2	2,0	8930	0,8	5,4
Итого			71	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: чер. – черничный; дм. – долгомощный; тб. – травяно-болотный; сф – сфагновый.

На данных участках процесс формирования насаждений заканчивается. Наличие 10-20 % мягколиственных пород в составе насаждений способствует лучшему росту сосны и ели. Проведенный детальный анализ показал, что большое количество деревьев мягколиственных пород (березы и осины) на некоторых обследуемых участках влияет на рост и состояние главной древесной породы. На участках с количеством лиственных деревьев более 20 % в составе для предотвращения заглушения ценных хвойных пород лиственными целесообразно запланировать проведение рубок ухода в молодняках (рубки осветления и прочистки).

Момент перевода в покрытую лесом площадь совпадает с интенсивным ростом хвойных молодняков и периодом максимального поглощения CO<sub>2</sub>. Считается, что продолжительность этого периода (период большого роста) составляет 20-25 лет. Поглощающая способность молодняков также изменяется в зависимости от лесорастительных условий (таблица 2).

Результаты однофакторного дисперсионного анализа подтвердили, что поглощение углерода молодняками зависят от лесорастительных условий ( $F_{(4, N=71)}=20,01$ ,  $p=0,0005$ ). При этом последующие множественные сравнения показали, что наибольшая поглощающая способность отмечена в сосняках сфагновых и черничных, что, скорее всего, связано с породным составом насаждения.

В целом выполненные в Двинско-Вычегодском таежном районе полевые исследования показывают, что для улучшения породного и качественного состава молодняков и условий роста деревьев целевых древесных пород, на участках, пройденных воздействием естественному возобновлению с сохранением подроста, необходимо проведение лесовод-

ственного ухода (рубок ухода в молодняках) за 1-2 года до перевода их в покрытые лесом земли. Это существенно повысит их ценность.

Таблица 2. Поглощение углерода молодняками ( $\text{т CO}_2 \text{ га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ )

№	Древесная порода	Группа типов леса (ТЛУ)*	Количество участков, шт.	Фитомасса		Мертвая древесина		Итого	
				Среднее значение	Ошибка среднего	Среднее значение	Ошибка среднего	Среднее значение	Ошибка среднего
1	Ель	чер.	20	7,3	0,56	0,72	0,06	8,02	0,61
2		дм., тб.	30	5,5	0,37	0,65	0,06	6,15	0,41
3	Сосна	сф.	7	14,2	2,90	2,43	0,51	16,63	3,40
4		дм., тб.	10	9,6	1,57	1,57	0,31	11,17	1,87
5		чер.	4	12,8	3,20	2,14	0,56	14,94	3,76
Итого			71	-	-	-	-	-	-

Примечание: чер. – черничный; дм. – долгомошный; тб. – травяно-болотный; сф – сфагновый.

Правильное проведение содействии естественному лесовозобновлению позволяет сформировать молодняки и перевести их в покрытые лесом земли на 5-10 лет раньше, чем сформируются искусственные насаждения, созданные методами посадки или посева [6]. Сохраненный подрост на вырубках компенсирует период отсутствия насаждений на непокрытой лесом площади, так как поглощение  $\text{CO}_2$  происходит в процессе формирования молодого насаждения. По завершению процесса формирования молодняка они в полной мере поглощают  $\text{CO}_2$  на протяжении всего периода интенсивного роста. С другой стороны, опыт скандинавских стран показывает, что интенсивное лесопользование, включающее высокие темпы лесозаготовок, в сочетании с усиленным искусственным лесовосстановлением и другими методами управления, могут увеличить запас углерода в живой биомассе деревьев и почве [1].

Совершенствование системы лесовосстановления направлено на снижение площадей, оставляемых под естественное зарастание. Крупные лесозаготовительные компании ведут деятельность по созданию селекционно-семеноводческих комплексов для выращивания посадочного материала закрытой корневой системы (ЗКС), что позволит продлить агротехнические сроки создания лесных культур на труднодоступных площадях. Для труднодоступных лесных участков можно рекомендовать проведение систематического дистанционного мониторинга по оценке процесса лесовосстановления. При выявлении случаев успешного лесовозобновления проводить на этих участках перевод в покрытую лесом площадь, а при отсутствии естественного лесовозобновления применять меры для проведения искусственного лесовосстановления. На участках с оставленными



семенниками или семенными куртинами планировать проведение дополнительных мер содействием естественному лесовозобновлению путем минерализации почвы.

Результаты исследований по оценке влияния рубок на состояние лесных экосистем получены при поддержке гранта Президента Российской Федерации (проект № МК-2622.2021.5). Результаты исследований по совершенствованию системы лесовосстановления получены по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований (тема № 122020100319-9).

#### Список литературы

1. Högberg P., Arnesson Ceder L., Astrup R., Binkley D., Bright R., Dalsgaard L., Egnell G., Filipchuk A., Genet H., Ilintsev A., Kurz W.A., Laganière J., Lemprière T., Lundblad M., Lundmark T., Mäkipää R., Malysheva N., Mohr C.W., Nordin A., Petersson H., Repo A., Schepaschenko D., Shvidenko A., Soegaard G., Kraxner F. Sustainable boreal forest management – challenges and opportunities for climate change mitigation // Report from an Insight Process conducted by a team appointed by the International Boreal Forest Research Association (IBFRA). URL: <http://ibfra.org/wp-content/uploads/2022/01/rapport-2021-11-sustainable-boreal-forest-management-challenges-and-opportunities-for-climate-change-mitigation-002-1.pdf> (дата обращения: 01.05.2022).

2. Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E. Impact of heavy traffic on forest soils: A review // *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 338. pp. 124-138.

3. Peacock, M., Granath, G., Wallin, M.B., Högbom, L., Futter, M.N. Significant emissions from forest drainage ditches—An unaccounted term in anthropogenic greenhouse gas inventories? // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2021. Vol. 126. pp. 1-14.

4. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России от 04.12.2020 N 1014. Доступ из справ.-правовой системы "КонсультантПлюс".

5. Методика информационно-аналитической оценки бюджета углерода лесных насаждений на локальном уровне // ЦЭПЛ РАН. 2009. URL: <http://old.cepl.rssi.ru/carbondoc/local/local1.doc> (дата обращения: 01.05.2022).

6. Лесотаксационный справочник по Северо-Востоку Европейской части Российской Федерации (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской области и республики Коми) / Федеральное агентство лесного хозяйства, Федеральное бюджетное учреждение «Северный научно – исследовательский институт лесного хозяйства»; сост.: канд. с.-х. наук Войнов Г.С. и др. Архангельск: ОАО ИПП «Правда Севера», 2012. 672 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВВЕДЕНИЯ В СЫРЬЕВУЮ БАЗУ ЦБК ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ КУЛЬТУР

**Я.В. Казаков, Н.А. Бабич**

*Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия*

*В мировом производстве технической целлюлозы все большее внимание уделяется искусственному выращиванию лесов. В 1979 году в Архангельской области было начато интродукционное испытание североамериканской сосны скрученной (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm), продуктивность которой выше на 30...40 %. Изучены свойства древесины и бумагообразующие свойства сульфатной целлюлозы из сосны скрученной, выращенной в Приморском районе Архангельской области. Показана перспективность переработки данной древесины на ЦБК.*

## PROSPECTS FOR EXPANDING THE RAW MATERIAL BASE OF THE PULP AND PAPER MILL AT THE EXPENSE OF INTRODUCED SOFTWOOD SPECIES

**Y. V. Kazakov, N.A. Babich**

*Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia*

*In the production of technical pulp, the world leaders in the pulp and paper industry are paying more and more attention to the artificial cultivation of forests. In 1979, an introduction test of the North American lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm) was started in the Arkhangelsk region. This is an unpretentious, fast-growing species, comparable in chemical composition to Scots pine wood, has a productivity higher by 30 ... 40%. The properties of the wood and kraft pulp from lodgepole pine grown in the Primorsky district of the Arkhangelsk region were studied. The prospects of processing this wood at the pulp and paper mill are shown.*

На ряду с мерами по внедрению экологичных, ресурсосберегающих технологий лесопользования, интродукция перспективных пород деревьев считается одним из наиболее эффективных мероприятий для повышения продуктивности лесов. В современных условиях лесопромышленный комплекс все чаще сталкивается с проблемой нехватки качественного и доступного древесного сырья. Поэтому в мировой целлюлозно-бумажной промышленности все большее внимание уделяется искусственному выращиванию лесов для производства технической целлюлозы. Преимущества очевидны: ускоренный рост древесины, повышения продуктивности лесов, снижение производственных затрат на доставку сырья на предприятие. Особенно важным представляется обеспечение предприятий ЦБП древесиной хвойных пород, поскольку опыт плантационного выращивания лиственных пород, особенно эвкалипта, уже себя хорошо зарекомендовал.

В скандинавских странах накоплен положительный опыт плантационного выращивания сосны скрученной, ареал естественного произрастания которой составляют страны американского континента. В 1979 году в Архангельской области было начато интродукционное испытание североамериканской сосны скрученной (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm), были проведены обширные исследования приживаемости и роста данного вида [1].



Рис. 1. Интродуцированная сосна скрученная (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm): *a* – на опытном участке в Приморском районе Архангельской области; *б* – поперечный срез ствола; *в* – щепа ручной рубки

Сосна скрученная – неприхотливая, быстрорастущая порода, по химическому составу сопоставимая с древесиной сосны обыкновенной [1]. Обладает продуктивностью на 30...40 % выше, чем у сосны обыкновенной [2]. Может быть использована для получения сульфатной, сульфитной целлюлозы и термомеханической массы [3]. Свойства интродуцированной древесины напрямую зависят от использованных для посадки семян, в нашем регионе наиболее эффективно использование семян северного про-

исхождения (например, из северных районов Канады). Однако, она может быть менее устойчива к гниению и поражению насекомыми-вредителями [1].

Нами проведены исследования по сравнению свойств древесины из интродуцированной сосны скрученной (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm) и дикорастущей сосны обыкновенной на образцах древесины одного диаметра, отобранных в Архангельской области в Приморском районе на опытном участке.

Использованная в эксперименте сосна скрученная в возрасте 22 года, рис.1, имеет диаметр ствола 15-17 см, что соответствует таким же параметрам сосны обыкновенной, в возрасте 45 лет. При этом сосна скрученная имеет высокую толщину годовых колец, достигающую в ядровой части 4...8 мм.

Результаты химического анализа свидетельствуют о схожести древесины сосны скрученной и обыкновенной, табл.1. При близкой величине содержания целлюлозы ( $49,8 \pm 2,0$  и  $50,9 \pm 2,0$  %) и лигнина ( $24,6 \pm 1,5$  и  $25,9 \pm 1,5$  %), древесина сосны скрученной имеет повышенное содержание экстрактивных веществ ( $4,95 \pm 0,1$  против  $1,87 \pm 0,1$ ) и золы ( $0,35 \pm 0,05$  против  $0,24 \pm 0,05$ ), что вызывает оптимизм при обсуждении перспектив ее химической переработки.

Таблица 1. Химический состав древесины, % от абсолютно сухой древесины

Показатель	Эксперимент		Литературные данные [4]	
	Сосна скрученная	Сосна обыкновенная	Береза	Сосна обыкновенная
Содержание целлюлозы	49,8	50,9	50,0	52,0
Содержание лигнина	24,6	25,9	19,5	28,0
Содержание веществ растворимых в горячей воде	4,95	1,20	1,80	1,10
Содержание веществ, экстрагируемых органическими растворителями:				
в хлористом метиле	4,45	0,89	2,7...3,7	4,0...6,0
в этиловом спирте	5,95	1,87		
Зольность	0,35	0,24	0,35	0,28

Варку сульфатной целлюлозы проводили на автоклавной системе CAS 420 на базе Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова по одному режиму одновременно пробы сосны скрученной и, для сравнения, пробы сосны обыкновенной. Условия варки

были следующие: гидромодуль 4, расход активной щелочи на варку 22 %; температура варки 167 °С. Результаты варки представлены в табл.2.

При одинаковых условиях сульфатной варки, число Каппа целлюлозы из сосны скрученной получилось ниже (24 против 30), выход целлюлозы несколько больше (46 против 44 %), при минимальной содержании непровара [5].

Таблица 2. Результаты сульфатной варки

Параметр	Сосна обыкновенная	Сосна скрученная
Число Каппа	30,3	24,4
Выход целлюлозы, %	43,8	46,0
Количество непровара, %	0,4	0
Содержание а.щ. в ч.щ., г/л Na <sub>2</sub> O	23,8	22,4
Содержание сухих веществ в черном щелоке, г/л	214	232

Структурно-морфологические характеристики волокна до и после размола до 30° ШР были определены на анализаторе L&W Fiber Tester, табл. 3 [6]. Оказалось, что волокна сосны скрученной более длинные (средняя длина 2,1 мм против 1,8 мм), с несколько большей шириной (33,7 мкм против 32,3 мкм), обладают большей грубостью.

Таблица 3. Структурно-морфологические свойства волокон целлюлозы сосны скрученной и обыкновенной

Параметр	Целлюлоза сосны скрученной		Целлюлоза сосны обыкновенной	
	до размола	после размола	до размола	после размола
Средняя длина волокон, мм	2,098	1,773	2,064	1,792
Средняя ширина волокон, мкм	33,7	32,2	33,5	32,3
Средний фактор формы, %	88,0	85,5	86,4	85,1
Грубость, мг/м	220,9	74,3	208,0	75,3
Средний угол излома	55,7	61,2	55,9	59,7
Число изломов на мм	0,377	0,451	0,481	0,438
Число больших изломов на 1 мм	0,131	0,191	0,171	0,178
Число изломов на волокно	0,668	0,635	0,850	0,672
Число больших изломов на волокно	0,232	0,269	0,302	0,270
Средний индекс излома	0,995	1,258	1,272	1,205
Средняя длина сегмента, мм	1,620	1,286	1,496	1,396

После размола, число изломов волокон сосны скрученной увеличивается сильнее, чем у волокон сосны обыкновенной. Вероятно, это связано с толщиной клеточной стенки, что говорит о меньшей прочности стенки волокна у сосны скрученной. Полученные результаты свидетельствуют о большой схожести целлюлозы сосны скрученной и обыкновенной.

Механические свойства образцов были исследованы для лабораторных отливок, массой  $75 \text{ г/м}^2$  для образцов после размола до степени помола  $30 \text{ }^\circ\text{ШР}$ . Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4. Механические характеристики отливок из целлюлозы сосны скрученной и обыкновенной ( $30 \text{ }^\circ\text{ШР}$ )

Характеристика	Целлюлоза сосны	
	скрученной	обыкновенной
Средняя толщина образца, мкм	87,4	88,1
Плотность, $\text{г/см}^3$	0,787	0,800
Сопротивление продавливанию, кПа	440	480
Разрывная длина, м	8750	8740
Сопротивление раздиранию, мН	520	546
Жесткость при растяжении, кН/м	470	470
Разрушающее напряжение, $\sigma_p$ , МПа	68,7	69,9
Разрушающее усилие, $F_p$ , Н	90,0	92,4
Деформация разрушения, $\epsilon_p$ , %	3,15	3,25
Работа разрушения, $A_p$ , мДж	191	203
Мгновенный модуль упругости, $E_1$ , МПа	5320	5310
Модуль упругости в области предразрушения, $E_2$ , МПа	860	870
Нулевая разрывная длина, $L_0$ , км	19,1	19,4

По механическим свойствам небеленая целлюлоза сосны скрученной в сравнении с сосной обыкновенной обладает равной прочностью и жесткостью при растяжении, меньшим на  $5...10 \%$  сопротивлением продавливанию и раздиранию, несколько меньшей деформацией разрушения [6]. Это может быть связано с разной плотностью отливок и прочностью волокна.

Таким образом, целлюлоза сосны скрученной практически равнозначна по своим свойствам целлюлозе сосны обыкновенной, обладая при этом немного меньшей эластичностью и растяжимостью.

## Заключение

При наличии незначительных отличий в содержании целлюлозы, экстрактивных веществ и зольности от хвойной древесины, выращенной традиционным способом, данное сырье имеет потенциал для получения из нее технической целлюлозы при условии отсутствия длительного хранения.

Волокна сосны скрученной более длинные (2,1 мм против 1,8 мм), с несколько большей шириной (33,7 мкм против 32,3 мкм) по сравнению с сосной обыкновенной.

Целлюлоза сосны скрученной практически идентична по своим бумагообразующим свойствам целлюлозе сосны обыкновенной, обладая при этом несколько меньшей их величиной, связанной в первую очередь со скоростью роста древесины.

Таким образом, введение в сырьевую базу ЦБК древесины хвойных интродуцированных культур имеет хорошие перспективы.

## Список литературы

1. Стафеев Б.Л. Северо-американская сосна скрученная – перспективная порода для интродукционного испытания в Архангельской области // Вопросы интродукции хозяйственно-ценных древесных пород на Европейский Север. Архангельск: АИЛиЛХ, 1989. С. 35–43.
2. Раевский Б.В., Мордась А.А. Ход роста культур сосны скрученной в подзоне средней тайги // ИВУЗ. Лесной журнал. 2005 №1-2. С. 23–33.
3. Нилов В. Н. О качестве древесины североамериканской сосны скрученной на Европейском Севере. /В. Н. Нилов, М. А. Павлова, Б. Л. Стафеев // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1987 – № 3. – С. 56-60.
4. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3-х т. Справочные материалы. – СПб.: ЛТА, 2002. – 419 с.
5. Масленникова А.А., Окулова Е.О., Казаков Я.В., Бабич Н.А. Получение и свойства целлюлозы из древесины сосны скрученной интродуцированной // В сб. «Физикохимия растительных полимеров»: матер. VIII междун. конфер. (01-05 июля 2019 г.) / Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т имени М.В. Ломоносова, 2019. С.245–249.
6. Масленникова А.А., Окулова Е.О., Казаков Я.В., Бабич Н.А. Бумагообразующие свойства целлюлозы из древесины интродуцированных лесных культур // В сб. «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов»: матер. V Междунар. науч.-техн. конф. (Архангельск, 11–14 сентября 2019 г.) // Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2019. С.148–153.

## **РАЗМОЛ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗ ОДНОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

**А.А. Карелина, Ю.Д. Алашкевич, В.А. Кожухов**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

*Всё большее значение начинают приобретать вопросы сохранения и восстановления леса. В связи с этим пристальное внимание обращается на использование древесины в ЦБП. Т.к. бумагоделательная промышленность является ресурсозатратной, встаёт вопрос об использовании новых источников сырья. Такими источниками могут послужить однолетние растения, в частности техническая конопля.*

## **REFINING OF HIGH CONSISTENCY FIBROUS MATERIALS FROM ANNUAL PLANTS IN THE MANUFACTURE OF FINISHED PRODUCTS**

**A.A. Karelina, Y.D. Alashkevich, V.A. Kozhuhov**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

*The issues of forest conservation and restoration are becoming increasingly important. In this regard, close attention is paid to the use of wood in the pulp and paper industry. Because the paper industry is resource-intensive, the question arises of using new sources of raw materials. Annual plants, in particular industrial hemp, can serve as such sources.*

В России очень давно сформировались зоны, в которых сложились специфические производственные и социальные условия для выращивания различных однолетних культур. Много веков существовали исключительно «конопляные» регионы, в которых население производило пеньку и конопляное масло. Коноплеводство было традиционным направлением сельского хозяйства России, а Краснодарский край поставлял семена для ее выращивания на зеленец во все регионы страны. По данным Н.Н. Гришко, в 1928 г. на долю СССР приходилось 81,8 % площади посевов конопли в мире.

До 1990 г. конопля была одной из самых высокодоходных культур в коллективных хозяйствах: занимая около 10% площадей, она давала до 50 % доходов от всей отрасли растениеводства. Конопля, по определению экспертов некоторых международных фирм, становится одной из главных культур XXI века в мире [1].

Однако в РФ использование технической конопли как альтернативного источника древесного сырья не развивается, что, не в последнюю



очередь, обусловлено отсутствием специальных сортов для этого направления использования [2].

На сегодняшний день в мире сформировалась устойчивая тенденция замены синтетических материалов натуральными. Кроме традиционного канатно-веревочного направления, продукция коноплеводства получает все более широкое применение в производстве текстильных, строительных и теплоизоляционных материалов, биокompозитов, топливных брикетов и пеллет, предметов косметики и бытовой химии, продуктов питания, лекарственных препаратов, кормовых добавок и подстилки для животных. Количество наименований продукции из конопли (сейчас порядка 30 тыс.) с каждым годом продолжает увеличиваться.

Будучи практически безотходной, конопля отличается рядом преимуществ перед другими культурами. Почти любой продукт, который производят из дерева, хлопка или нефти (включая пластик) можно изготовить из конопли [1].

Современный уровень состояния промышленного потенциала развитых стран мира и дальнейший его рост во многом определяется перспективой решения проблемы сырьевого обеспечения. Целью решения сырьевой проблемы является замена хвойной и лиственной древесины на недревесное растительное сырье. Травянистые растения – лубяные, злаковые, крестоцветные и мятликовые культуры, в частности – лен, рапс, донник, люцерна, подсолнечник, конопля, камыш и др., отличаются высокой урожайностью и высоким потенциалом выращивания. Лен, рапс и подсолнечник возделываются во многих регионах РФ и через несколько месяцев после посадки готовы к технологическому использованию. Уместно отметить, что с одного гектара посевов травяных культур собирают в 8-10 раз больше целлюлозосодержащего сырья, чем с одного гектара леса [3].

Одним из возможных источников целлюлозного сырья в нашей стране являются лубяные культуры, в частности лен и конопля. Целлюлоза из лубяных культур занимает промежуточное положение между хлопковой и древесной целлюлозой. Конопля может являться одним из самых реальных возобновляемых природных ресурсов, значительно удешевляющих стоимость производства целлюлозосодержащей продукции. Выращивание промышленных посевов технической конопли обладает высокой рентабельностью выращивания и переработки. Достоинствами культивирования конопли является возможность получения большого количества конопляного сырья за значительно меньший (4 месяца) промежуток времени по сравнению с древесным (50 лет) [4].

На кафедре МАПТ СибГУ им. М.Ф. Решетнева проводятся исследования по размолу волокнистой массы. Размол волокнистой массы является важной частью целлюлозно-бумажного производства. Он представляет собой процесс механической переработки растительных волокон в водной среде [5]. Осуществляется размол с помощью механического и гидродинамического воздействия.

Целью размола является подготовка волокнистого материала к отливу, придание ему определенной степени гидратации, гибкости и пластичности волокнам, увеличение их поверхности, а также обеспечение более прочной связи волокон друг с другом в бумажном листе.

Применение размола массы высокой концентрации позволяет достичь такие положительные моменты как: повышение качества помола, увеличение производительности, снижение удельного расхода энергии [6].

Учитывая положительные особенности использования технической конопли в отличие от использования волокнистого полуфабриката из древесного сырья, а так же учитывая положительные характеристики размола массы высокой концентрации, был произведен размол технической конопли при концентрации 15%.

В исследовании освещен ряд вопросов, в числе которых зависимость степени помола волокнистого полуфабриката из технической конопли от времени размола и такой немаловажный фактор как изменение температуры полуфабриката в зоне размола в зависимости от времени размола. Исследования изменения температуры в процессе размола связано с тем, что при размолу полуфабриката из древесной массы температура поднимается выше 50 °С [7]. Вместе с тем, учитывая, что при размолу массы высокой концентрации важным является процесс транспортирования полуфабриката в зоне размола, необходимо определить влияние температуры на свойства полуфабриката.

Выяснилось, что при повышении температуры массы (при предварительном нагреве до 40-50 °С) эффект транспортирования массы в зоне размола улучшается. Интересным является исследование изменения температуры полуфабриката, в зоне размола массы предварительно нагретой до температуры указанной выше.

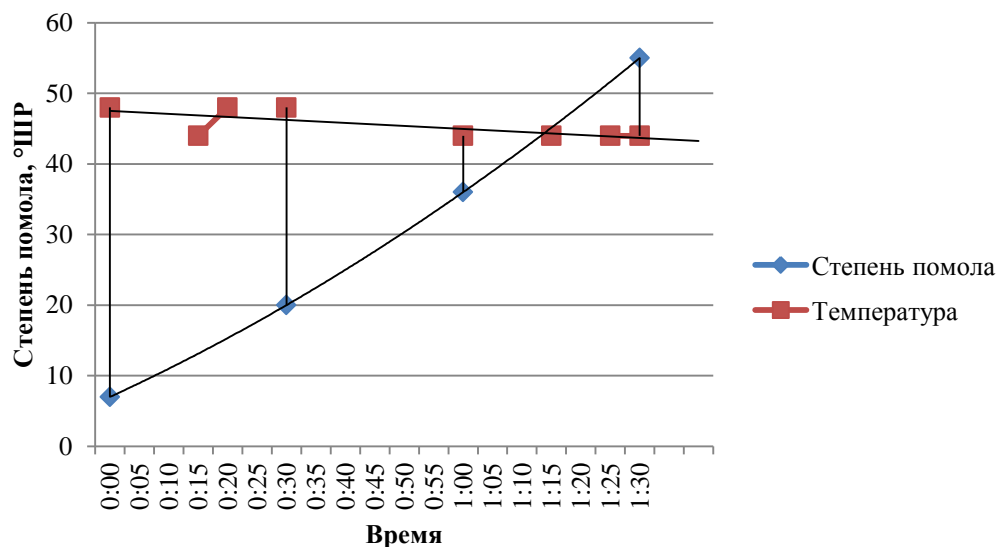


Рис. 1. График зависимости степени помола и колебания температуры от времени размола

На рисунке 1 представлена зависимость степени помола и колебания температуры от времени размола. Прирост степени помола близок к линейной зависимости, температура волокнистого полуфабриката в зоне размола практически не меняется и колеблется в пределах 40-50 °С.

При исследовании процесса размола технической конопли было важным выяснить физико-механические зависимости. В числе которых разрывная длина, сопротивление продавливанию, сопротивление раздиранию и число двойных перегибов. Как выяснилось из таблицы 1, при достижении степени помола 55°ШР разрывная длина, сопротивление продавливанию и сопротивление раздиранию увеличились в 2 раза, а число двойных перегибов увеличилось в 3 раза.

Таблица 1. Физико-механические характеристики

Степень помола	20 °ШР	36 °ШР	55 °ШР
Разрывная длина, м	798	1507	2926
Сопротивление продавливанию, кПа	0	58	99
Сопротивление раздиранию, мН	313	431	588
Число двойных перегибов	0	9	35

Таким образом:

- изменение степени помола массы высокой концентрации из технической конопли носит характер близкий к линейной зависимости;
- изменение температуры массы в процессе размола практически не происходит;
- как и при размоле массы высокой концентрации и древесного сырья, при размоле массы из технической конопли обеспечивается эффект повышения физико-механических характеристик бумажных отливок.

### Список литературы

1. Романенко, А. А., Скрипников С.Г., Сухорада Т.И. Конопля. Прошлое. Настоящее. Будущее? // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 39-41.
2. Серков В.А., Белоусов Р.О., Александрова М.Р., Давыдова О.К, Актуальные направления селекции конопли посевной для решения современных проблем Отечественной экономики и импортозамещения (обзор) // Нива Поволжья. 2019. № 3. С. 38-47.
3. Григорьева Н.П., Нугманов О.К., Нусинович Д.С. Технология получения целлюлозы из травянистых растений и ее // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 3. С. 165-168.
4. Валишина З.Т., Александров А.А. Матухин Е.Л. Целлюлоза на основе альтернативных источников отечественного сырья: целлюлоза из пенькового волокна // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 2. С. 259-262.
5. Вихарев С.Н. Теория и конструкция машин для размола волокнистых полуфабрикатов [Текст]. Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. 31 с.
6. Ушаков А.В., Алашкевич Ю.Д., Кожухов В.А., Ковалев В.И. Современное состояние и перспективы совершенствования процесса размола волокнистых полуфабрикатов высокой концентрации (обзор) // Химия растительного сырья. – 2020. № 4. С. 315-329. DOI 10.14258/jscrpm.2020048251.
7. Абросимов, Е.В., Федорова О.Н., Решетова Н.С., Алашкевич Ю.Д. Влияние конструктивных параметров ножевой гарнитуры при размоле волокнистой массы [Текст] // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. статей. Красноярск, 2019. С. 306-310

## **ЗАТРАТЫ И ВЫГОДЫ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ**

**А.В. Князева, Л.Н. Герке**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия*

*После объявления Европейским союзом планов по введению налога на импортируемую углеродоёмкую продукцию, появилась мотивация создать национальную систему углеродного регулирования. Для снижения риска финансовых потерь необходима активизация запуска внутренних схем торговли правами на выбросы парниковых газов и их последующей интеграции с европейской системой. Поэтому нашей стране необходимо иметь методику расчёта углеродного следа, чем и займутся ученые на карбоновых полигонах и карбоновых фермах.*

## **COSTS AND BENEFITS OF LOW-CARBON ECONOMY**

**A.V. Knyazeva, L. N. Gerke**

*Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia*

*After the announcement by the European Union of plans to introduce a tax on imported carbon-intensive products, there was a motivation to create a national carbon regulation system. To reduce the risk of financial losses, it is necessary to activate the launch of internal schemes for trading greenhouse gas emissions rights and their subsequent integration with the European system. Therefore, our country needs to have a methodology for calculating the carbon footprint, which scientists will do at carbon landfills and carbon farms.*

Уже в ближайшем будущем ключевым определением для передовых экономик мира станет «низкоуглеродная экономика» (low-carbon economy) с её высокой энергоэффективностью и минимальным воздействием на климатическую систему.

В экологическом плане Евросоюз движется «Европейским зеленым курсом» (EU Green Deal), который предполагает снижение к 2030 г. выбросов парниковых газов на 55 % к уровню 1990 г., а к 2050 г. сделать экономику ЕС климатически нейтральной [1]. Ключевой механизм по достижению этого показателя – введение трансграничного углеродного налога (EU carbon border tax), который также называется механизмом пограничной корректировки углеродных выбросов. Пока в номенклатуру товаров, которые будут облагаться сбором, попали сталь, трубы, цемент, алюминий, удобрения и электроэнергия. Механизм отчетности по углеродному следу и налоговой базе заработает в тестовом режиме с начала 2023 г., при этом импортерам дадут трехлетний переходный период до момента действия сбора, который начнут взимать с 1 января 2026 г. [2].

Углеродный сбор в данном случае – это условное обозначение механизма: по сути, импортерам в ЕС нужно будет приобретать СВАМ-сертификаты и обменивать их на право ввезти продукцию. Цена на выбросы, содержащиеся во ввозимой продукции, будет определяться исходя из стоимости CO<sub>2</sub> на аукционах в европейской системе торговли квотами (EU ETS). В то же время «Зеленый курс» исключает применение углеродного налога в отношении тех производителей, в чьих странах уже есть аналогичные сборы.

В России необходимо создать национальную систему углеродного регулирования, достичь её признания на международном уровне и добиться зачета платежей за выбросы CO<sub>2</sub> европейской системой углеродного контроля поскольку наибольшие негативные последствия в результате введения трансграничного углеродного налога испытают предприятия-экспортеры добывающего сектора экономики, металлургической, целлюлозно-бумажной и химической промышленности, поставляющие углеродоёмкие товары на европейский рынок. И ни правительство, ни бизнес нашей страны не заинтересованы в том, чтобы в ЕС взымали с российских экспортеров платежи по своему усмотрению [3].

Система учета выбросов CO<sub>2</sub>, предлагаемая европейскими регуляторами, создавалась в интересах западного капитала и не учитывает возможности России в области декарбонизации. Наши леса, поля и моря это уникальные экосистемы, которые являются донором для всего Евразийского континента, поглощая углерод в объемах, существенно превышающих промышленные выбросы нашей страны.

В правительстве приступили к проектировкам национального варианта углеродного налога – аналогичного разработанному в ЕС механизму сбора за выбросы углекислого газа в атмосферу. Для этого российские власти в сентябре 2020 года запустили проект по созданию сети карбоновых полигонов в четырнадцати пилотных регионах – от Калининграда до Сахалина. Полигоны, размещенные на специально отобранных площадках, будут измерять углеродный баланс территорий и оценивать их секвестрационный потенциал. То есть, определять, сколько та или иная территория, тот или иной объект поглощает углерода и сколько парникового газа производит.

Каждый карбоновый полигон создается в партнерстве университетов и научных организаций. У каждого из них своя исследовательская повестка. На одном полигоне, установленное на нем оборудование позволяет проводить мониторинг выброса парниковых газов на территории. На дру-

гом планируется изучать не только климатически активные парниковые газы, но и тестировать технологии вторичного заболачивания осушенной территории. Известно, что болота являются естественными «хранилищами» углерода. На полигоне будут делать экспресс-анализы отобранных проб торфа, воды, воздуха в мобильной лаборатории. На третьем проведут калькуляцию углеродного следа. Таким образом основным предназначением сети карбоновых полигонов будет одновременный мониторинг в атмосфере углеродного баланса больших территорий.

Следующая задача – создание карбоновых ферм. Карбоновые фермы нужны для того, чтобы максимально активно поглощать углекислый газ при помощи растительного мира, будь то леса, плантации специальных растений или заброшенные земли сельскохозяйственного назначения [4].

При таком громадном наличии лесных угодий и заброшенных сельскохозяйственных земель у России есть все шансы стать мировым лидером по поглощению CO<sub>2</sub>. И когда будет подсчитан углеродный баланс, карбоновые фермы могут продавать свой «углеродный» урожай, развивать «зеленую» экономику и пополнять доход страны. Буквально делая деньги из воздуха, а точнее из углекислого газа.

#### Список литературы

1. Парижское соглашение об изменении климата. Принято 22 апреля 2016 года. Официальный сайт Организации Объединенных Наций. Режим доступа: [http://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_russian.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian.pdf)
2. Как новый углеродный налог Евросоюза ударит по российскому экспорту. Режим доступа: <https://thebell.io/kak-novyj-uglerodnyj-nalog-evrosoyuza-udarit-porossijskomu-eksportu>
3. Углеродный вызов российским экспортерам. Режим доступа: [bcg.com/ru-ru/press/29 April 2022](http://bcg.com/ru-ru/press/29%20April%202022)
4. Портал «Первый цифровой» Режим доступа: <https://carbon.1d.media/>

## СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ СТРУИ С НЕПОДВИЖНОЙ ПРЕГРАДОЙ

**В.И. Ковалев, Ю.Д. Алашкевич**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, Красноярск, Россия*

*Проведён анализ истекающей струи и ударной волны, возникающей при мгновенном контакте струи с неподвижной преградой.*

*Определена наименьшая скорость струи, при которой возникает гидравлический удар и ударная волна.*

## VELOCITY OF SHOCK WAVE PROPAGATION DURING COLLISION OF A JET WITH A FIXED OBSTACLE

**V.I. Kovalev, Y.D. Alashkevich**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

*An analysis is made of the outflowing jet and the shock wave that occurs when the jet instantaneously contacts a stationary barrier.*

*The lowest jet velocity at which hydraulic shock occurs is determined.*

Гидравлический удар происходит при резкой остановке истекающей струи жидкости, с одновременным скачкообразным ростом:

- давления в струе;
- скорости при столкновении фронта струи с преградой;
- скорости ударной волны, распространяющейся в направлении, обратном направлению истечения струи;
- упругих деформаций струи жидкости, распространяющихся по длине трубопровода.

Давление при гидравлическом ударе, по теории Н.Е. Жуковского [1], равно произведению плотности жидкости –  $\rho$ , разницы средних скоростей течения –  $\Delta v$  в трубопроводе до и после скачка, скорости –  $c$  распространения ударной волны вдоль стенок.

Известно, что, при:

- абсолютно жестких стенках трубопровода, скорость ударной волны равна скорости звука в данной жидкости (в воде – 1500 м/с)
- упругих стенках скорость ударной волны падает по мере снижения упругости жидкости, упругости материала трубы, уменьшения толщины стенки трубы и увеличения ее диаметра;



– отсутствии стенок скорость ударной волны падает по мере снижения упругости жидкости.

В связи с этим, большой интерес представляет, имеющие место при столкновении струи с неподвижной преградой, следующие параметры:

- скорость истечения струи;
- скорость ударной волны;
- давление в месте контакта фронта жидкой струи с неподвижной преградой;
- сила расплющивания капли при ударе о неподвижную преграду;
- динамическая вязкость жидкости;
- поверхностное натяжение жидкости.

Можно предположить, что интенсивность процесса воздействия и на волокнистую суспензию малой концентрации, также непосредственно зависит от конкретных значений данных параметров.

Для упрощения расчёта, за исследуемую жидкость была принята вода.

У В.В. Майера [2], давление:

$$P_{y\partial} = c\rho v, \text{ Па} \quad (1)$$

где  $C$  - скорость ударной волны, м/с;  $\rho$  – плотность воды кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость струи, м/с.

По В.В. Майеру значение  $c$  (см. выше) завышено, т. к. «...энергия внезапно остановившейся жидкости расходуется не только на ее сжатие, но и на деформацию струи в поперечном сечении...значит  $c$ ...не может быть скоростью звуковой волны в жидкости.» [2].

Это замечание верно, но оно не раскрывает некоторые нюансы:

- во – первых, в нём не объясняется причина зависимости  $c$  от  $v$ .
- во – вторых, «... все рассуждения проведены для...небольших скоростей...капель и струй. При больших...ситуация...меняется» [2].

Возникают вопросы:

- почему это утверждение ничем не обосновывается?;
- при каких значениях  $v$  значение  $c$  будет равно скорости звука?;
- где искать ошибочность в рассуждениях В.В. Майера?

Также можно предположить, что, если  $c$  зависит от  $v$ , а параметры  $\rho$  и  $c$  известны,  $v$  обеспечивает это значение только с какой – то минимальной, величины.

По Я.Е. Гегузину: «...поскольку характеристика формы струи не оговаривается, постольку...она годна и для капли..., а... $U$  следует обсудить...когда скорость капли мала,...гидравлического удара в полной мере не произойдет. Капля расплывется, растечется по поверхности, не ударив ее...Чтобы капля в момент падения на камень вела себя подобно твердому шарик, необходимо, чтобы время ее расплывания ( $\tau_p$ ) было больше времени, в течение которого происходит удар ( $\tau_y$ ):  $\tau_p > \tau_y$ » [3].

Время расплывания капли ( $\tau_p$ ) равно времени ее колебания ( $\tau$ ) во время движения. Причина же ее колебания заключается в том, что при движении капли, воздух устремляется в ее объем со стороны фронта, где его давление больше. Форма капли перестает быть сферической, поверхность её увеличивается, в то время как поверхностные силы направлены на восстановление формы [3].

Время же ( $\tau$ ), зависит от вязкости ( $\eta$ ) и поверхностного натяжения ( $\lambda$ ), а также от размера капли ( $R$ ) [3].

Представим динамическую вязкость, преобразовав ее размерность (Па·с) в виде зависимости:

$$\eta = \frac{F_y \cdot \tau}{(2R)^2}, \quad (2)$$

где  $F_y$  – сила удара, развивающаяся в месте мгновенного контакта падающей капли с преградой, Н;

$\tau$  – период колебания капли, с;

$R$  – радиус капли, м.

После преобразования зависимость (2) примет вид:

$$\frac{F_y \cdot \tau_y}{(2R)^2 \cdot \eta} = 1, \quad (3)$$

Поверхностное натяжение, в соответствии с размерностью (Н/м), представим в виде зависимости:

$$\lambda = \frac{F_p}{2R}, \quad (4)$$

Где  $F_p$  – сила, расплывающая падающую каплю при её ударе, Н.

Представим зависимость (4) в виде

$$\frac{F_p}{2R\lambda} = 1, \quad (5)$$

$$F_y = F_p,$$

Приравняв левые части (3) и (5), получим

$$\tau = 2R \frac{\eta}{\lambda}, \quad (6)$$

Конечно, недостаток вывода формулы (6) очевиден. Авторы прекрасно понимают, что здесь нарушено незыблемое правило: при выводе эмпирической зависимости нельзя манипулировать скалярными величинами, составляющими размерность физических величин, входящих в нее. В противном случае теряется ее смысловой оттенок.

Однако, интуиция подсказывает, что полученная зависимость (6) является исключением из этого правила. Более того, Я.Е. Гегузин в своей трактовке выражения (1) ссылается на выражение, абсолютно идентичное полученной нами зависимости (6) [3]. Поэтому, приняв допущение, что выведенная зависимость (6) и идентичное ей выражение, приведенное в трактовке Я.Е. Гегузина [3], верны, продолжим наши рассуждения.

Т.к. ( $\tau = \tau_p$ ), то

$$\tau_p = 2R \frac{\eta}{\lambda}, \quad (7)$$

Продолжительность же удара ( $\tau_y$ ) капли о неподвижную преграду можно оценить как отношение

$$\tau_y = \frac{2R}{v}, \quad (8)$$

Приняв, что  $\tau_p = \tau_y$  и приравняв правые части уравнений (7) и (8), получим оценку минимальной скорости падения капли ( $v_{\min}$ ), при которой она становится абсолютно жесткой и не подвержена деформации в поперечном сечении

$$v_{\min} = \frac{\lambda}{\eta}, \quad (9)$$

А подставив в (1) значение (9), получим давление в месте контакта капли с преградой

$$P_{y0} = \rho \cdot c \cdot \frac{\lambda}{\eta}, \quad (10)$$

Далее, произведем количественную оценку минимальной скорости, при которой произойдет гидродинамический удар и сравним ее с оценкой, данной Я.Е.Гегузиным [3].

При нормальных условиях ( $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $P = 101 \text{ кПа}$ ):

поверхностное натяжение для воды  $\lambda = 0.072 \text{ Н/м}$  [4];

динамическая вязкость для воды  $\eta = 0.001 \text{ Па}\cdot\text{с}$  [4].

Подставив табличные значения [4] параметров воды ( $\lambda$  и  $\eta$ ) в формулу (9), получим минимальную скорость капли, при которой в момент удара она начинает вести себя как абсолютно жесткое, недеформируемое

твердое тело  $v_{\min} = \frac{0.072}{0.001} = 72 \text{ (м/с)}$ .

Такая скорость падения капель воды в неподвижном воздухе практически нереальна. Ведь, согласно закону Стокса, максимальное значение ее не может превышать  $10 \text{ м/с}$  [5].

Я.Е.Гегузин также отмечает, что, например, «... маленькие капли летят со скоростью, пропорциональной квадрату их радиуса и ... величина этой скорости порядка  $100 \text{ см/с}$ » [3].

Здесь же он добавляет, что это «справедливо при соблюдении очень важной оговорки: если капля сохранит себя в целостности на протяжении всего времени полета ...» И еще одно замечание: «... все сказанное о скорости полета капли относится к установившемуся, или, как говорят физики, стационарному режиму.

В самом начале полета капля двигалась ускоренно, пока не достигла стационарной скорости ..., встречая при падении сопротивление воздуха» [3].

Но даже в режиме ускорения, как отмечено ранее, скорость падения капли в действительности не превышает  $10 \text{ м/с}$  [5].

Рассмотрим оценку минимальной скорости падающей капли, при которой произойдет гидравлический удар, данную Я.Е. Гегузиным [3].

«Из условия  $\tau_p \approx \tau_y$  легко оценить величину скорости падения капли, при которой она сможет «долбить камень».

Эта скорость должна удовлетворять условию  $v \approx \frac{\alpha}{\eta}$ .

При такой скорости давление, возникающее в момент удара, будет составлять  $P = \rho \cdot c \frac{\alpha}{\eta}$ .

Так как  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ,  $\eta = 0,1 \text{ г/см} \cdot \text{с}$ ,  $\alpha = 70 \text{ дин/см}$ , то  $P = 10^8 \text{ дин/см}^2 \approx 10^2 \text{ кг/см}^2$ .

Многokrратно прикладываемое, такое давление способно разрушить хрупкий ракушечник» [3].

В этой оценке имеется две странности.

Первая заключается в том, что, дав аналитическую оценку, в виде полученной зависимости минимальной скорости падения капли, Я.Е.Гегузин не дает количественную оценку этой скорости.

Вторая странность заключается в том, что величина динамической вязкости завышена в десять раз. При нормальных условиях, как отмечено выше  $\eta = 0.001 \text{ Па} \cdot \text{с}$  ( $0,01 \text{ г/см} \cdot \text{с}$ ) [4].

Поэтому и скорость  $v_{\min}$  и давление  $P_{\text{уд}}$  в момент удара Я.Е.Гегузиным занижены в десять раз.

Движение же капли в неподвижном воздухе с истинной минимальной скоростью ( $v_{\min} = 72 \text{ м/с}$ ), при которой она приобретает свойства твердого тела, не подверженного деформации, в реальных условиях невозможно.

Поэтому все наши рассуждения имеют смысл вести только относительно движущейся струи, а не капли, поскольку в этом случае имеется в виду внешний источник энергии, способный придать струе такую скорость.

Проведем количественную оценку давления, возникающего в месте контакта фронта налетающей струи с неподвижной преградой.

Подставив в формулу (10) табличные значения всех параметров, входящих в нее, получим  $P_{\text{уд}} = 1000 \cdot 1500 \cdot \frac{0.072}{0.001} = 108 \cdot 10^6 \text{ Па}$  ( $1101,3 \text{ кг/см}^2$ ).

Полученная величина давления в десять раз превышает значение давления, рассчитанного Я.Е. Гегузиным и является вполне достаточной для того, чтобы при дискретной подаче способствовать повышению качества размола коротковолокнистых материалов, равномерно распределенных в жидкой среде струи.

Таким образом, в процессе безножевого способа размола малоцентрированной водной древесноволокнистой массы, воздействие на неё давления, развивающегося при скорости распространения ударной

волны  $c = 1500$  м/с, может позволить существенно повысить качество и эффективность и сократить время размола.

Как и все безножевые способы размола, данный способ достаточно энергоемок и малопроизводителен.

Поэтому, с учётом данного замечания, окончательные выводы можно будет сделать только после проведения дополнительных экспериментальных исследований безножевого размола малоконцентрированной водной древесноволокнистой массы.

Следует отметить также и то, что в статье количественно оценены минимальная скорость струи (9), при скорости распространения ударной волны  $c = 1500$  м/с и соответствующем ей давлении, рассчитанном по формуле (10), лишь при нормальных условиях.

Выявление же зависимости этих параметров струи в условиях, отличных от нормальных, является также предметом дальнейших исследований.

#### Список литературы

1. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе и водопроводных трубах, М., Л.: Гостехиздат, 1949.
2. Майер В.В. Кумулятивный эффект в простых опытах, М.:1989.
3. Гегузин Я.Е. Капля. М.: Наука, 1977.
4. Справочник химика. Т1. Л., М.: Госхимиздат, 1964.
5. Хилькевич С.С. Физика вокруг нас. Библиотечка квант. Выпуск 40. М.: Наука, 1985.

## **РЕСУРСНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛПК РОССИИ – КЛЮЧ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЫНОЧНЫХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

**А.М. Кряжев<sup>1</sup>, О.В.Голуб<sup>2</sup>, А.Ю.Санжаровский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ООО «Техсервис», г. Новодвинск, Россия

<sup>2</sup>ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», г. Москва, Россия

*Рассмотрены действия мировой ЦБП, обеспечивающие с начала 1970-х годов поэтапное повышение экологической безопасности и экономической эффективности производства.*

*Обсуждаются технические решения, направленные на снижение «углеродного следа» предприятиями ЦБП за счет повышения ресурсоэффективности производственных процессов.*

## **RESOURCE EFFICIENCY OF RUSSIAN TIMBER PROCESSING COMPLEX - IS A KEY TO SOLVE MARKET, ENVIRONMENTAL AND CLIMATE PROBLEMS**

**A.M. Kryazhev<sup>1</sup>, O.V.Golub<sup>2</sup>, A.Y.Sanzharovsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LCC «Techservice», c. Novodvinsk, Russia

<sup>2</sup>FSAI «EIPC», c. Moscow, Russia

*The actions of the world pulp and paper industry, which have been providing a gradual increase in environmental safety and economic efficiency of production since the early 1970s, are considered. Technical solutions aimed at reducing the "carbon footprint" of pulp and paper enterprises by increasing the resource efficiency of production processes are discussed.*

За последние 60 лет в истории мировой целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) можно отметить две глобальные проблемы, которые были решены под давлением государственных органов и общественных организаций за счет изменения технологии производства.

Проблема первая. В 1960-ые годы мировая общественность признала нетерпимым тот факт, что сульфитцеллюлозные заводы сбрасывали сточные воды без очистки в водные бассейны, загрязняя водоемы токсичными солями лигносульфоновых кислот, снижающими содержание растворенного кислорода и делали их малопригодными для рыбного хозяйства. Кроме того, в те годы сульфитцеллюлозные заводы работали на свежих химикатах, покупной энергии и разразившийся энергетический кризис только усугубил их положение на рынке. Мировая ЦБП ответила разработкой доступной технологии регенерации сульфитных щелоков на магниевом осно-

вании со сроком окупаемости 5-7 лет. Только очень крупные предприятия того времени с производственной мощностью 250 тыс. т стали внедрять для получения тепловой энергии и регенерации химикатов магний регенерационные котлоагрегаты (МРК). Другие немногочисленные предприятия, например фирма Боррегард, организовали глубокую переработку сульфитных щелоков, включая производство товарных продуктов (около 100 наименований) из лигносульфонатов. Большинство же мелких предприятий производственной мощностью 30-100 тыс. т стали закрываться или репрофилироваться на получение термомеханической массы. Отметим, что в этом случае экологический эффект был достигнут не только за счет прекращения сброса сульфитных щелоков, но и за счет повышения выхода волокнистого полуфабриката с 55% до 90%, а экономический эффект за счет меньшей стоимости термомеханической массы по сравнению с сульфитной целлюлозой в композиции газетной бумаги. Кроме того, использование термомеханической массы повысило печатные свойства бумаги [1].

Проблема вторая. В 1980-ые годы на основе данных, полученных учеными [2], появилось требование к переходу на отбелку ECF (отбелка без молекулярного хлора и гипохлорита). В 1990-ые годы на рынке стали доступны для целлюлозы из хвойных пород древесины технологии двухступенчатой кислородно-щелочной делигнификации, разработана технология щелочения с добавкой пероксида водорода при гидростатическом давлении и отдельные ступени отбелки пероксидом водорода (при атмосферном и избыточном давлении). Экономический эффект перехода от отбелки с применением хлора и гипохлорита на отбелку ECF был получен за счет повышения ресурсоэффективности в отбельном цехе (снижение стоимости отбельных реагентов, снижения расхода тепловой энергии и химических потерь волокна) и составил в те годы 20-30\$/т со сроком окупаемости 3-5 лет. К 2010 году проблема бесхлорной отбелки в мире была решена (кроме предприятий РФ).

Внедренные мировой ЦБП передовые технические решения обозначили термином наилучшие доступные технологии (НДТ), которые за счет ресурсосбережения показали не только кардинальное улучшение охраны окружающей среды, но и, подчеркнем, показали высокую экономическую эффективность со сроком окупаемости 3 - 5 лет за счет снижения материальных затрат. Однако, существующая парадигма НДТ не гарантирует экологическую безопасность технологических процессов так же, как например, «производство» природой биомассы на Земном шаре. Напом-



ним, что общее количество биомассы составляет более 1 триллиона 800 млрд. тонн и ее ежегодный прирост 190 млрд. тонн, из которых на древесину приходится 40 млрд. тонн, а в качестве побочного продукта – кислород! Современное производство, построенное на основе НДТ, обеспечивает за счет ресурсосбережения сбросы и выбросы загрязнений в окружающую среду на минимально возможном сегодня уровне. Пример ресурсосбережения представлен на рисунке 1 [3].

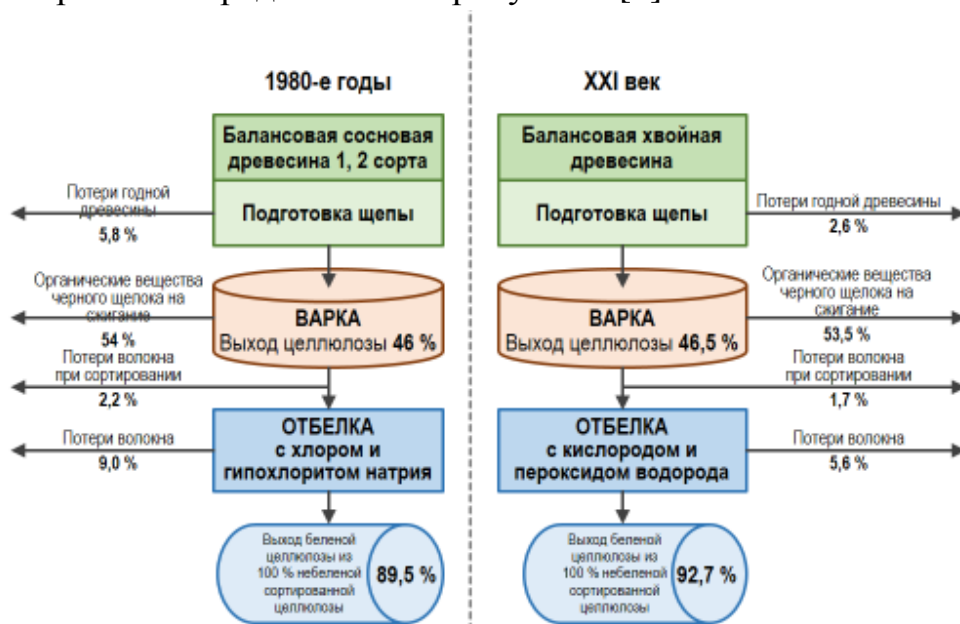


Рис. 1. Повышение эффективности использования древесины на предприятиях ЦБП [3]

Третья проблема еще только требует своего решения. и была обозначена:

- 16 февраля 2005 г. вступлением в силу Киотского протокола. Цель соглашения – стабилизация уровня концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему планеты. Международный договор применяется к шести парниковым газам (Приложении А к Протоколу: углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), гидрофторуглерод (ГФУ), перфторуглерод (ПФУ) и гексафторид серы ( $\text{SF}_6$ ).

- 22 сентября 2019 г. в принятом Постановлении Правительства Российской Федерации от № 1228 «О принятии Парижского соглашения» с комплексом мероприятий по устойчивому управлению лесами в целях поглощения ими парниковых газов с накоплением углерода;

- в декабре 2019 г. ЕС с принятием экологической стратегии о переходе на альтернативные ископаемому топливу источники энергии, которые уже к 2050 г. не будут выбрасывать парниковые газы в атмосферу;

- 2 июля 2021 г. с принятием Федерального закона № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

В мировой обрабатывающей промышленности целлюлозно-бумажное производство занимает четвертое место по потреблению энергии и является наименее углеродоемким производством, поскольку в среднем на 33% покрывает свои потребности в энергии за счет использования биомассы дерева. По данным Международного энергетического агентства, выбросы диоксида углерода целлюлозно-бумажной промышленностью составляют 183 млн т, или только 2% от выбросов всего мирового производственного сектора (МЭА, 2011). Парниковые газы, такие, как диоксид углерода, на производственной площадке целлюлозно-бумажного комбината выбрасываются от сжигания топлива в энергетических котлах, от известе-регенерационных печей для обжига извести, а выброс метана происходит при работе очистных сооружений и от полигонов отходов.

Международным энергетическим агентством (МЭА) предлагается ЦБП для снижения антропогенного воздействия увеличить долю использования «зеленого» топлива в балансе интегрированных предприятий с 33 до более 40%. Производственные испытания [4,5] показали возможность частичной замены минерального топлива в ИРП на 50-70% «зеленым» топливом за счет сжигания:

- побочных продуктов: сырого таллового масла (недостаток: высокая коррозионная активность), скипидара, метанола;

- порошкообразного лигнина (недостаток: взрывоопасный процесс);

- распыленной в печи порошкообразной древесины и коры, высушенной до влажности 5% и ниже (недостаток: загрязнение извести обугленными частичками биомассы);

- синтез-газа, полученного газификацией древесины (недостаток: теплотворная способность ниже, чем у природного газа и мазута);

- пиролизного масла от пиролиза остатков древесины (недостаток: значительная коррозионная активность);

- водородного топлива, полученного электролизом при наличии избытка электрической мощности на предприятии или водорода как побочного продукта от производства хлората натрия (недостаток: слишком высокая температура пламени и значительная длина пламени).

Можно отметить, что у МЭА нет однозначного мнения об экономической целесообразности перехода ЦБП на возобновляемые источники энергии, о чем свидетельствуют его многочисленные изменения в прогнозах. Так, по одному из последних предлагается к 2030 году (таблица 1) увеличить использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и биоэнергии (БЭ) до 2,14 Эксаджоуль/год, а остальные источники энергии снижать на 0,6% ежегодно при увеличении прироста продукции на 1,2%.

Таблица 1. Потребность ЦБП в энергоресурсах по сценарию устойчивого развития в 2018 – 2030 году (МЭА)

Наименование источника энергии	2018 год, ЭДж	2030 год, ЭДж
Возобновляемые источники энергии и биоэнергии	0,0	2,14
Тепловая энергия (покупная)	0,42	0,34
Электрическая энергия	2,11	2,08
Газ	1,25	0,95
Мазут	0,26	0,22
Уголь	0,83	0,76

Примечание:

1. В 2000 – 2018 гг. производство бумаги и картона росло на 1,4 % в год, а расход энергии увеличивался на 0,3% ежегодно.
2. К 2030 г. производство бумаги и картона будет расти на 1,2 % в год, а расход энергии снижаться на 0,6% ежегодно.

При этом, в примечании к таблице МЭА пишет, что производство бумаги и картона росло на 1,4% в год, а расход энергии увеличивался на 0,3% ежегодно. Соответственно, возникает вопрос за счет каких технологий предполагается до 2030 года обеспечить ежегодное увеличение промышленного производства и снижение потребления энергии? Интересует и период окупаемости предлагаемых технологий, как это было сделано при решении проблем отрасли.

Если возобновляемые источники энергии (ветровая, солнечная и гидрогенерация) – неоспоримо экологически безопасные способы получения энергии, то использование биомассы в качестве «зеленого» топлива по выбросам серы, окислов азота и взвешенным веществам в разы уступает природному газу (таблица 2).

Вследствие данных, представленных в таблице 2, считать биотопливо безоговорочно экологически чистым, с этих позиций выглядит странно, и скорее политизировано по отношению к природному газу. Значимость перехода на природный газ на данном этапе в том, что уменьшаются вы-

бросы по сере в 10-20 раз и сокращаются выбросы окислов азота (см. таблицу 2).

Таблица 2. Уровень среднегодовых выбросов от энергетических котлов, используемых в ЦБП и работающих на различных видах топлива при стандартных условиях, и основанный на НДТ

Загрязняющее вещество	Ед. измерения	Уголь	Мазут	Нефтяной газ	Природный газ	Биотопливо (кородревесные отходы)
Сера (S)	кг S/МДж сжигаемого топлива	100-200 <sup>1)</sup>	100-200 <sup>1)</sup>	25-30	<5	<15
		50-100 <sup>5)</sup>	50-100 <sup>5)</sup>			
Окислы азота (NO <sub>x</sub> )	кг NO <sub>x</sub> /МДж сжигаемого топлива	80-110 <sup>2)</sup>	80-110 <sup>2)</sup>	45-60 <sup>2)</sup>	30-60 <sup>2)</sup>	60-100 <sup>2)</sup>
		50-80 СНКО <sup>3)</sup>	50-80 СНКО <sup>3)</sup>			50-80 СНКО <sup>3)</sup>
Взвешенные вещества	мг пыли/нм <sup>3</sup>	10-30 <sup>4)</sup> при 6% O <sub>2</sub>	10-30 <sup>4)</sup> при 6% O <sub>2</sub>	10-30 3% O <sub>2</sub>	<5 3% O <sub>2</sub>	10-30 <sup>4)</sup> при 6% O <sub>2</sub>

Примечания:

1. Выбросы серы от сжигаемого мазута или угля зависят от содержания серы в топливе. Определенное снижение серы может быть достигнуто введением карбоната кальция.
2. Снижаются только за счет технологии сжигания.
3. В качестве дополнительной меры на больших установках применяют некаталитическое окисление (СНКО).
4. Значения достигаются только при использовании электрофильтров.
5. Используется скруббер только на больших установках.

При этом нужно отметить, что биотопливо в выбросах дает больше загрязнений по сере в 3 раза и по окислам азота больше, чем природный газ. Поэтому биомассу нужно оценивать не только по искусственной (принятой) углеродной нейтральности, но и по интегральной оценке, используемой для других видов топлива. В этом случае природный газ становится важнейшим звеном при движении человечества от угля и нефти к безуглеродной (водородной) энергетике. Кроме того, очевидно также, что солнечно-ветровая энергетика неспособна быть самодостаточной энергетической отраслью, так как не может сама себя энергетически окупать для производства новых мощностей и поддерживать существующий уровень благ для человека и общества. Следовательно, пока ее роль - вспомогательная энергетика, которая способна развиваться только за счёт других, более мощных, источников энергии.

На рисунке 2 представлена концептуальная технологическая платформа производства волокнистых полуфабрикатов в XXI веке, построенная на основе НДТ и соответствует решению рыночных, экологических и климатических задач. НДТ станут «дорожной картой» совершенствования и развития производственных мощностей в ЦБП.



Рис. 2. Технологическая платформа устойчивого производства волокнистых полуфабрикатов в XXI веке в ЦБП

### Список литературы

1. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий. Раздел 14. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона / [гл. ред. Д.О.Скобелев ]; ФГАУ «НИИ «ЦЭПП».-М.: СПб.: «Реноме». 2019.-с.562-646.
2. Кальбфус В. Загрязнение окружающей среды диоксинами и фуранами целлюлозно- бумажной промышленности. Пленарные доклады. Четвертая международная науч.техн. конф. PAP-FOR 1996, 21-23 октября, С-Пб, с.175-176.
3. А.М. Кряжев, Т.В. Гусева, И.О. Тихонова, Д.П. Очеретенко, Р. Алмгрен Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие и формирование экономики замкнутого цикла Экология и промышленность России 2020, том 24, №11, с.48-53.
4. Peter W. Hart Alternative “green” lime kiln fuels:Part I—Pulping/recovery byproducts Journal Tappi, Vol 19, №5, May 2020, p.263-269
5. Peter W. Hart Alternative “green” lime kiln fuels: Part II— Woody biomass, bio-oils, gasification, and hydrogen Journal Tappi, Vol 19, №5, May 2020, p.271-279.

## **БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА БЕЛЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ВЫСОКОГО ВХОДА С ПОНИЖЕННОЙ РЕСУРСОЕМКОСТЬЮ**

**М.М. Лысаченкова, Я.В. Казаков**

*Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия*

*Исследованы структурно-морфологические и бумагообразующие свойства товарной беленой химико-термомеханической массы в сравнении с беленой сульфатной хвойной и лиственной целлюлозой. Показано, что структурно-морфологические свойства БХТММ типичны для представителей механических масс. По своим свойствам БХТММ лучше подходит для использования в композиции бумаги, для которой важна впитывающая способность по отношению к воде (санитарно-гигиенические виды бумаги) или печатным краскам (типографская, офсетная бумага).*

## **PAPERMAKING PROPERTIES OF HIGH-YIELD BLEACHED PULPS WITH REDUCED RESOURCE INTENSITY**

**M.M. Lysachenkova, Y.V. Kazakov**

*Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia*

*Structural-morphological and papermaking properties of commercial bleached chemical-thermomechanical pulp were studied in comparison with bleached kraft softwood and hardwood pulp. It is shown that the structural and morphological properties of BCTMP are typical for representatives of mechanical pulps. According to its properties, BCTMP is better suited for use in the furnish of paper, for which absorbency with respect to water (tissue papers) or printing inks (printing, offset paper) is important.*

Одним из способов достижения разнообразия свойств является использование в композиции бумаги или картона нескольких отличных по свойствам волокнистых полуфабрикатов, таких как целлюлоза и механические массы. До настоящего момента основным из них остается целлюлоза – подавляющее большинство массовых видов бумаги и картона вырабатывается именно из этого полуфабриката. В то же время целлюлоза достаточно дорогостоящий материал, способ выработки которого вызывает определенные нарекания с экологической точки зрения. В силу этих и некоторых других обстоятельств производители бумаги постоянно ведут поиск полуфабрикатов, способных заменить целлюлозу в композиции без ущерба качеству бумаги. На сегодня одной из таких альтернатив могут быть беленые механические древесные массы [1].

При выработке древесной массы механическая обработка древесного сырья является обязательной и основной стадией технологического процесса. В результате происходит разделение древесины на волокна и фор-

мирование их бумагообразующих свойств. Мировая ЦБП выпускает более 20 видов механических масс, спектр свойств и область применения которых постоянно расширяются [1]. Это обусловлено рядом достоинств технологии механических масс. Наиболее важные из них: высокий выход из древесины; исключение хлорсодержащих реагентов при отбелке; отсутствие дурнопахнущих газовых выбросов в атмосферу; возможность частичной замены дорогостоящей целлюлозы на механические массы в композиции некоторых видов бумаги и картона; более низкие затраты на строительство и эксплуатацию древесномассного производства по сравнению с аналогичными затратами на целлюлозных предприятиях [2].

В основе производства ХТММ лежит неглубокая химическая обработка. Использование химических реагентов при получении ХТММ приводит к растворению 3...5 % компонентов древесного сырья, способствует набуханию волокон, оказывает значительное влияние на свойства полуфабриката: повышается содержание длинных эластичных волокон с хорошо развитой поверхностью, обеспечивающей их тесное переплетение в процессе формирования бумажного полотна [3].

При увеличении выхода волокнистого полуфабриката с 44 до 90 %, расход древесины снижается с 2000 до 916 кг/т, или с 5,13 до 2,35 пл. м<sup>3</sup>/т в.с. целлюлозы. Это является важным экологическим аспектом. В то же время, компонентный состав механической массы включает большинство нецеллюлозных компонентов древесины, главным образом, лигнина, не способствующих улучшению бумагообразующих свойств полуфабриката.

Для получения количественных сравнительных данных, был выполнен анализ товарных беленых волокнистых полуфабрикатов, типичных для производства белых видов бумаги: лиственная сульфатная целлюлоза; хвойная сульфатная целлюлоза; товарная беленая химико-термомеханическая масса (БХТММ).

При исследовании физико-механических свойств, изготовлены и проанализированы лабораторные отливки, массой 70 г/м<sup>2</sup>: БХТММ после роспуска; БХТММ после размола до 40°ШР, а также, для сравнения, с композицией по волокну: 50 % хвойной, 50 % лиственной целлюлозы, после совместного размола на мельнице Йокро до 40 °ШР.

Свойства бумаги во многом определяются свойствами волокон волокнистых полуфабрикатов, из которых она изготовлена. Ключевую роль в этом вопросе играют структурно-размерные свойства волокон, главным образом, длина, ширина, степень изогнутости и поврежденности. На рис.1.



представлены микрофотографии, полученные на исследовательском мотORIZEDированном микроскопе высокого разрешения ImagerZ2m Carl Zeiss. Внешний вид волокон БХТММ подтверждает повышенную жесткость таких волокон и большое количество волокнистой мелочи.

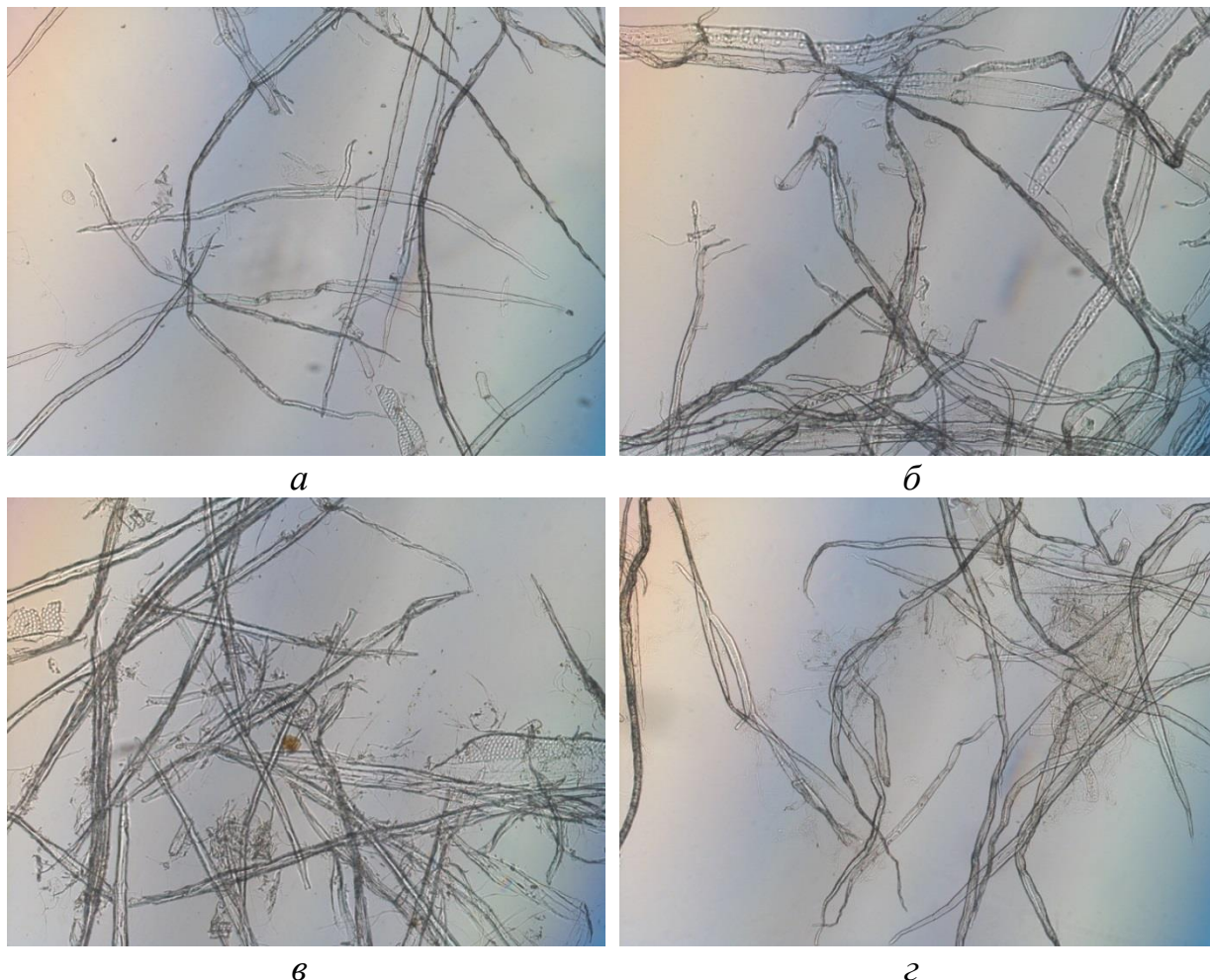


Рис. 1. Микрофотографии товарных волокнистых полуфабрикатов: а – лиственной целлюлозы; б – хвойной целлюлозы; в – БХТММ; г – композиция лиственная + хвойная целлюлоза (50:50%), 40°ШР

У данных образцов определены структурно-морфологические свойства на анализаторе волокна Файбер тестер [4]. Результаты представлены в таблице 1, фракционный состав по длине и ширине волокна – на рис.2.

Установлено, что у БХТММ средняя длина волокна 0,89 мм меньше, чем у лиственной целлюлозы (0,93 мм), а средняя ширина волокна 27,3 мкм сопоставима с хвойной целлюлозой. Волокна БХТММ более прямые (фактор формы 91,8 против 82,1 и 89,5 у хвойной и лиственной целлюлозы), содержат меньше изломов на 1 мм – 0,28 против 0,83 и 0,54.



Но БХТММ содержит примерно в 2-3 раза больше мелочи – волокон с длиной менее 0,2 мм – 8,8 % против 4,2 и 3,1 % соответственно.

Таблица 1. Структурно-морфологические характеристики волокнистых полуфабрикатов

Характеристики	Лист- венная	Хвой- ная	БХТММ	БХТММ 40°ШР	Х+Л 40°ШР
Средняя длина, мм	0,938	1,888	0,887	0,745	1,150
Средняя ширина, мкм	21,3	27,3	27,3	27,8	26,1
Средний фактор формы, %	89,5	82,1	91,8	93,4	89,2
Содержание мелочи, % (<0,2 мм)	3,1	4,2	8,8	11,1	3,9
Грубость, дг	115	200	166	166	174
Средний угол излома, град	50,9	57,0	50,0	48,4	55,2
Число изломов на мм	0,541	0,830	0,277	0,156	0,442
Число больших изломов на мм	0,148	0,317	0,076	0,038	0,143
Число изломов на волокно	0,125	0,422	0,063	0,028	0,134
Средняя длина сегмента, мм	0,726	1,059	0,845	0,783	0,937

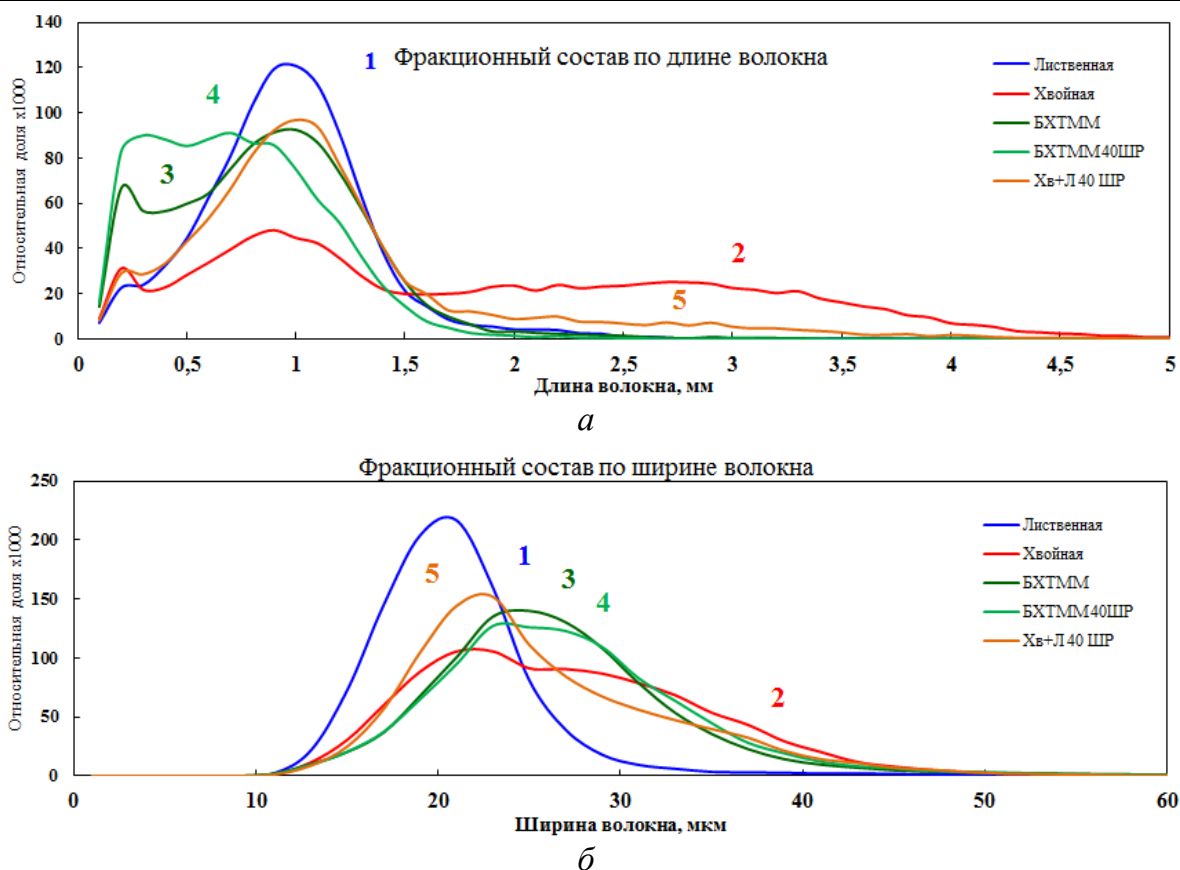


Рис. 2 – Фракционный состав образцов: а – по длине волокна; б – по ширине волокна; 1 – листовая целлюлоза; 2 – хвойная целлюлоза; 3 – БХТММ; 4 – БХТММ 40 °ШР; 5 – смесь лиственной и хвойной целлюлозы 50:50 %, 40 °ШР

Отдельно размолотая до 40 °ШР БХТММ обладает еще более низкой средней длиной волокна (0,74 мм) и повышенной средней шириной ширины волокна (27,8 мкм), видимо, за счет сплющивания волокон при размоле. Волокна БХТММ становятся еще более прямыми более прямыми (фактор формы возрастает до 93,4), содержат еще меньше изломов (0,156 на 1 мм). Но размолотая БХТММ содержит и существенно больше мелочи 11,1 % – волокон с длиной менее 0,2 мм.

Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов представлены в таблице 2. БХТММ без размола дает чрезвычайно высокую толщину 138 мкм, и низкую плотность 0,49 г/см<sup>3</sup>. Размол и введение химикатов дают эффект, но свойства получаемых отливок – толщина 120 мкм, плотность 0,55 г/см<sup>3</sup>, все равно остаются неудовлетворительными. Также БХТММ обладает низким уровнем межволоконных сил связи – 0,36 МПа у размолотых образцов, и низкую прочность волокна – нулевая разрывная длина 6500 и 7500 м.

Таблица 2. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов

Характеристики	БХТММ	БХТММ 40°ШР	Х+Л 40°ШР
Средняя толщина отливок, $\delta_{\text{СР}}$ , мкм	138	120	86
Плотность отливок, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	0,493	0,548	0,784
Межволоконные силы связи, $F_{\text{СВ}}$ , МПа	0,15	0,36	1,61
Нулевая разрывная длина, $L_0$ , м	6500	7500	12250
Сопротивление сжатию, SCT, кН/м	0,87	1,25	2,25
Жесткость при изгибе, $S_b$ , Н·м	47	57,5	48
Сопротивление продавливанию, $\Pi_a$ , кПа	70	62	320
Разрывная длина, $L$ , м	1600	3100	8200
Относительное удлинение при разрыве, $\Delta l$ , мм	0,84	0,96	3,17
Жесткость при растяжении, $S_t$ , кН/м	200	300	480

Соответственно, указанные закономерности по свойствам волокна (так называемые фундаментальные свойства), обеспечивают аналогичные закономерности у физико-механических характеристик. Прочность и растяжимость у лабораторных отливок БХТММ хуже в разы. БХТММ без размола (только роспуск в гидроразбивателе) дает крайне низкие значения прочности, жесткости и растяжимости. Это является результатом сушки механической массы и застекловыванием лигнина, содержащегося в волокнах. То есть, несмотря на значительное количество мелких волокон, обладающих суммарной большой поверхностью, прочной структуры не

формируется, и обязательно требуется размол. Это как раз и есть ключевое отличие сушеных механических масс от неподвергавшихся сушке.

Размол БХТММ да 40 °ШР приводит к некоторому улучшению деформационных свойств формирующейся структуры, но и по прочности, по жесткости и растяжимости данный материал имеет существенно худшие свойства, по сравнению с чисто целлюлозными образцами.

#### Заключение

Таким образом, БХТММ обладает волокнами с низкой средней длиной, и содержит много мелочи, а волокна обладают повышенной грубостью, прямизной, шириной, лист обладает пониженной плотностью (0,548 г/см<sup>3</sup> против 0,792 у обычной композиции лиственной и хвойной целлюлозы), и пониженной прочностью волокна – нулевая разрывная длина 7500 м против 12250 м) что должно способствовать формированию пухлой структуры с пониженным уровнем физико-механических свойств.

БХТММ лучше подходит для использования в композиции бумаги, для которой важна впитывающая способность по отношению к воде (санитарно-гигиенические виды бумаги) или печатным краскам (типографская, офсетная бумага).

#### Список литературы

1. Дьякова Е.В., Комаров В.И. Технология механической массы: учеб. пособие; под ред. проф. В.И. Комарова. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. 203 с.
2. Пузырев С.С., Виролайнен Э.В., Поляков Ю.А., Кряжев А.М. Технология целлюлозно-бумажного производства. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 3. Производство полуфабрикатов. СПб.: Политехника, 2004. 316 с.
3. Пузырев С.С. Современная технология механической массы. Том. 2. Механическая масса из щепы. СПб.: СПбЛТА, 1996. 236 с.
4. Karlsson H. Fiber Guide – Fibre analysis and process applications in the pulp and paper industry / AB Lorentzen&Wettré, 2006. 120 p.

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АДАПТАЦИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

**К.Л. Михайлов**

*ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Россия, г. Архангельск, ул. Никитова, д.13*

*Рассмотрены вопросы влияния климатических изменений на лесной комплекс; изложены адаптационные мероприятия для отдельных отраслей и производств; изучены особенности ведения лесного хозяйства в материковой арктической зоне с учетом государственных льгот и преференций.*

## TOPICAL ISSUES OF ADAPTATION OF THE FOREST COMPLEX TO CLIMATE CHANGE

**K.L. Mikhaylov**

*Northern Research Institute of Forestry», Russia, Arkhangelsk, Nikitova str., 13*

*The issues of the impact of climate change on the forest complex are considered; adaptation measures for individual industries and industries are outlined; the peculiarities of forestry in the mainland Arctic zone are studied, taking into account state benefits and preferences.*

Вопросы влияния изменений климата на человека и экономику привлекают все больше внимания ученых, специалистов, управленцев, бизнеса [1-4]. Проводятся расчеты влияния изменений климата на отдельные отрасли экономики и виды деятельности в регионах, развивается практика применения компенсационных механизмов для зависимых от погоды производств, формируется нормативная законодательная база технологических преобразований хозяйства исходя из стратегических задач обеспечения климатической безопасности и др. В соответствии с Климатической доктриной Российской Федерации разработка и реализация оперативных и долгосрочных мер по адаптации к изменениям климата – является одной из основных задач политики в области климата.

Характеризуя материально-вещественную составляющую лесной отрасли в условиях изменения климата следует представлять характер использования и безаварийной эксплуатации производственных фондов, предупреждения дополнительного износа, рисков аварий, выхода из строя оборудования, разработка и внедрение адаптированных к климатическим изменениям техники и технологий. Климатические изменения влияют на управление экономическими процессами, производственную и маркетинговую деятельность, требуют разработки новых логистических схем.

Наиболее существенное влияние на ведение экономической деятельности оказывают аномальные проявления изменения климата - повторяемость оттепели зимой и заморозков весной и летом; повышенный снежный покров; отсутствие снежного покрова зимой; сильные отрицательные температуры; положительные температуры вне сезона; значительные температурные колебания; ураганные ветры; засуха, выпадение сверхнормативных осадков, град. Влияние аномальных климатических изменений проявляется в невозможности или ограничении хозяйственной деятельности, что выражается в дополнительных затратах, простоях, технологических сдвигах. Таким образом, климатические изменения оказывают все большее влияние на хозяйственную деятельность в регионах, вынуждая совершенствовать производственные технологии в направлении экологизации экономики, разрабатывая новые методы управления, интеграции бизнеса, софинансирования регионального хозяйства на основе стимулирования бизнеса к экологическому сотрудничеству.

Для Архангельской области влияние изменений климата на экономику является актуальным. Область расположена в трех климатических поясах – арктическом, субарктическом и умеренном, находится в зоне активной циклонической деятельности и частой смены воздушных масс, различных по месту своего формирования, температуре и влажности. Для лесного комплекса Архангельской области климатические изменения выражаются в ухудшении роста древостоя, обеспечения его доступности вследствие разрушения временных дорог и низкого уровня вод при транспортировке водным транспортом, увеличении лесных пожаров, масштабном усыхании и гибели деревьев (табл. 1).

Для лесного хозяйства, как базовой отрасли лесопромышленного комплекса, актуальны вопросы лесовыращивания адаптированных к климатическим изменениям насаждений профильных пород. При этом имеется международный опыт ведения лесного хозяйства по предупреждению и минимизации влияния на климатические изменения в лесных экосистемах [5, 6]. По мнению специалистов, в связи с изменением климата и антропогенным влиянием на древостой особенно уязвимыми являются экосистемы в территориях экотона «тайга-тундра» [7, 8], значительная часть лесов которых относится к защитным. Для таких территорий актуальна организация хозяйственной деятельности в рамках разрешенной лесным законодательством деятельности без изъятия древостоя.

Таблица 1. Влияние изменений климата на лесной комплекс

Проявления изменений климата для лесного комплекса в целом, отраслей, видов деятельности	Адаптационные мероприятия по снижению зависимости лесного комплекса от климатических изменений
Общий рост пожароопасности в лесах и на торфяных болотах	Создание противопожарных барьеров, устройство дорог противопожарного назначения, проведение профилактических палов, создание системы мониторинга лесных пожаров, внедрение технических средств обнаружения лесных пожаров. Противопожарное зонирование территории. Введение временного запрета на посещение лесов населением.
Сокращение благоприятного агротехнического периода для весенней посадки леса	Подготовка и посадка лесных культур с закрытой корневой системой. Создание лесных селекционно-семеноводческих центров для выращивания посадочного материала. Проведение массовых акций по посадке леса в благоприятный период.
Отсутствие устойчивого снежного покрова для организации зимних дорог	Строительство постоянных лесовозных дорог. Оптимизация логистических схем транспортировки древесины исходя из изменяющихся погодных условий.
Отсутствие достаточного уровня воды в реках для транспортировки древесины	Проведение дноуглубительных работ, изменение конструкции плотов с низкой осадкой, применение барж с низкой осадкой малой грузоподъемности.
Негативное влияние на здоровье и физическое самочувствие трудовых ресурсов. Сбои в работе техники, ограничения или полный запрет на работу при низких температурах.	Изменение графика работы, соотнесение рабочих и выходных дней с погодными условиями. Рост затрат на лечебно-оздоровительные мероприятия и программы. Разработка, приобретение специальной адаптированной к низким температурам техники.
Увеличение риска аварий из-за роста атмосферных нагрузок (снеговых, ветровых, гололедных) на здания, сооружения, инфраструктурные объекты	Проведение противообледенительных мероприятий, обследование зданий и сооружений, инфраструктурных объектов на предмет соответствия изменениям атмосферных нагрузок, внесение конструктивных изменений в здания и сооружения, инфраструктурные объекты исходя из роста атмосферных нагрузок.

Перспективность диверсификации лесопользования, особой роли в формировании среды обитания человека отмечал в своих исследованиях акад. Н.А. Моисеев: «Общей тенденцией развития лесного хозяйства является переход от одноцелевого к многоцелевому лесопользованию, первоочередным объектом его реализации являются защитные леса». [9, с.204]. Нами поддерживается позиция, что «лесоводственная наука и практическое лесоводство прежде всего нуждаются в научной концепции притундровых лесов, в обработке научных представлений об их природе, роли в биосфере, в народнохозяйственном значении» [10]. И далее «научные исследования должны быть направлены на изучение разрушительной и восстановительной динамики в экстремальных условиях».

Принятый Федеральный закон от 13.07.2020 № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» [11], во многом распространяется на указанные лесные земли. В связи с этим появляются дополнительные стимулы для активизации инвестирования, включая проекты экологической направленности.

В качестве заключения отметим следующее. Изменение климата все существеннее влияет на социум и хозяйство, приносит новые риски при ведении экономической деятельности. Влияние аномальных климатических изменений проявляется не одинаково в различных регионах, отраслях и видах деятельности. Задача науки в этих условиях заключается в изучении и описании появляющихся проблем, разработке путей их минимизации. Изменение климата диктует необходимость изменений в способах ведения хозяйства, совершенствования производственных технологий и форм организации и управления предприятиями, обеспечивающие их адаптацию к новым климатическим и погодным реалиям. Требуется корректировка стратегических программ отраслевого и регионального развития, национальной экономической политики.

*Работа подготовлена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 122020300231-2*

## Список литературы

1. Королева Т.С., Константинов А.В., Шунькина Е.А. Угрозы и социально-экономические последствия изменения климата для лесного сектора // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2015. №3. С.55-71.
2. Порфирьев Б. Н. Природа и экономика: риски взаимодействия. (Эколого-экономические очерки) Под ред. акад. РАН В.В. Ивантера. М: «Анкил». 2011. 352 с.
3. Семенов М. А., Высоцкий А.А., Пашенко В.И. Прогноз адаптивных приспособлений в лесном хозяйстве в связи с возможными климатическими изменениями // Лесн. журн. 2019. № 5. С. 57–69.
4. Ильинцев А. С., Шамонтьев И.Г., Третьяков С.В. Современная динамика лесопользования в бореальных лесах России (на примере Архангельской области) // Лесотехнический журнал. 2021. Т.11. № 3. С. 45–62.– DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/4>.
5. Интервью участников семинара «Возможности развития устойчивой лесохозяйственной практики в интенсивно управляемых лесах: опыт Германии» // Устойчивое лесопользование. 2017. №1(48). С.15–17.
6. Angelstam P., Albuлесcu A.C., Andrianambinina O.D.F. et al. Frontiers Of Protected Areas Versus Forest Exploitation: Assessing Habitat Network Functionality In 16 Case Study Regions Globally // Ambio. 2021. Т. 50. № 12. P. 2286-2310.
7. Предтундровые леса / В.Г. Чертовской, Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков и др. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 168 с.
8. Вопросы предтундрового лесоводства Европейской части СССР. Архангельск. АИЛиЛХ. 1983. 123 с.
9. Моисеев Н.А. Роль лесов в создании экологически комфортной среды обитания и меры для ее реализации // Лесн. журн. 2019. № 5. С. 203–207. (Изв.высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.203
10. Проблемы притундрового лесоводства. Архангельск. АИЛиЛХ. 1995. 166 с.
11. Федеральный закон от 13.07.2020 № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» / Официальный интернет-портал правовой информации. [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/> (дата обращения: 01.03.2022).



**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ  
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕГО ВОПРОСЫ  
ПОСТАНОВКИ НА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УЧЁТ ОБЪЕКТОВ,  
ОКАЗЫВАЮЩИХ НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Д.М. Мишуков**

*ООО «Юридический центр промышленной экологии», Москва, Большая Дмитровка, 32, стр.7-8.*

*Нормативное определение понятия «объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду» требует переработки, поскольку не способствует формированию эффективной практики правоприменения, приводит к коллизиям и спорам между лицами, эксплуатирующими объекты, и надзорными органами, а также к вовлечению в сферу регулирования объектов, не оказывающих негативного воздействия.*

**PROPOSALS FOR IMPROVING LEGISLATION GOVERNING ISSUES  
OF STATE REGISTRATION OF OBJECTS THAT HAVE A NEGATIVE  
IMPACT ON THE ENVIRONMENT**

**D.M. Mishukov**

*Industrial Ecology Law Centre, Ltd. Bld. 7-8, 32, Bolshaya Dmitrovka str., Moscow, Russia*

*Legal definition of the concept “an object that has a negative impact on the environment” requires reworking since it does not contribute to the formation of effective law enforcement practice, leads to legal issues and disputes between industrial enterprises operating facilities and supervisory authorities, as well as to the involvement in the scope of regulation of objects that do not have a negative impact on the environment.*

В ст.1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» [1] установлено нормативное определения понятия «объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду» – объект капитального строительства и (или) другой объект, а также их совокупность, объединенные единым назначением и (или) неразрывно связанные физически или технологически и расположенные в пределах одного или нескольких земельных участков.

Введение определения указанного понятия и норм, регламентирующих вопросы постановки объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (далее – объект НВОС), их категорирования в зависимости от уровня воздействия на окружающую среду было направлено на формирование дифференцированного подхода к государственному регулированию (от категории зависит система нормирования воздействия объ-

екта НВОС на окружающую среду, вид экологической разрешительной документации, необходимость внедрения наилучших доступных технологий, частота проведения плановых контрольных (надзорных) мероприятий), в том числе, с учетом риск-ориентированного подхода.

Однако складывающаяся правоприменительная практика выявила существенные недостатки, обусловленные, прежде всего, несовершенством определения понятия «объект НВОС», выражающемся в следующем.

1. Не любое воздействие объектов промышленности на окружающую среду является негативным.

В вышеуказанном Федеральном законе [1] под негативным воздействием на окружающую среду понимается воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды. В свою очередь, в отношении объектов НВОС устанавливаются, в частности, нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

Таким образом, объекты НВОС, в отношении которых оформлена разрешительная экологическая документация, и обеспечивается соблюдение установленных в данной разрешительной документации нормативов допустимого воздействия на окружающую среду, в силу закона не являются объектами, оказывающими негативное воздействие.

Объекты НВОС, относящиеся к I категории (объекты, оказывающие значительное воздействие на окружающую среду), также не во всех случаях корректно относить к оказывающим негативное воздействие, поскольку, к ним применяется система технологического нормирования (в отношении части нормируемых веществ), так как из п.2 ст.21 Федерального закона «Об охране окружающей среды» [1] следует вывод, что соблюдение технологических нормативов не обязательно должно обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды.

2. Промышленные объекты зачастую состоят из нескольких взаимосвязанных или независимых элементов (отдельные здания, сооружения, технологические установки и проч.).

С учетом этой особенности законодатель, по всей видимости, определяя, что объектом НВОС может являться «совокупность объектов, объединенных единым назначением и (или) неразрывно связанные физически

или технологически», действовал по аналогии с конструкцией, предусмотренной гражданским законодательством в отношении «единого недвижимого комплекса».

В соответствии со ст.131.1 Гражданского кодекса РФ [2] недвижимой вещью, участвующей в обороте как единый объект, может являться единый недвижимый комплекс – совокупность объединенных единым назначением зданий, сооружений и иных вещей, неразрывно связанных физически или технологически, в том числе линейных объектов (железные дороги, линии электропередачи, трубопроводы и другие), либо расположенных на одном земельном участке, если в едином государственном реестре прав на недвижимое имущество зарегистрировано право собственности на совокупность указанных объектов в целом как одну недвижимую вещь.

При этом необходимо отметить, что в гражданском законодательстве, подобный подход реализован в целях регламентации имущественных прав на объекты права собственности, иных вещных прав, и основан на принципах диспозитивности – предоставляя право регистрации совокупности объектов как единой недвижимой вещи.

Однако правоприменительная практика, связанная с идентификацией объектов НВОС, показывает, что зачастую уполномоченные органы государственной власти в отсутствие законодательно установленных определений понятий «неразрывная технологическая и физическая связанность», «единство назначения», критериев их определения, препятствуют регистрации объектов НВОС или актуализации сведений о них основываясь на субъективной оценке.

Предъявляются требования по отдельным объектам хозяйственной деятельности, не оказывающим существенного воздействия на окружающую среду (например, офисные (административные) здания, склады, общежития сотрудников (вахтовые поселки), по их «присоединению» к эксплуатируемым тем же юридическим лицом объектам НВОС других категорий, что нарушает принципы равноправия и справедливости.

Так, самостоятельный офисный центр в населенном пункте как правило, относится к объектам НВОС III или IV. Если же в аналогичном по назначению и степени воздействия на окружающую среду здании работают специалисты предприятия, имеющего производственные объекты, относящиеся к I категории, то в случае постановки на государственный учёт «единого объекта НВОС» административное здание будет в составе объек-

та I категории и к нему будет применяться соответствующее регулирование.

Данное положение усугубилось после 01.09.2022 в связи с вступлением в силу Правил создания и ведения государственного реестра объектов НВОС, утвержденных постановлением Правительства РФ от 07.05.2022 № 830 [3], где предусмотрены полномочия органов государственной власти, уполномоченных на ведение данного реестра, вносить корректировку в сведения государственного реестра объектов НВОС в случае выявления на основании мнения должностного лица органа государственной власти возникновения или утраты неразрывной технологической, физической связанности или единства назначения объектов НВОС, что приведет к принудительному объединению отдельных объектов или разделению совокупности объектов НВОС.

В этой связи важно дополнительно зафиксировать право лица, эксплуатирующего объекты НВОС, самостоятельно идентифицировать свои объекты. Вывод о наличии данного права следует из положений Федерального закона «Об охране окружающей среды» и поддерживается в значительном количестве судебных решений, однако отсутствие конкретной нормы влечет возникновение споров между лицами, эксплуатирующими объекты НВОС и органами государственной власти.

3. Термин «объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду» не отражает сущность описываемого объекта, а также привносит изначальную негативную окраску, формируя отношение к объектам, как представляющим опасность, причем с учетом широты определения понятия указанное распространяется на все объекты хозяйственной деятельности, даже на такие, которые непосредственно не оказывают негативного воздействия на компоненты природной среды (некоторые объекты НВОС IV категории).

С учетом приведенных аргументов представляется необходимым внесение изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и принятые в его развитие подзаконные акты, связанные с введением взамен определения «объект НВОС» определения «объект экологического регулирования».

Подобное изменение более полно отражает суть регулируемых правоотношений и конкретизирует наличие объектов, не тех, которые изначально оказывают негативное воздействие, а те, к которым должны применяться меры государственного регулирования в сфере охраны окружаю-

щей среды с использованием существующих мер в части нормирования воздействия, оформления разрешительной документации и проч.

В связи с указанным предлагается следующее определение понятия «объект экологического регулирования» – объект капитального строительства или иной стационарный объект, в результате эксплуатации которого осуществляются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и (или) сбросы загрязняющих веществ в водные объекты в количестве (массе, объеме), превышающем установленные Правительством Российской Федерации пороговые значения, или объект, на котором осуществляется утилизация и/или размещение отходов.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» // Российская газета. 2002. № 6.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ //Российская газета». 1994. № 238-239.
3. Постановление Правительства РФ от 7 мая 2022 г. № 830 «Об утверждении Правил создания и ведения государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» //Собрание законодательства РФ. 2022. № 20. Ст. 3295.

## РАЗМОЛ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ГАРНИТУРЫ

**А.А. Петрова, Ю.Д. Алашкевич, И.А. Воронин**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

*В данной статье рассмотрено влияние характера конической и волнообразной межножевой размольной полости комбинированной гарнитуры на бумагообразующие свойства целлюлозы.*

## GRINDING OF FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCTS USING A COMBINED GRINDINGSET DESIGN

**A.A. Petrova, Yu.D. Alashkevich, I.A. Voronin**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia*

*In this article considered the influence of the characteristics conical and wavy inter-knife grinding cavity of the combined set on the paper-forming properties of cellulose.*

При производстве бумаги на качественные и физико-механические показатели значимое влияние оказывают как вид исходного волокнистого полуфабриката, так и способ его обработки на всех стадиях производства бумажного полотна. Одним из основных процессов способных оказывать существенное влияние на свойство готового материала является процесс размола волокнистых полуфабрикатов. Неразмолотые волокна влияют на эстетические характеристики, получается пухлый лист, имеющий неравномерный облачный просвет.

В процессе размола волокнистому материалу стремятся придать необходимые физико-химические свойства изменяя степень дисперсности волокнистой суспензии, расщепляя и обрабатывая поверхность волокон, от чего в дальнейшем будет зависеть образование межволоконных сил связей и, как следствие, механическая прочность и другие свойства бумажного полотна [1]. На свойства волокнистого полуфабриката влияет выбор размалывающего оборудования, продолжительность размола, удельное давление в зоне размола, концентрация массы и скорость вращения ротора.

Комбинированная гарнитура, разработанная на кафедре МАПТ, позволяет изменять геометрию рисунка ножей и характер межножевой размольной полости [2].

Гарнитура состоит из закрепленных на диске ротора и статора концентрических колец, второе и четвертое кольцо являются взаимозаменяемыми, благодаря чему имеется возможность создания конической (рис. 1, а) и волнообразной (рис. 1, в) полости размола. Благодаря данной конструкции гарнитуры можно изменить и рисунок ножевого диска поворотом колец на заданный угол, создавая прямолинейную форму ножей (рис. 1, б) от входа к выходу волокнистой массы. Общее количество рисунков гарнитуры, для данной конструкции, составляет 6 видов.

Также возможно увеличить время нахождения волокнистой массы в полости размола, перекрывая межножевые канавки соседнего кольца ножами следующего кольца, что затруднит течение волокна.

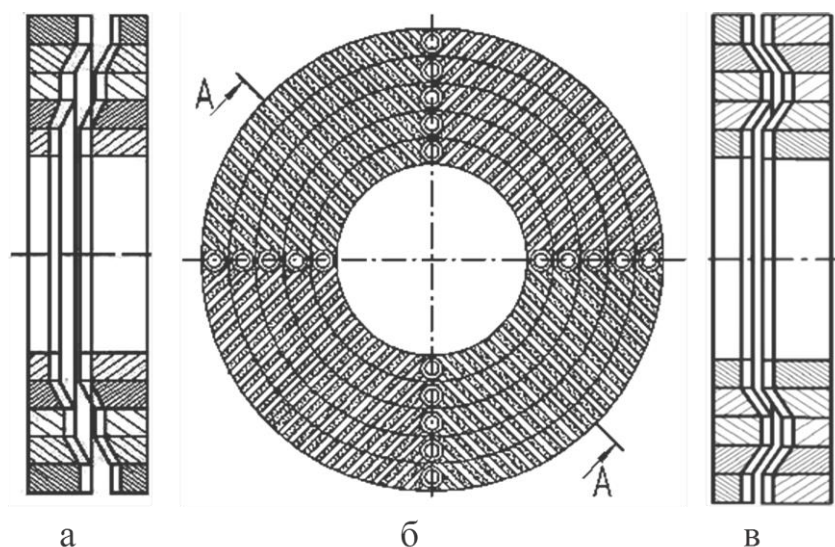


Рис. 1. Комбинированная гарнитура: а – коническая полость размола; б – прямолинейная форма ножей; в – волнообразная полость размола

В лаборатории кафедры МАПТ были проведены исследования влияния характера межножевой размольной полости на бумагообразующие свойства волокнистого материала. Для эксперимента была выбрана суспензия сульфитной хвойной целлюлозы концентрацией 2 %, установлена частота вращения ротора 2000 об/мин. и рабочий зазор между дисками 0,2 мм. Проводилось сравнение рисунков конической и волнообразной межножевой полости [3].

Время размола является одним из важных факторов, с ним связано изменение степени помола, что влияет на свойства массы и готовой бумаги. Степень помола массы возрастает с увеличением времени размола, но при этом происходит большее укорочение и расщепление волокон, также увеличение времени снижает производительность процесса размола.

На рисунке 2 представлена зависимость степени помола от характера меж-ножевой полости. Выяснилось, что зависимость рисунка гарнитуры (волнообразная и коническая полость размола) носит параболический характер и по количественному значению практически не отличается друг от друга.

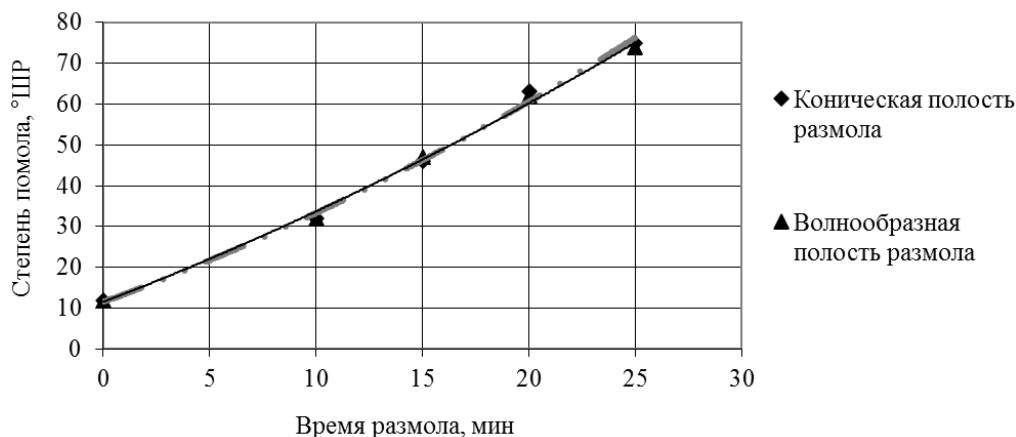


Рис. 2. Зависимость степени помола от времени размола

Волокнистые полуфабрикаты из хвойных пород имеют более длинные волокна, что отличает их от полуфабрикатов лиственных пород и древесной массы. Длинные волокна способствуют получению высокой механической прочности, но при этом более склонны к хлопьеобразованию [4]. На рисунке 3 показана зависимость средней длины волокна от степени помола °ШР. Из графика следует что прирост степени помола ведет к уменьшению длины волокон [6].

Зависимость средней длины волокна от степени помола по °ШР при размоле массы с использованием гарнитуры с конической и волнообразной полостью размола носит характер близкий к линейному, а количественные зависимости близки друг к другу.

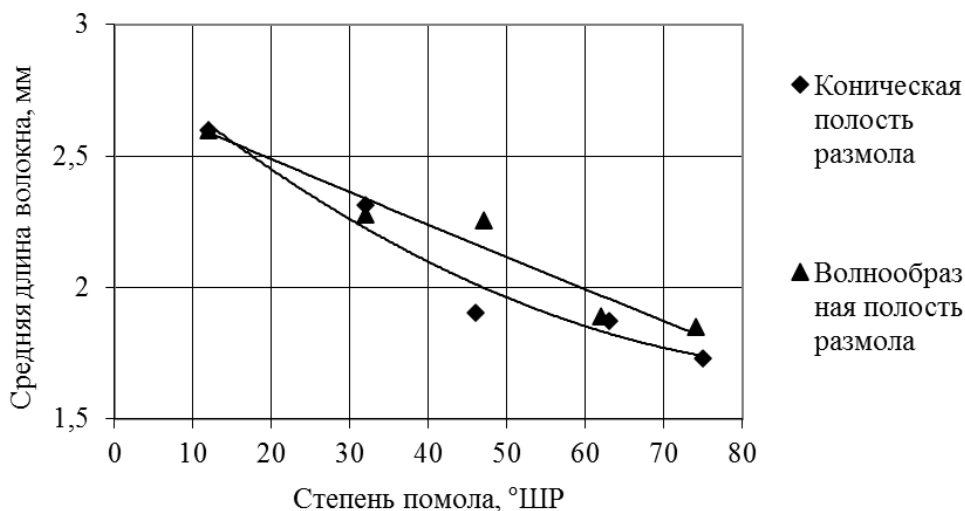


Рис. 3. Зависимость средней длины волокна от степени помола



Повышение водоудерживающей способности является следствием увеличения поверхности волокна, что в дальнейшем будет способствовать лучшему контакту волокон и соединению их в бумажное полотно. Однако высокий показатель водоудерживающей способности имеет свои минусы, так при отливе будет затруднительно обезводить массу из-за задержки в ней влаги. На рисунке 4 представлен график зависимости водоудерживающей способности от степени помола массы. Из рисунка видно, что изменение водоудерживающей способности волокнистой массы от степени помола по °ШР носит параболический характер, причем количественные зависимости при использовании конической полости размола в отличие от волнообразной имеют более высокий показатель.



Рис. 4. Зависимость водоудерживающей способности от степени помола

По результатам проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Зависимость степени помола по °ШР от времени размола носит параболический характер как для рисунка с конической, так и с волнообразной полостью размола. Количественные зависимости практически не отличаются друг от друга.

2. Зависимость средней длины волокна от степени помола по °ШР носит характер близкий к линейному для рисунка с конической и волнообразной полостью размола. Количественные зависимости близки друг к другу.

3. Зависимость водоудерживающей способности от степени помола по °ШР носит параболический характер. Количественные зависимости

при использовании конической полости размола имеют более высокий показатель в отличии от волнообразной полости размола.

### Список литературы

1. Алашкевич Ю.Д., Набиева А.А., Ковалев В.И. Размол волокнистых материалов в ножевых размалывающих машинах. Красноярск. СибГТУ. 2007. 100 с.
2. Патент № 2314380 С1 Российская Федерация, МПК D21D 1/30, B02C 7/12. Размалывающая гарнитура дисковой мельницы : № 2006121708/12 : заявл. 19.06.2006 : опубл. 10.01.2008 / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, М. А. Карбышев [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирский государственный технологический университет".
3. Петрова А.А., Воронин И.А., Алашкевич Ю.Д. Размалывающая гарнитура дисковой мельницы с оригинальными геометрическими характеристиками ножевой поверхности // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 2021, С. 390-393.
4. Примаков С.Ф. Производство бумаги. М.: Лесн. Пром-сть, 1987. 224 с.
5. Алашкевич Ю.Д. Гидродинамические явления при безножевой обработке волокнистых материалов. Красноярск. 2004. 80с
6. Иванов С.Н. Технология бумаги. М.: Школа бумаги, Изд. 3-е, 2006. 696 с.

## **ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЦИКЛОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРНОГО СЫРЬЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Е.А. Слизикова, В.И. Шуркина, Р.А. Марченко**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика  
М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

*В статье рассмотрено влияние количества циклов переработки макулатурного сырья из газеты на качественные показатели при использовании установки безножевого размола типа «струя-преграда».*

## **THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF RECYCLING CYCLES OF WASTE PAPER RAW MATERIALS ON THE QUALITY INDICATORS OF FINISHED PRODUCTS**

**E.A. Slizikova, V.I. Shurkina, R.A. Marchenko**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Russia, Krasnoyarsk*

*The article considers the influence of the number of recycling cycles of waste paper raw materials from the newspaper on the quality indicators when using a knife-free grinding unit of the "jet-barrier" type.*

Несмотря на современное развитие общества, создание интернета, электронных носителей человек все также потребляет большое количество бумаги, а объемы переработки и потребления макулатурного сырья в производстве бумаги и картона в большинстве развитых стран постоянно возрастают [1]. Использование макулатуры в качестве вторичного волокна способствует экономии древесины, снижает себестоимость бумажной продукции, нагрузку на окружающую среду. Основной целью переработки макулатуры является получение качественной волокнистой массы, которую можно применять в композиции бумаги и картона, максимально заменяя первичные волокнистые полуфабрикаты [2].

Однако качественные показатели макулатурного волокна всегда ниже, чем у первичных волокон. В первую очередь это обусловлено тем, что в процессе переработки волокнистого сырья происходит укорочение волокон при размоле, а сушка сопровождается снижением способности волокон к набуханию из-за необратимого ороговения [2].

Цель данной работы заключается в изучении влияния цикличности использования газетной макулатуры на такие показатели как: фракцион-

ный состав, разрывная длина и сопротивление продавливанию при использовании безножевой установки типа «струя-преграда».

Для данного исследования в лаборатории кафедры Машины и аппараты промышленных технологий Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева г. Красноярск макулатурную массу (ММ) подвергали сушке на скоростной сушильной горке. Перед каждым циклом высушенную ММ замачивали в воде, а потом распускали в дезинтеграторе. Затем осуществлялся размол на безножевой установке типа «струя-преграда» (рис.1) [3].

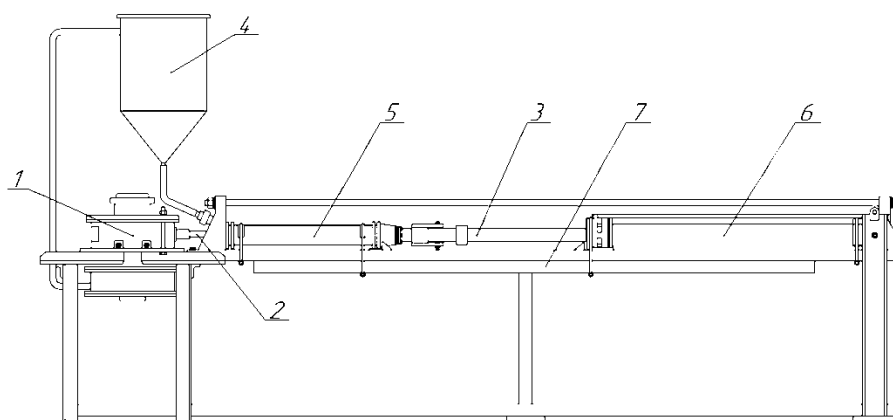


Рис. 1. Схема установки «струя-преграда»: 1 – узел безножевого размола; 2 – насадка; 3 – шток; 4 – емкость; 5 – рабочий цилиндр; 6 – приводной цилиндр; 7 – рама

Данная установка работает следующим образом: масса концентрацией 1–3 % находится в циркуляционной емкости (4). При обратном ходе штока (3) масса набирается в рабочий цилиндр (5). Затем шток начинает двигаться и масса под большим давлением подается через насадку (2) на преграду (1). При ударе о твердую поверхность лопаток происходит размол. При многократном пропуске массы можно получить любую желаемую степень помола так же, как и в ножевых размалывающих машинах.

На данном этапе исследований газетная макулатурная масса прошла уже 5 циклов.

Одним из рассматриваемых показателей волокнистой массы был фракционный состав. В настоящее время фракционирование используют как метод контроля качества массы. Известно, что изменяя фракционный состав полуфабрикатов, можно регулировать прочностные свойства готовой продукции. С помощью фракционирования мы можем увидеть полную

картину о свойствах волокнистой массы, оценить влияние мелкой фракции на прочностные характеристики готовой продукции [4].

Исходя из проведенных экспериментов, получили следующие результаты.

В табл.1 представлены данные по содержанию грубой, средней и мелкой фракции в газетной макулатурной массе.

Таблица 1. Фракционный состав макулатурной массы из газеты

Фракция, %	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
Грубая	71,6	58,2	51,8	48,2	48,2
Средняя	11,2	9	11,2	9,4	8,8
Мелкая	4,4	4,4	4	3,8	4,4
Унос, %	12,8	28,4	33	38,6	38,6

Из табл. 1 видно, что с увеличением количества циклов при фракционировании макулатурной массы увеличивается унос волокна в сток. Также видим, что процентное содержание крупных волокон в массе сокращается.

Это связано с процессами роспуска и размола, которые сопровождаются разрушением волокнистой структуры, что приводит к увеличению количества, как мелких волокон, обрывков, так и наружных повреждений [4].

Однако после проведенных 5 циклов обработки содержание мелкой фракции в массе не достигает критического уровня и не несет значительного отрицательного влияния на межволоконные силы связи.

Для оценки физико-механических показателей готовой продукции из размолотой ММ были изготовлены отливки на листоотливном аппарате. Прочность бумажных отливок оценивали по следующим показателям: разрывная длина и сопротивление продавливанию.

Разрывная длина – это условный показатель, который выражает длину полоски бумаги (в метрах), при которой она подвергается разрыву под влиянием силы собственной тяжести, будучи подвешена за один конец [5].

Сопротивление бумаги продавливанию – это способность бумаги выдерживать максимальное нарастающее с постоянной скоростью давление, действующее через резиновую диафрагму на поверхность одной стороны испытуемого образца, зажато по кольцу до момента разрушения [6].

На рис.2 представлены физико-механические показатели макулатурной массы из газеты. Из графиков видно, что при цикличном использовании макулатуры происходит снижение показателей, как разрывной длины, так и сопротивления продавливания.

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 [2].

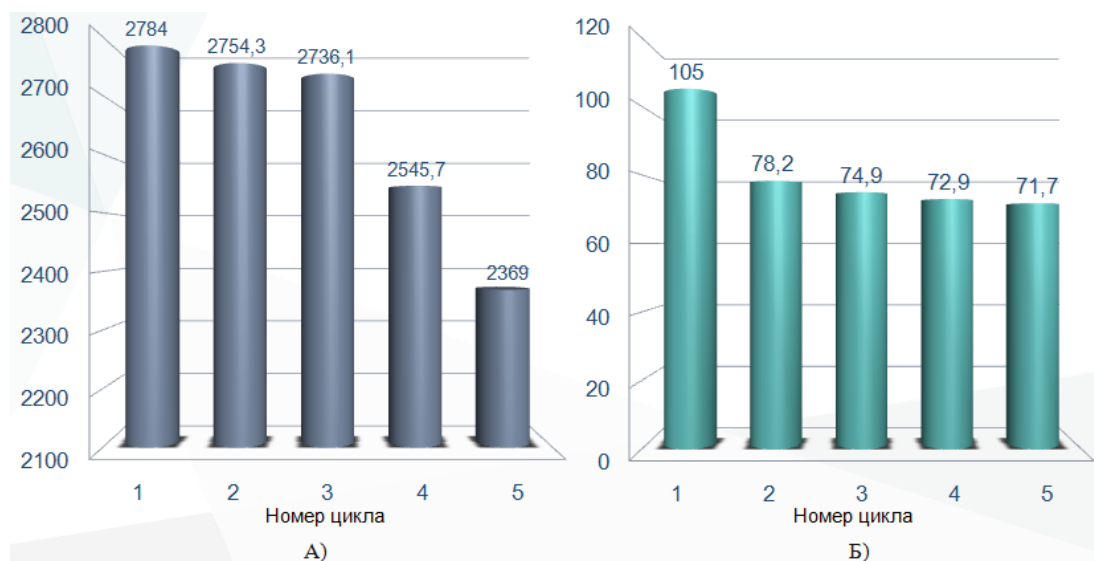


Рис. 2. Физико-механические показатели: а) – разрывная длина; б) – сопротивление продавливанию

Таким образом, с увеличением числа циклов переработки газетной макулатуры происходит постепенное снижение всех показателей ММ. Однако, даже при проведении пяти циклов обработки на безножевой установке типа «струя-преграда» различные показатели макулатурной массы находятся все еще на уровне достаточном, чтобы продолжить исследования с последующим увеличением циклов.

#### Список литературы

1. Слизикова Е.А. Будущее целлюлозно-бумажной промышленности: рециклинг // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. CVI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10. Новосибирск, 2021. 161 с.
2. Хакимова Ф. Х., Ковтун Т. Н. Влияние циклов переработки на свойства газетной макулатурной массы // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2010. №4.

3. Марченко Р.А. Безножевая обработка волокнистых растительных полуфабрикатов // Решетневские чтения: материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. Красноярск, 2019. Ч. 2 С. 100 – 102.

4. Кулешов А. В., Смолин А. С. Влияние цикличности использования макулатурного волокна на бумагообразующие свойства // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2008. №4.

5. ГОСТ ИСО 1924-1-96. Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Часть 1. Метод нагружения с постоянной скоростью – введ. 01.01.2000. Москва.

6. ГОСТ Р ИСО 2758-2017. Бумага. Метод определения сопротивления продавливанию – введ. 01.03.2018 г. Москва: Стандартинформ, 2017.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРОМЫВКИ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА ЩЕЛОЧНЫМИ РАСТВОРАМИ

**Е.В. Старжинская, А.М. Кряжев**  
*ООО «Техсервис», г. Новодвинск, Россия*

*Снижение выбросов дурнопахнущих газов актуально ввиду снижения экологической нагрузки, вместе с тем снижается нагрузка на очистную установку и плата за выбросы, что имеет экономический эффект. В данной статье рассмотрено влияние промывки сульфатного мыла отработанным разбавленным щелочным раствором на расход дурнопахнущих газов, поступающих на газоочистную установку.*

## ENVIRONMENTAL EFFECT OF ALCALINE WASHING OF TALL OIL SOAP

**E.V. Starzhinskaya, A.M. Kryazhev**  
*Techservis LLC, Novodvinsk, Russia*

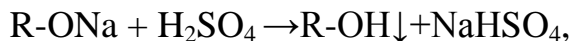
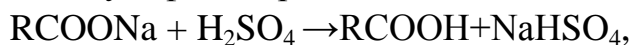
*Reducing emissions of foul-smelling gases is relevant due to the reduction of the environmental burden, at the same time the load on the treatment plant and the fee for emissions is reduced, which has an economic effect. This article examines the effect of washing sulfate soap with a spent dilute alkaline solution on the consumption of foul-smelling gases entering the gas cleaning plant.*

Установка разложения сульфатного мыла - один из источников выбросов сернистых соединений на предприятиях ЦБП. Основные выбросы представлены метилмеркаптаном, сероводородом, диметилсульфидом. Образуются они в результате реакции серной кислоты с компонентами черного щелока, остающегося в сульфатном мыле после отстаивания щелока, и оказывают негативное воздействие на окружающую среду и человека.

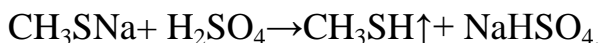
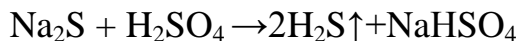
Ранее нами была исследована возможность промывки сульфатного мыла от лигнина из черного щелока отработанными щелочными растворами, полученными от нейтрализации парогазов, которые содержат в своем составе гидроксид натрия [1]. Было установлено, что в результате промывки увеличивается щелочность мыла, что может повлечь за собой увеличение расхода серной кислоты на нейтрализацию соединений натрия в мыле, а также увеличение расхода белого щелока на нейтрализацию газов, поступающих на газоочистку [2]. В данном исследовании предпринята попытка оценить влияние процесса промывки на нагрузку газоочистной установки цеха разложения мыла. Сущность промывки заключается в том, что щелочной раствор растворяет в себе компоненты черного щелока и, имея более высокую плотность, относительно мыла, осаждается в нижней



части бака-отстойника. Промытое мыло поступает на установку разложения серной кислотой, которая взаимодействует с соединениями натрия, при этом образуется бисульфат натрия:



а также дурнопахнущие соединения восстановленной серы:



В предыдущем исследовании для промывки сульфатного мыла использовали отработанный щелочной раствор гидроксида натрия с содержанием щелочи 149,6 г/л в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$ . В результате в промытом мыле снижалось содержание лигнина, черного щелока, но увеличивалось содержание общей щелочи, что могло повлечь за собой увеличение расхода серной кислоты и, следовательно, себестоимости таллового масла. В данном исследовании концентрация была подобрана таким образом, чтобы щелочность мыла не увеличивалась, а плотность была достаточна для создания разности плотностей при отстаивании смеси при промывке. Результаты промывки приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели мыла до и после промывки

Влажность, %	Общая щелочность, % от а.с.в. в ед. $\text{Na}_2\text{O}$
До промывки	
44,7	9,5
46,8	12,7
46,5	12,4
После промывки	
36	8,6
40	6,8
38,6	6,9

В результате промывки снизилась влажность мыла, следовательно, ушла часть щелока, с растворенными в нем соединениями серы, которые при воздействии серной кислоты образуют летучие дурнопахнущие соединения восстановленной серы.

По ТУ 13-0281078-28-118-88 для сырого сульфатного мыла допускается содержание общей щелочи не более 11 % от а.с. мыла в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$ . Если руководствоваться этим значением, то отработанный раствор щелочи необходимо разбавить до концентрации не более 110 г/дм<sup>3</sup> в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  при

расходе промывного раствора 30-40% от объема мыла и не более  $140 \text{ г/дм}^3$  в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  при расходе промывного раствора 20 % от объема мыла (рис.1).

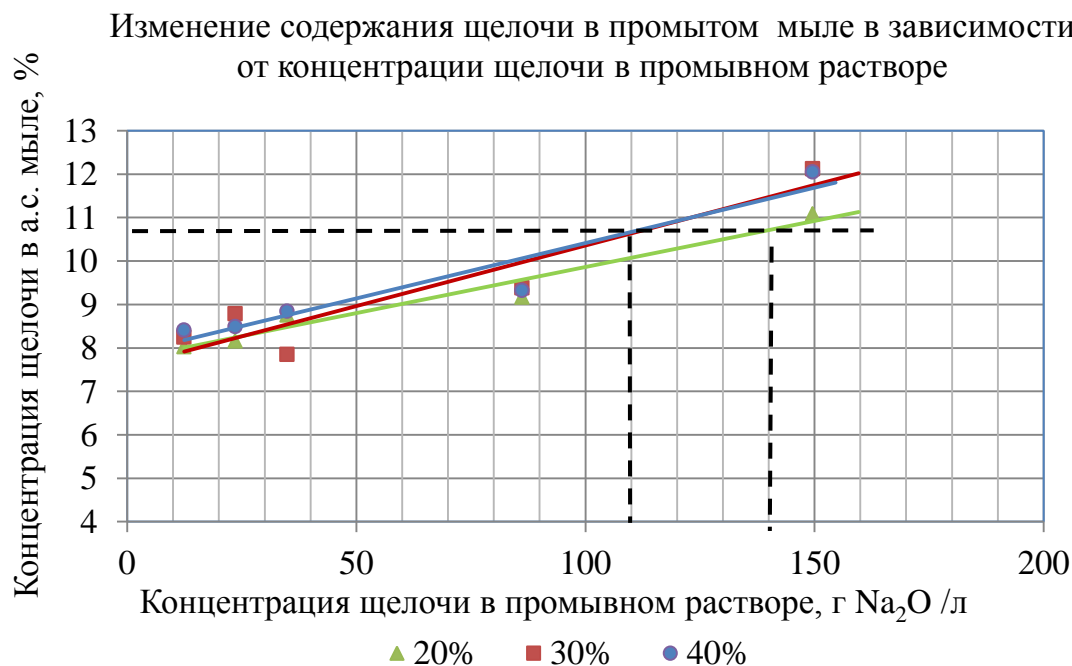


Рис. 1. Зависимость содержания остаточной щелочи в мыле

Как было сказано выше, чем меньше содержание щелочи в промывном растворе, тем ниже будет его содержание в промытом мыле, но следует отметить, что бесконечно разбавлять раствор каустической соды не имеет смысла, поскольку мыло имеет тенденцию переходить в растворенное состояние в растворах, имеющих недостаточную концентрацию сухих веществ и электролитов[3]. При проведении эксперимента было отмечено, что при снижении концентрации щелочи в промывном растворе до  $12 \text{ г/л}$  в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  процесс промывки был затруднен ввиду образования неразделимой эмульсии. Данной концентрации, по-видимому, недостаточно, чтобы произошло разделение эмульсии мыло-промывной раствор.[4]

Был измерен и рассчитан средний расход парогазов, поступающих на очистку во время промывки, а также без промывки. Благодаря промывке удалось снизить содержание дурнопахнущих газов, поступающих на очистку: метилмеркаптана - на 6 %, диметилсульфида - на 60 %, сероводорода на - 42% (рис.2).

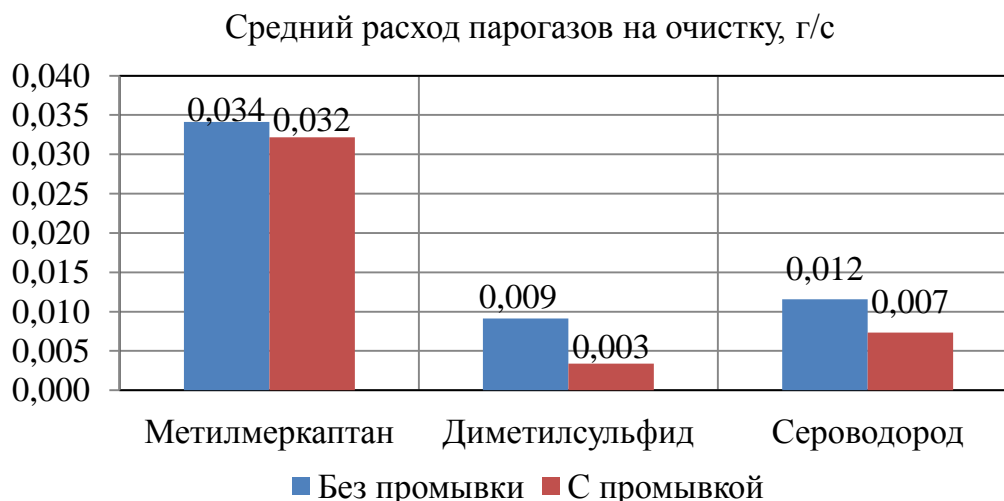


Рис. 2. Расход парогазов на очистку

#### Выводы:

1. Промывка щелочным раствором позволяет снизить поступление дурнопахнущих газов на очистную установку от 6 до 60%.
2. Промывной раствор в зависимости от расхода должен иметь концентрацию щелочи 12-140 г/л в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  для предотвращения растворимости мыла в промывном растворе при промывке и перерасхода серной кислоты при разложении.

#### Список литературы

1. Физикохимия растительных полимеров: материалы IX Международной конференции (30 июня - 02 июля 2021 г.)/ под ред. д-ра хим. наук, проф., засл. деятеля науки РФ К.Г. Боголицина; Сев.(Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова.-Архангельск: САФУ.-241.
2. Thomas Aro, Pedram Fatehi. Tall oil production from black liquor: Challenges and opportunities // Separation and Purification Technology, Volume 175, 24 March 2017, Pages 469-480, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.10.027>
3. Tikka, P., Chemical pulping part II. Recovery of chemicals and energy, 2nd edition, Paper Engineers' Association, Finland 2008.
4. Руцков А.П. Краткий курс коллоидной химии./ Л. ГНТИХЛ. 1958. 281 с.

## ИННОВАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ В ХИМИКО-ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Э.Л. Аким<sup>1</sup>, О.В. Рыбников<sup>2</sup>, О.В. Федорова<sup>1</sup>, П.В. Луканин<sup>1</sup>, А.А. Пекарец<sup>1</sup>,  
С.З. Роговина<sup>3</sup>, А.А. Берлин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия.

<sup>2</sup>ОАО Светогорский ЦБК, Светогорск, Россия.

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН, Москва, Россия.

*На основе концепции об определяющей роли релаксационного состояния полимерных компонентов древесины в процессе выделения целлюлозы из растительных тканей и при её последующей переработке выполнен комплекс фундаментальных работ по биорефайнингу лиственницы, осины и березы.*

## INNOVATIONS AND ECOLOGICAL ASPECTS OF TECHNOLOGIES IN THE CHEMICAL FORESTRY COMPLEX

E.L. Akim<sup>1</sup>, O.V. Rybnikov<sup>2</sup>, O.V. Fedorova<sup>1</sup>, P.V. Lukanin<sup>1</sup>, A.A. Pekarets<sup>3</sup>, S.Z.  
Rogovina<sup>3</sup>, A.A. Berlin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia.

<sup>2</sup>LCC Svetogorsk Pulp and Paper Mill, Svetogorsk, Russia

<sup>3</sup>Federal Research Center for Chemical Physics. N. N. Semyonov, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

*Based on the concept of the determining role of the relaxation state of the polymer components of wood in the process of cellulose separation from plant tissues and during its subsequent processing, a set of fundamental works on the biorefining of larch, aspen and birch was carried out.*

Параллельно с фундаментальными исследованиями проводились и технологические, которые позволили создать промышленные технологии и осуществить патентную защиту инновационных экологических, технических решений, снижающих углеродный след. На основе проектов ВШТЭ выполнены: «Приоритет 2030» «Создание новых видов биоразлагаемой упаковки и новых поколений биотоплива»; Проект «Лиственница» с Группой «Илим» (по 218 Постановлению Правительства РФ - 19 патентов РФ); «Создание новых видов биотоплива 2-го и 3-го поколения» (10 патентов РФ) - Проект с ЕЭК ООН «Развитие производства и применения биотоплива в РФ»(1999 года по н/в); Проект со Светогорским ЦБК «Обеспечение

технологического суверенитета РФ при производстве офисной бумаги как важнейшей части цифровизации экономики (2022-2024)».

**Светогорский ЦБК.** Базируясь на ранее проведенных совместных НИР по биорефайнингу осины и поэтапной эколого-технологической реконструкции ЦБК, в кратчайшие сроки (всего за две недели) был решен ряд сложных технологических задач и запущено производство эко-бумаги с использованием частично беленой лиственной целлюлозы, БХТММ и минеральных наполнителей РСС. Качество такой бумаги соответствует всем требованиям, предъявляемым к офисным бумагам. Были созданы и запущены в производство принципиально новые марки офисной бумаги – копировальной бумага ЭКО, содержащей в своем составе частично-беленую (после щелочно-кислородной обработки) лиственную целлюлозу и беленую осиную БХТММ. В 2023 году была разработана и реализована в промышленном масштабе технология ТCF-отбели для новой копировальной бумаги ЭКО2, состоящей и из хвойной целлюлозы. (Для новых продуктов разработано Изменение № 1 к ГОСТ Р 57641-2017 «Бумага ксерографическая для оргтехники. Общая спецификация»; утверждено приказом Росстандарта от 18.11.2022 г. № 1320ст). В рамках проекта «Создание новых видов биотоплива 2-го и 3-го поколения» в РФ создано 5 комплексных инновационных технологических линий и одна линия в ЕС. Показана перспективность применения древесного угля, получаемого по инновационной технологии, как восстановителя при производстве кремния и в металлургии.

## **ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Ю.И. Баева, Н.А. Черных**

*МГИМО МИД России, Москва, Россия*

*Рассмотрены основные виды юридической ответственности за экологические правонарушения в области лесопользования – административная, уголовная, гражданско-правовая. Проведен анализ статистических данных правоприменительной практики. Показано, что в структуре лесонарушений преобладают незаконные рубки.*

## **RESPONSIBILITY FOR VIOLATIONS OF ENVIRONMENTAL LEGISLATION IN THE FIELD OF FOREST MANAGEMENT**

**Yu.I. Baeva, N.A. Chernykh**

*MGIMO University, Moscow, Russia*

*The main types of legal responsibility for environmental offenses in the field of forest management - administrative, criminal, civil-law are considered. The statistical data of law enforcement practice is analyzed. It is shown that illegal logging prevails in the structure of forest offenses.*

Лес - один из важнейших природных ресурсов, необходимых для удовлетворения потребностей современной экономики и населения, источник экологических и социальных благ. Согласно Глобальной оценке лесных ресурсов ФАО (2020 г.) леса покрывают почти 1/3 поверхности суши планеты, что составляет 4,06 миллиардов гектаров. Более половины всех лесов мира (54 %) приходится всего лишь на пять стран: Российскую Федерацию, Бразилию, Канаду, Соединенные Штаты Америки и Китай [1].

Россия обладает богатейшими запасами лесных ресурсов. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ общая площадь земель, на которых расположены леса, насчитывает 1188,2 млн га [2], что составляет 46,4 % территории нашей страны и 20 % от общей площади лесов в мире [1].

Причины деградации лесов весьма разнообразны и имеют как природное, так и антропогенное происхождение: насекомые-вредители, болезни леса, неблагоприятные почвенно-климатические факторы, лесные пожары, загрязнение компонентов окружающей среды. Часто гибель лесных насаждений обусловлена нарушениями лесного законодательства. Так, по данным Генеральной прокуратуры РФ в 2022 г. на территории нашей страны выявлено более 292 тыс. нарушений в области охраны

окружающей среды и природопользования [3], из которых порядка 17 тыс. - это нарушения лесного законодательства [2].

Согласно ст. 99 Лесного кодекса РФ лица, виновные в нарушении лесного законодательства, несут административную, уголовную и иную ответственность.

Административная ответственность наступает за менее общественно опасные лесонарушения, составы которых предусмотрены Кодексом об административных правонарушениях РФ (табл.1).

Динамика количества выявленных административных проступков за последние 10 лет представлена на рис.1.

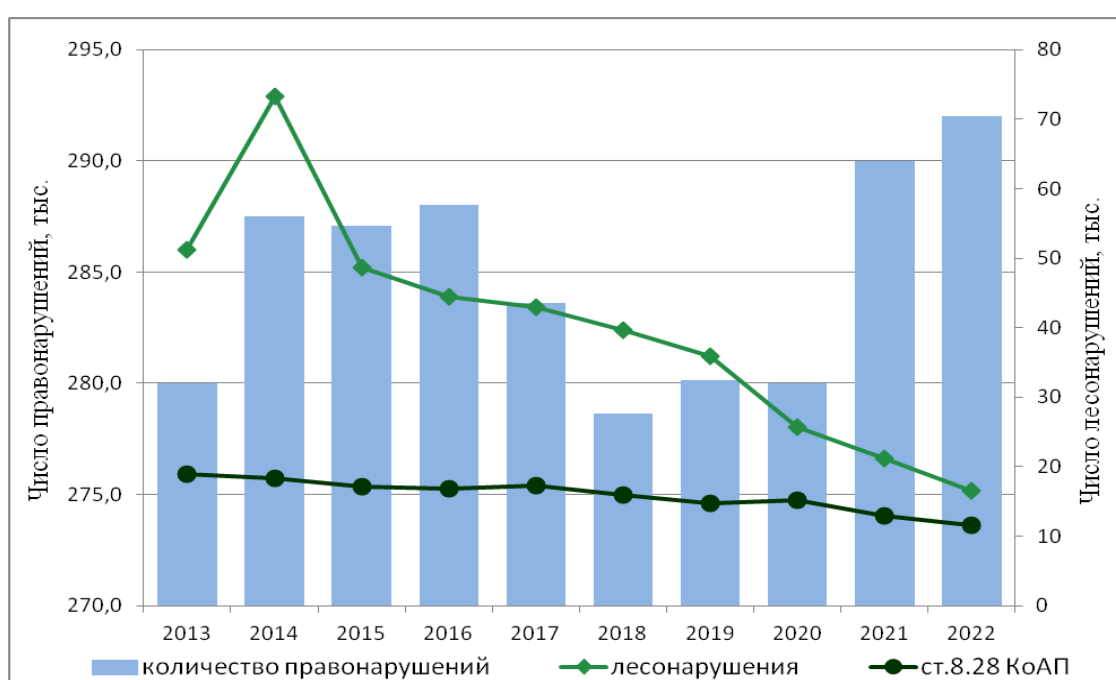


Рис.1. Количество выявленных в РФ экологических правонарушений и нарушений лесного законодательства (данные Генеральной прокуратуры и Рослесхоза)[3,4]

При этом в структуре лесонарушений преобладают незаконные рубки (ст. 8.28 КоАП РФ). Так, по данным Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза) в 2022 г. на территории лесного фонда РФ выявлено 11,6 тыс. фактов незаконной рубки лесных насаждений (70 % от общего количества лесонарушений) в объеме 647,4 тыс. м<sup>3</sup>. Вред, причиненный лесам, при этом составил 10,8 млрд руб [4].

Таблица 1. Составы административных проступков в области охраны защиты и воспроизводства лесов

Наименование статьи КоАП РФ	
Статья 7.9. Самовольное занятие лесных участков	Статья 8.28.1. Нарушение требований лесного законодательства об учете древесины и сделок с ней
Статья 7.10. Самовольная уступка права пользования землей, недрами, лесным участком или водным объектом	Статья 8.29. Уничтожение мест обитания животных
Статья 8.5.2. Соккрытие сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов или включение недостоверных сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов в акт лесопатологического обследования	Статья 8.30. Уничтожение лесной инфраструктуры, а также сенокосов, пастбищ
Статья 8.12. Нарушение режима использования земельных участков и лесов в водоохраных зонах	Статья 8.30.1. Нарушение порядка проектирования, создания, содержания и эксплуатации объектов лесной инфраструктуры
Статья 8.24. Нарушение порядка предоставления гражданам, юридическим лицам лесов для их использования	Статья 8.31. Нарушение правил санитарной безопасности в лесах
Статья 8.25. Нарушение правил использования лесов	Статья 8.32. Нарушение правил пожарной безопасности в лесах
Статья 8.26. Самовольное использование лесов, нарушение правил использования лесов для ведения сельского хозяйства, уничтожение лесных ресурсов	Статья 8.32.1. Ненаправление, несвоевременное направление, направление недостоверной информации в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на ведение реестра недобросовестных арендаторов лесных участков и покупателей лесных насаждений
Статья 8.27. Нарушение требований лесного законодательства по воспроизводству лесов и лесоразведению	Статья 8.32.2. Включение заведомо недостоверной информации в реестр недобросовестных арендаторов лесных участков и покупателей лесных насаждений
Статья 8.28. Незаконная рубка, повреждение лесных насаждений или самовольное выкапывание в лесах деревьев, кустарников, лиан	Статья 8.32.3. Невыполнение мероприятий, предусмотренных сводным планом тушения лесных пожаров на территории субъекта РФ

За совершение административных проступков в области лесопользования в качестве административных взысканий предусмотрены предупреждение, штраф, конфискация продукции незаконного природопользования и орудий совершения правонарушений, приостановление деятельности.



При этом размеры штрафов дифференцированы и составляют: для граждан - от 200 руб. до 50 000 руб.; для должностных лиц – от 1000 руб. до 110 000 руб.; для юридических лиц – от 5 000 руб. до 1 млн. руб.

По данным Рослесхоза в 2022 г. по фактам незаконной рубки назначено 2,3 тыс. административных штрафов на сумму 18,8 млн руб [2].

Что касается экологических преступлений (гл. 26 Уголовного кодекса РФ), то на фоне снижения общего уровня экологической преступности в последние годы также наблюдается увеличение доли нарушений в области охраны и использования лесов (рис.2.).

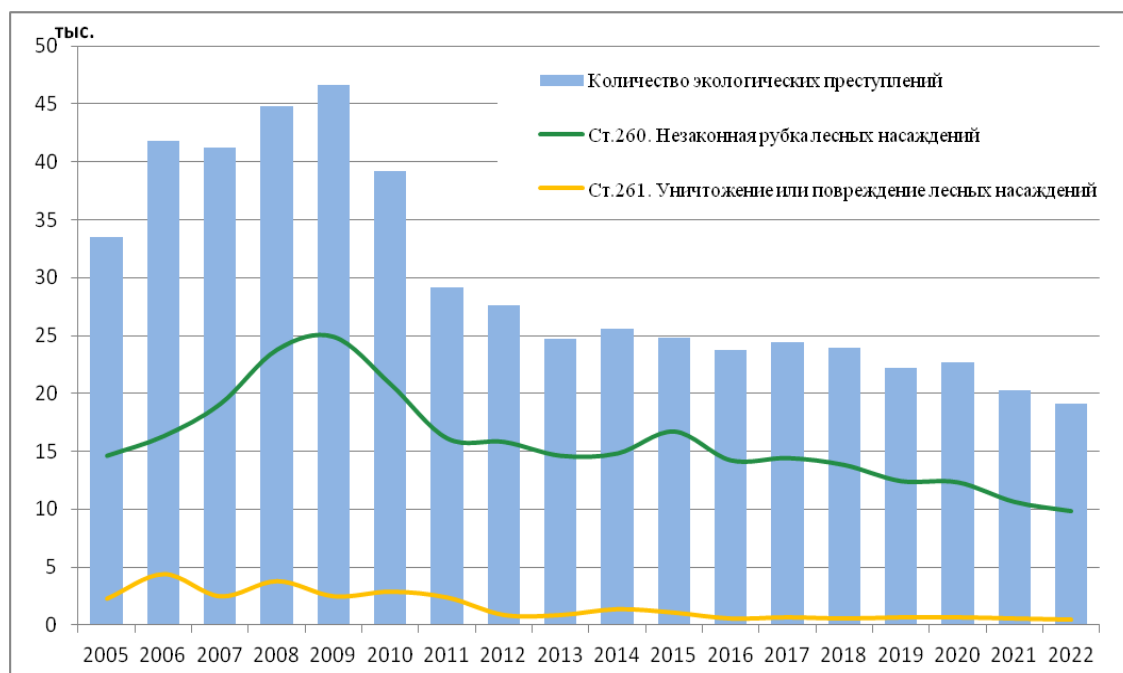


Рис.2. Динамика экологической преступности в России (данные Министерства внутренних дел РФ) [5]

Следует отметить, что лесонарушения (табл.2) являются наиболее многочисленными в структуре регистрируемой экологической преступности. Из года в год на их долю приходится до 55-60% всех криминальных деяний в области экологии и природопользования. Так, в 2022 г. в структуре экологической преступности количество преступлений, предусмотренных ст.260 УК РФ «Незаконная рубка лесных насаждений», составило 51%, а ст.261 «Уничтожение или повреждение лесных насаждений» - 3% (рис.3).

Таблица 2. Составы преступлений в области охраны защиты и воспроизводства лесов

Наименование статьи УК РФ	
Статья 260. Незаконная рубка лесных насаждений	Статья 261. Уничтожение или повреждение лесных насаждений

Еще одной формой юридической ответственности за экологические правонарушения является гражданско-правовая ответственность, т.е. возложение на правонарушителя обязанности возмещение вреда, причиненного компонентам окружающей среды. Особенность данного вида ответственности состоит в том, что она может возлагаться совокупно, наряду с применением мер уголовного, административного и дисциплинарного воздействия.

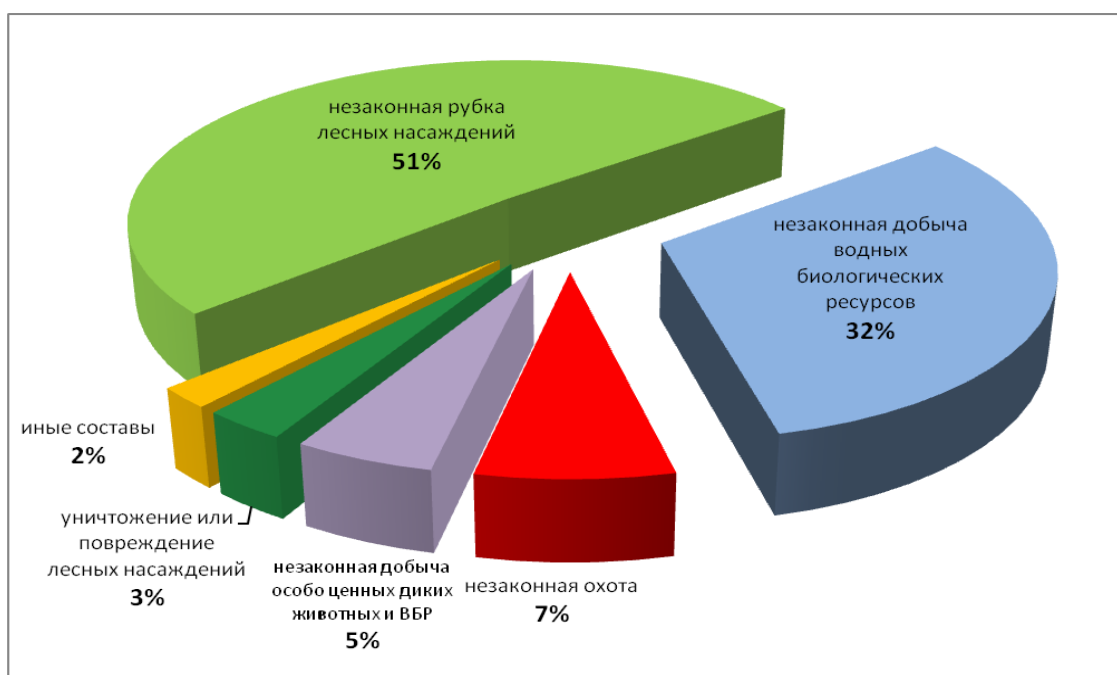


Рис. 3. Структура экологической преступности на территории России (данные Министерства внутренних дел РФ) [5]

Согласно данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) в 2022 г. в результате осуществления федерального государственного лесного контроля (надзора) на землях особо охраняемых природных территорий федерального значения было выявлено 47 случаев незаконных рубок древесины в объеме 575,7 м<sup>3</sup>. При этом сумма ущерба, нанесенного природным комплексам и подлежащего компенсации, составила около 0,9 млрд. руб [6].

Таким образом, юридическая ответственность за нарушения природоохранного законодательства в области лесопользования в Российской Федерации сегодня представляет собой комплексный институт, включающий нормы административного, уголовного и гражданского законодательства. Целью данного института является обеспечение соблюдения участниками лесных отношений установленных правил использования лесов, а также возмещение ущерба, причиненного лесным экосистемам противоправными действиями. Повышение эффективности работы государственных органов по выявлению лесонарушений и привлечению к ответственности виновных за их совершение является одним из основных механизмов, способствующих реализации государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.

### Список литературы

1. ФАО. 2021. Глобальная оценка лесных ресурсов 2020 года - Основной отчет. Рим. Режим доступа: <https://doi.org/10.4060/ca9825ru>
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В.Ломоносова, 2023. – 686 с.
3. Результаты деятельности органов прокуратуры Российской Федерации в 2022 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://epp.genproc.gov.ru/web/gprf/activity/statistics/office/result>
4. Материалы открытого агентства // Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosleshoz.gov.ru/open-agency/materials>
5. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за 2014-2022 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/)
6. Доклад о деятельности Федеральной службы по надзору в сфере природопользования в 2022 году.- Москва, 2023 – 154 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ И ЕЛИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ГЕНОТИПОВ**

**А.С. Бондаренко**

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,  
Санкт-Петербург, Россия*

*Целью работы является разработка методики комплексной оценки генетических свойств плюсовых деревьев с последующим созданием лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ) и получение на их основе посадочного материала с высокой скоростью роста и обеспечивающего ускоренное получение древесины сосны и ели.*

## **INCREASING OF THE PINE AND PICEA FOREST PRODUCTIVITY BASED ON A COMPREHENSIVE GENOTYPES ASSESSMENT**

**A.S. Bondarenko**

*Saint-Petersburg Forestry Research Institute, Saint-Petersburg, Russia*

*The aim of the work is developing a methodology for a comprehensive assessment of the genetic properties of plus trees, followed by the increased genetic value seed orchards creation for obtaining on their basis planting material with a high growth rate and providing accelerated production of pine and picea wood.*

Целью работы является разработка методики комплексной оценки генетических свойств плюсовых деревьев с последующим созданием лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ), направленных на получение посадочного материала с высокой скоростью роста и обеспечивающего ускоренное получение древесины сосны и ели. Перспективные генотипы выявляются в семенном потомстве плюсовых деревьев в существующих испытательных культурах и в клоновом потомстве плюсовых деревьев на лесосеменных плантациях (ЛСП). Выявленными быстрорастущими генотипами планируется создавать лесосеменные плантации повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ). Для обеспечения максимальной реализации генетических особенностей семей и клонов оценка выполнена в испытательных культурах и на лесосеменных плантациях сосны и ели, имеющих возраст не менее 20 лет. В ходе выполнения исследований была разработана комплексная ранговая оценка клонов и семей по комплексу показателей для каждого из изученных участков испытательных культур и ЛСП. При этом оцениваются следующие показатели растений: высота, диаметр, сохранность растений, степень поврежде-

ния деревьев неблагоприятными факторами окружающей среды. Использование такого комплексного показателя для оценки семей в испытательных культурах показало, что отбор по ранговому принципу целесообразно выполнять в рамках отдельных участков без объединения в общую совокупность семей разных участков. В первую очередь это связано с тем, что на участках испытательных культур представлено различное количество семей с разным числом повторностей и учёт этих факторов значительно усложняет процедуру расчёта общей оценки семей, представленных на разных участках. Исследования показали, что целесообразно производить отбор семей в рамках отдельно взятого участка и соотносить его с результатами такого отбора, выполненного на других участках, а также с результатами отбора одноименных клонов на лесосеменных плантациях. Пример такого рода ранговой оценки для части генотипов одного из участков испытательных культур приведён в таблице 1.

Таблица 1. Пример расчета суммарной ранговой оценки на участке испытательных культур

Номер семьи	Сохранность, %	Среднее значение биометрических показателей		Ранговая оценка			Сумма рангов
		диаметр, см	высота, м	сохранность, %	диаметр, см	высота, м	
1	2	3	4	5	6	7	8
379	76	6,9 ± 0,22	6,9 ± 0,15	6	5	6	17
406	79	5,9 ± 0,36	5,8 ± 0,27	2,5	23	28	53,5
411	79	6,9 ± 0,34	7,1 ± 0,20	2,5	6	1	9,5
412	45	5,7 ± 0,27	6,0 ± 0,21	29,5	28	23	80,5
448	52	7,0 ± 0,41	7,1 ± 0,25	24,5	4	4	32,5
450	82	6,6 ± 0,26	6,6 ± 0,17	1	11	12	24
453	65	6,4 ± 0,20	6,8 ± 0,13	14	12	7	33
454	46	6,4 ± 0,52	5,9 ± 0,35	28	13	26	67
455	70	6,4 ± 0,22	6,8 ± 0,14	9,5	14	9	32,5
461	58	5,8 ± 0,33	5,9 ± 0,22	18,5	26	25	69,5
466	52	5,9 ± 0,28	5,8 ± 0,20	24,5	22	29	75,5
472	63	5,8 ± 0,35	6,2 ± 0,25	16	27	22	65
473	77	6,1 ± 0,20	6,5 ± 0,13	5	20	13	38
474	78	6,3 ± 0,21	6,3 ± 0,14	4	18	19	41
475	54	6,1 ± 0,20	6,8 ± 0,13	21,5	19	8	48,5
476	49	5,4 ± 0,24	5,7 ± 0,17	27	32	31	90

По результатам расчета суммарной ранговой оценки выполнено упорядочивание семей по значению этой оценки в направлении от минимального к максимальному значению. В среднем по объектам количество семей-кандидатов в элиту составляет около 20 % от общего количества семей, представленных на участках испытательных культур. В наших исследованиях в качестве порога при отборе лучших семей была принята интенсивность отбора равная 50 % как для семей в испытательных культурах, так и для клонов на ЛСП. Базой методики комплексной оценки генотипов является расчет средних значений ряда биометрических показателей, таких как высота, диаметр, средний диаметр кроны, сохранность растений, стандартное отклонение этих биометрических показателей и ряд других как для семей в испытательных культурах, так и для клонов на ЛСП. Далее производится ранжирование перечисленных показателей для каждого из объектов (поле ЛСП, участок испытательных культур). Следующим этапом является суммирование рангов и присвоение общего ранга для семьи (клона) по комплексу показателей. Следует отметить, что ранжирование семей в испытательных культурах имеет свою специфику, так как каждая семья в идеальном варианте представлена несколькими повторностями (не менее трёх) в рамках нескольких блоков. Поэтому целесообразно производить ранжирование отдельно в пределах каждой из повторностей (блоков) и далее на основании этих оценок рассчитывать общий ранг по участку. Лесосеменные плантации отличаются по схеме закладки от испытательных культур и в отношении них можно сразу же производить расчёт суммарного ранга по критерию для всего поля плантации. Необходимо отметить, что в данной методике принята равная ценность выбранных критериев (скорость роста, сохранность, уровень варьирования биометрических показателей и др.) и, соответственно, присвоение им в суммарной оценке равных весов. В дальнейшем различным критериям оценки генотипов присваиваются различные веса и, соответственно, методика расчета модифицируется в направлении присвоения различных весовых коэффициентов разным критериям. Так, например, при основном внимании к генетической ценности создаваемых плантаций, наибольшие веса в суммарной ранговой оценке присваиваются критериям скорости роста и сохранности генотипов. Если же основное внимание – к текущей коммерческой ценности подобных объектов, то в первую очередь необходимо обращать на такой критерий как урожайность генотипов. Для дальнейшей работы отбирается 50 % семей, имеющих лучшие показатели по сумме рангов. Аналогично семьям клоны упорядочиваются в рамках одного отдельно взятого поля лесосе-

менной плантации в порядке убывания (от лучших к худшим). При этом также как и в случае с семьями отбирается 50 % клонов, имеющих лучшие показатели по сумме рангов. В том случае, если отобранная в испытательных культурах семья показывает хорошие результаты также и по суммарной ранговой оценке на лесосеменных плантациях (попадание в 50 % лучших на ЛСП), то есть наблюдается пересечение «семья-клон» по лучшим показателям, соответствующее плюсовое дерево (или его вегетативное потомство на лесосеменных плантациях) рекомендуется к использованию при создании плантаций повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ). В противном случае принимается решение о продолжении периода испытания генетических свойств таких семей в имеющихся испытательных культурах.

Один из основных выводов, который может быть сформулирован по результатам апробирования методики комплексной оценки генотипов, состоит в том, что основное внимание, уделяемое при испытании, должно быть сосредоточено на сохранении генотипов в виде клонов и качественном создании и содержании объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК). Прежде всего, речь идёт о соблюдении требований нормативных документов при создании и содержании испытательных культур плюсовых деревьев. Выполненные работы по апробированию методики комплексной оценки продемонстрировали нецелесообразность объединения результатов по нескольким участкам испытательных культур, в связи с тем, что участки обладают очень разнообразными характеристиками и формальный «уравнительный» подход к оценке семей может привести к потере ценной информации. Кроме того, при таком подходе влияние на конечный результат ошибок разных исполнителей, участвующих в выполнении замеров, возрастает. В данном случае устранение «человеческого фактора» из процедуры принятия решений не идёт на пользу конечному результату. Неэффективна также такая мера как объединение результатов по нескольким полям ЛСП. Отмечено, что при создании и эксплуатации испытательных культур основное внимание должно уделяться качеству создания участка, применению оптимальных схем смешения, поддержанию сохранности исходных генотипов (плюсовых деревьев и их вегетативного потомства на ЛСП). Именно в этом случае методика комплексной оценки будет давать конкретный практический результат. Проработка методики показала, что при наличии существенных различий между клонами и семьями по результирующей оценке генотипа предпочтение необходимо отдавать семьям (семенное потомство в испыта-

тельных культурах), а уже потом среди этих семей отбираются лучшие по результатам роста и интенсивности семеношения соответствующие клоны на лесосеменных плантациях. Общая сохранность растений на исследованных участках испытательных культур составляет от 16 % до 77 % от исходного количества растений. В ходе обработки результатов измерений выявлены семьи, пригодные для дальнейшего сопоставления с результатами испытания по вегетативному потомству на ЛСП. Семьи ели европейской и сосны обыкновенной на участках испытательных культур достоверно различаются по скорости роста по значениям основных биометрических показателей (высота, диаметр и объем ствола), что дает основания для отбора лучших из них для использования в дальнейшей селекционной работе. Лучшие по результатам анализа роста семей в испытательных культурах и подтвердившие свое качество по результатам анализа роста клонов на лесосеменных плантациях рекомендованы для создания плантаций повышенной генетической ценности. По результатам выполненных работ составлена методика комплексной оценки генотипов ели европейской и сосны обыкновенной по результатам роста и развития в испытательных культурах и на лесосеменных плантациях. На основании комплексной оценки генотипов ели европейской и сосны обыкновенной по данной методике может быть составлено заключение о возможности использовании того или иного генотипа при создании ЛСП ПГЦ.



## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИГНИННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

**О.С. Бровко<sup>1</sup>, А.Д. Ивахнов<sup>1,2</sup>, М.А. Гусакова<sup>1</sup>, Т.А. Бойцова<sup>1</sup>, А.А. Слобода<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

*Выполнена оценка содержания лигнинных веществ в водных средах с использованием в качестве стандарта лигнинов, выделенных из различных производственных сред предприятия ЦБП. Установлено, что на корректность определения содержания лигнинных веществ в водных объектах влияет природный фон водоема-приемника сточных вод, а также вид стандарта, используемого для построения калибровочной зависимости.*

## ON THE QUESTION OF DETERMINING LIGNIN SUBSTANCES IN WATER BODIES

**O.S. Brovko<sup>1</sup>, A.D. Ivakhnov<sup>1,2</sup>, M.A. Gusakova<sup>1</sup>, T.A. Boitsova<sup>1</sup>, A.A. Sloboda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University named after Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

*The content of lignin substances in aqueous media was assessed using lignins isolated from various production environments of a pulp and paper industry enterprise as a standard. It has been established that the correctness of determining the content of lignin substances in water bodies is influenced by the natural background of the wastewater receiving reservoir, as well as the type of standard used to construct the calibration relationship.*

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) – одна из важных отраслей экономики РФ, связанная с химической переработкой древесины и включает в себя производство целлюлозы, бумаги и картона. ЦБП является одной из водоемких отраслей промышленности, что приводит к образованию значительного объема сточных вод, представляющих собой многокомпонентную систему, состав которой варьируется в зависимости от реализуемых технологий, используемого сырья и химикатов, что в свою очередь, существенно осложняет решение вопросов, связанных с созданием системы эколого-аналитического контроля производственной деятельности предприятий ЦБП.

В Российской Федерации с целью регулирования воздействий деятельности ЦБП, на состояние водных объектов, устанавливаются нормы допустимой антропогенной нагрузки на водный объект. В перечень па-

раметров оценки качества сточных вод предприятий ЦБП включено около 20 показателей. Некоторые из этих показателей, имеют весьма невысокие точностные характеристики, что приводит к трудностям получения надежной и достаточной для принятия практических решений информации.

Одним из основных компонентов загрязняющих веществ предприятий ЦБП, поступающих в водоемы вместе со сточными водами являются соединения лигнинной природы, которые являясь трудноокисляемыми соединениями, оказывают негативное влияние на кислородный баланс, вызывая эвтрофизирование водоема и угнетение жизнедеятельности водной фауны.

Среди существующих методов определения содержания лигнинных веществ в водных объектах, в том числе и в аттестованных методиках [1-3], наибольшее распространение имеет метод Пирла–Бенсона, основанный на спектрофотометрическом определении продуктов нитрозирования лигнинных соединений. В работах [4-5] установлено, что наличие олигомерных и высокомолекулярных природных соединений ароматической природы (гумусовые [6] и танинные вещества) в водных объектах искажают значения определяемых концентраций лигнинных веществ по указанным выше методикам. Экспериментально показано, что гуминовые кислоты и олигомерные фракции гумусовых веществ существенно занижают значения определяемых концентраций сульфатного лигнина, а наличие танина в исследуемых смесях, напротив, приводит к завышению концентраций определяемого компонента. Таким образом, при определении лигнинных веществ по методике [1] необходимо учитывать природный фон водоема, а именно содержание в водоеме гумусовых и танинных соединений. В целом же, методика [1] применима для определения лигнинных соединений в многокомпонентных водных средах, но в строго ограниченных диапазонах концентраций определяемого компонента и примесей.

Анализируя методики определения лигнинных веществ в водных объектах [1-3], установлено, что в них предлагаются различные стандарты (танин или образец, выделенный из сульфитных (сульфатных) щелоков предприятия), используемые для построения градуировочных зависимостей. Мы полагаем, что в условиях интегрированного предприятия при определении лигнина в сточных и природных водах (в зоне сброса сточных вод) корректно стандартный образец лигнинных веществ для построения калибровочной зависимости выделять из сточных вод соответствующего предприятия. При этом он должен быть представительным образцом и наработанным в течение длительного временного периода и отражаю-

щем изменения в технологическом процессе, неоднородность породного состава древесины и т.д. Значительные технологические изменения требуют наработки нового представительного образца.

Влияние вида стандарта на корректность определения лигнинных веществ показана на примере ряда модельных стандартов сульфатного лигнина, для выделения которых использовали черные щелока с производства сульфатной целлюлозы, производства картона, красный щелок с производства картона (участок полуцеллюлозы) и сточную воду (усреднитель). Проанализирован также в качестве стандарта смешанный образец лигнина, выделенный из щелоков, а также ГСО танина и лигносульфонат, которые рекомендованы в качестве стандартов в методике [1]. Качество получаемых модельных стандартных образцов лигнинов определяется их структурными особенностями, которые в свою очередь зависят от различий в технологических процессах и применяемом породном составе древесины.

Для каждого выделенного модельного стандартного образца лигнина строили градуировочный график согласно методике [1]. В каждом случае наблюдали линейную зависимость ( $r^2$  не менее 0,99) интенсивности оптической плотности от концентрации лигнина в интервале 0,4-25 мг/л. Установлено, что уравнения калибровочных зависимостей при использовании различных стандартов значительно различаются между собой, что приводит к получению существенно различающихся результатов определения искомым концентрациям лигнинных веществ.

*Исследование выполнено с использованием оборудования ЦКП КТ РФ-Арктика (ФИЦКИА УрО РАН).*

### Список литературы

1. ПНД Ф 14.1:2.216-06 Методика измерений массовой концентрации лигнинсульфоновых (лигносульфоновых) кислот и их солей в поверхностных природных и сточных водах фотометрическим методом. Москва, 2006. 16 с.
2. Количественный химический анализ сточных вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации лигнинных веществ и природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом. МВИ 1-99. Сыктывкар, 1999. 10 с.
3. Методика выполнения измерений массовой концентрации лигнина сульфатного в пробах природных поверхностных, природных подземных и сточных вод фотометрическим методом. Усть-Илимск, 2009. 11 с. (свидетельство об аттестации № 224.0)

4. Бровко О.С., Орлов А.С., Зубов И.Н., Парфенова Л.Н. Оценка мешающего влияния соединений ароматической природы на точность определения лигнинных веществ в водных средах // Вода: химия и экология. 2016. № 1. С. 62-68

5. Орлов А.С., Бровко О.С., Зубов И.Н. Оценка мешающего влияния гумусовых веществ на точность определения лигносульфонатов в водных средах // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 4. С. 20-26.

6. Боголицын К.Г., Бойцова Т.А., Кузнецова И.А., Ларионов Н.С., Паламарчук И.А., Аксенов А.С., Бровко О.С. Особенности комплексообразующих и сорбционных свойств гуминовых кислот верхового торфа Архангельской области // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2011. № 3 С. 132-139.

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ АО АЦБК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ФИТОИНДИКАЦИИ

М.А. Гусакова<sup>1</sup>, Е.А. Москалюк<sup>2</sup>, О.С. Бровко<sup>1</sup>, А.А. Красикова<sup>1</sup>, А.А. Слобода<sup>1</sup>,  
Н.А. Самсонова<sup>1</sup>, А.Д. Ивахнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск, Россия

<sup>2</sup> АО «Архангельский ЦБК», Новодвинск, Россия

*В работе проведена оценка устойчивости растительных объектов, произрастающих в районе присутствия АЦБК и подвергающихся воздействию его промышленных эмиссий, с использованием методов лишено- и фитоиндикации. Исследования могут служить научной базой для разработки комплексной методики оценки техногенного загрязнения предприятиями ЦБП окружающей среды.*

## ASSESSMENT OF THE STABILITY OF PLANT OBJECTS IN THE AREA OF AEROTECHNOGENIC INFLUENCE OF JSC APPM USING THE PHYTOINDICATION METHOD

М.А. Gusakova<sup>1</sup>, Е.А. Moskalyuk<sup>2</sup>, О.С. Brovko<sup>1</sup>, А.А. Krasikova<sup>1</sup>, А.А. Sloboda<sup>1</sup>, N.A. Samsonova<sup>1</sup>, A.D. Ivakhnov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center for the Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup> JSC APPM, Novodvinsk, Russia

*An assessment of the stability of plant objects growing in the area of the presence of JSC APPM and exposed to its industrial emissions was carried out in the paper. The conducted research can serve as a scientific basis for the development of a comprehensive methodology for assessing of pollution of the environment by pulp and paper enterprises using methods of lichen- and phytoindication.*

Техногенное загрязнение является одним из существенных факторов, влияющих на устойчивое функционирование северотаежных лесных экосистем низовья бассейна р. Северная Двина, где сосредоточены промышленные населенные пункты Архангельской агломерации с развитой сетью автомагистралей и железных дорог, предприятия лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отрасли, топливно-энергетические и транспортные объекты. АО «Архангельский ЦБК» (АЦБК) является ведущим целлюлозно-бумажным предприятием региона, и одним из основных источников техногенного преобразования воздушной среды. За последнее время в результате модернизации производства и реализации при-

родоохранных мероприятий на АЦБК фиксируется снижение нагрузки на окружающую среду [<https://www.appm.ru/>].

Основу оценки аэротехногенного воздействия предприятий на растительные объекты составляют визуальные диагностические признаки состояния растений, характеризующие последствия антропогенного и техногенного воздействия, не затрагивающие анализ биохимических изменений, отражающих механизмы адаптации. В связи с чем, актуальность представляет оценка устойчивости растительных объектов, произрастающих в районе присутствия АЦБК и подвергающихся воздействию его промышленных эмиссий, с применением комплекса физико-химических и биологических методов исследований.

Оценка состояния лесных экосистем устьевого участка реки Северная Двина проводилась в период с 2019 по 2023 гг. Мониторинг состояния сосново-еловых лесов черничного типа, расположенных в зоне хозяйственной деятельности АЦБК, проводился ежегодно в конце вегетационного периода на постоянных опытных участках (ПОУ) (т. 1-9), расположенных на разном удалении от источника эмиссии АЦБК. За фоновый район принят контрольный опытный участок в районе р. Шоча (т. 10), расположенный на расстоянии 100 км в С-З направлении от АЦБК. В данном материале представлена часть работ, проводимых в рамках комплексного мониторинга воздействия АЦБК на растительные объекты.

В качестве объектов были выбраны наиболее распространенные на изучаемой территории биоиндикаторы кумулятивного типа – талломы эпифитных лишайников гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*), и биоиндикаторы с быстрым откликом и повышенной чувствительностью к загрязняющим веществам техногенного происхождения – древесная зелень сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).

Серосодержащие органические соединения (меркаптаны, сульфиды, дисульфиды и др.) и сопутствующие им сернистые газы ( $H_2S$ ,  $CO_2S$  и  $CS_2$ ) являются характерными индикаторными загрязнителями газопылевых выбросов АЦБК, оказывающие высокотоксичное действие на растительные объекты [1]. Определение содержания сернистых соединений в растениях-фитоиндикаторах проводилось методом исчерпывающей кислотной минерализации растительного образца согласно методике [2] с последующим гравиметрическим определением сульфата бария с пересчетом на серу. Для оценки статистической значимости влияния расстояния до источников эмиссии АЦБК и региональной розы ветров на накопление неорганической серы в объектах был проведен расчет коэффициента корреляции r-Пирсона.

Согласно полученным данным, наблюдается неоднородный характер накопления сернистых соединений в объектах-биоиндикаторах (рис. 1). В условно «чистом» фоновом районе содержание неорганической серы в хвое сосны составляет 0,051 мг/г. Максимальное накопления неорганической серы характерно для образцов хвои, отобранных на ПОУ импактной зоны (тт. 4 и 9), где содержание неорганической серы в среднем в 2,1-2,6 раз выше, чем в хвое фоновой зоны.

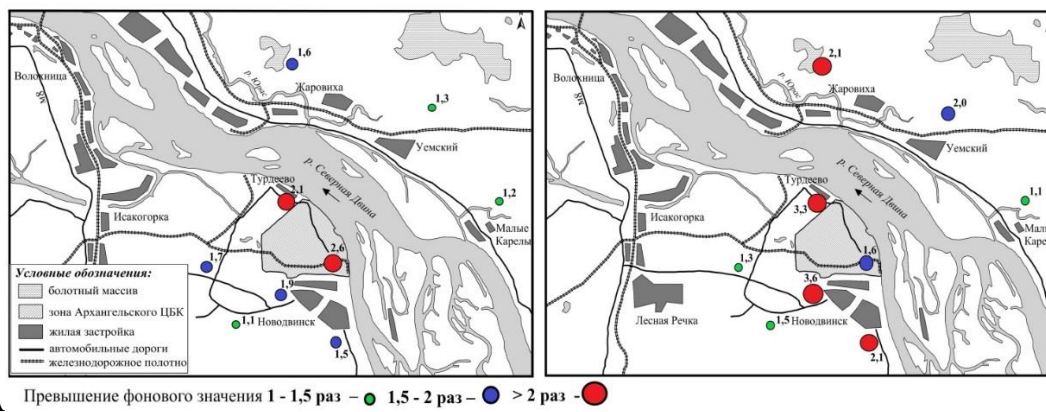


Рис.1. Накопление неорганической серы в объектах-биоиндикаторах: а – в хвое сосны, б – в талломе лишайника

В зоне интегрального воздействия на ПОУ (тт.5,6,7), расположенных на расстоянии до 5,5 км от источников эмиссии АЦБК, относящихся к примагистральным территориям с высокой автотранспортной нагрузкой, содержание неорганической серы в хвое находится на уровне в 1,5-1,9 раз превышающем фоновые значения. Повышенное содержание серы в хвое (до 1,5 раз по сравнению с фоновыми значениями) прослеживается в 10 км от источников эмиссии АЦБК по правому берегу р. Северная Двина, в направлении доминирующей розы ветров (т. 1)

Наибольшей аккумулярующей способностью по отношению к соединениям серы обладают слоевища лишайников, что связано с их высокой чувствительностью, гигроскопичностью, отсутствием у таллома покровных тканей и органов выделения, а также с длительным периодом накопления (период жизни лишайников, отобранных для анализа, составляет 20-30 лет), по сравнению с хвоей сосны (максимальный возраст хвои, взятый на анализ - 3 года). Содержание неорганической серы в талломе лишайников фоновой зоны достигает 0,076 мг/г.

Тенденции накопления сернистых соединений в слоевищах лишайников в районе ведения хозяйственной деятельности АЦБК аналогичны

полученным закономерностям для хвои сосны. Стабильно высокие значения содержания сернистых соединений отмечаются в талломах импактной зоны, а также в зоне интегрального воздействия на расстоянии 2,5 км от СЗЗ предприятия на ПОУ (т.5 и т.6), где наблюдается превышение содержания неорганической серы до 3,3 и 3,6 раз выше, чем в талломах лишайников фонового района. Согласно полученным данным, дифференцировать техногенный след поступления серы в природные объекты на территории зоны интегрального воздействия достаточно трудно ввиду наложения множества антропогенных факторов - близости селитебных зон, прохождения неэлектрифицированных железнодорожных путей и автомагистралей.

Расчет коэффициента Пирсона демонстрирует прямую зависимость содержания неорганической серы в хвое от региональной розы ветров ( $r = 0,523$ ) и отсутствие значимой корреляции между содержанием серы и расстоянием до источников эмиссии ( $r = 0,304$ ). Для лишайников отмечается обратная зависимость содержания неорганической серы от розы ветров ( $r = -0,538$ ), что свидетельствует о многофакторности поступления сернистых соединений, как с газопылевыми выбросами предприятия, так и от автомобильного и железнодорожного транспорта. Наблюдаемая слабая обратная зависимость ( $r = -0,464$ ) содержания неорганической серы в талломе от расстояния до источников эмиссии АЦБК подтверждает факт техногенного следа сернистых соединений в объектах окружающей среды, но указывает на незначительный его вклад.

Таким образом, уровень накопления сернистых соединений в биоиндикаторах, произрастающих в зоне воздействия АЦБК, зависит как от степени антропогенной нагрузки, производственно-технологического воздействия, так и метеорологических условий, определяющих способность атмосферы рассеивать загрязнения, поставщиками которых служат стационарные или передвижные источники.

#### Список литературы

1. Надеин А.Ф., Тарханов С.Н., Прожерина Н.А. Накопление токсикантов в лесных фитоценозах на территории Архангельской области // Экология человека. 2001. № 3. С. 49–50.
2. Методические указания по турбидиметрическому определению серы в растениях. Москва, 1986. 9 с.



## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЦЕЛЕВОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ В ТЕХНОЛОГИИ ЦБП ДЛЯ ФОМИРОВАНИЯ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ**

**А.Б. Дягилева, А.И. Смирнова, Д.И. Мазурик**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики, Санкт – Петербург, Россия*

*В работе представлена принципиальная возможность использования коросо-державшего потока, образующегося в целлюлозно-бумажной промышленности при переработке древесины. Данное технологическое решение отвечает современным требованиям повышения экологической эффективности предприятий деревообрабатывающей отрасли, способствует расширению спектра товаров, которые могут использоваться в различных отраслях хозяйственной деятельности. Данное технологическое решение направлено на снижение нагрузки на очистные сооружения путем локализации и формирования специфического потока в виде товарного продукта для последующего целевого его использования в качестве стимуляторов роста.*

## **TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE TARGETED USE OF AQUEOUS COMPOSITIONS ISOLATED IN THE TECHNOLOGY OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY FOR THE CULTIVATION OF PLANT BIOMASS**

**A.B. Dyagileva, A.I. Smirnova, D.I. Mazurik**

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. Higher School of Technology and Energy, St. Petersburg, Russia*

*The paper presents the fundamental possibility of using a corona-containing stream formed in the pulp and paper industry during wood processing. This technological solution meets the modern requirements for improving the environmental efficiency of enterprises in the woodworking industry, contributes to the expansion of the range of goods that can be used in various sectors of economic activity. This technological solution is aimed at reducing the load on wastewater treatment plants by localizing and forming a specific flow in the form of a marketable product for its subsequent targeted use as growth stimulants.*

Перспективные технологии в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП), в которых отражены принципы «зеленой химии» направлены на комплексное использование лесных ресурсов, предусматривающие утилизацию всей биомассы дерева при производстве бумажной массы. Многочисленные отходы, образующиеся в отрасли, могут служить сырьем для производства многих ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью, к которым относятся строительные материалы, продукты лесохимии технического назначения, биотопливо, белково-углеводные кормовые до-

бавки, биологически активные вещества и ферментные препараты для медицины, ветеринарии и сельского хозяйства [1]. Одним из мало используемых до настоящего времени отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности являются жидкие побочные продукты, так называемые локальные потоки производственных сточных вод.

При использовании коры, полученной в результате мокрой окорки, возникают трудности, обусловленные ее высокой влажностью. По этой причине кора на российских предприятиях почти не используется и чаще всего складывается на предприятии или утилизируется. Однако коросодержащий поток является одним из вариантов потенциального сырья для получения новых продуктов. Реализация этой технологии может быть отнесена к перспективным технологиям переработки древесины, а также к технологиям восстановления естественных механизмов при рекультивации почв с восстановлением плодородия и продуктивности растительных сообществ. При взаимодействии воды с древесиной на стадии ее подготовки происходит разрушение слоя камбия, который содержит в своем составе необходимые вещества для формирования высших растений. При учете этих свойств был разработан патент по получению стимуляторов роста для сельскохозяйственных культур [2].

Восстановление почвогрунта урбанизированных территорий достаточно длительный процесс и может существенно изменяться как от климатических зон и времени года, так и специфики антропогенного воздействия на территорию. В каждом конкретном случае важно создать естественный барьер в почвенном слое, для накопления биомассы почвы и предотвращения вымывания полезных компонентов. Этого можно добиться, используя специфические стимуляторы роста, которые состоят из биологически активных композиций побочных продуктов лесопромышленного комплекса. Важным качеством используемых реагентов является активное развитие биомассы почвы и растений, которые не проявляют токсичности к формирующемуся слою и к водным экосистемам.

Таким образом, основной целью комплекса работ было изучение влияния различных композиций экстрактивных веществ коры в зависимости от кратности разбавления концентрированного раствора, полученного при переработке древесины различными способами на биометрические показатели выбранных тестовых культур, используемых для различных целей [3, 4].

В основе исследования новых композиций лежит метод определения всхожести [5] и ростостимулирующей активности различных многолетних

культур. Выбранные образцы растений по оригинальной технологии отбирают и обрабатывают специально подготовленными композициями на основе водных растворов, образующихся на различных стадиях обработки биомассы древесины. Для определения всхожести смеси семян отсчитывали не менее четырех проб по 100 семян в каждом опыте. Повтор эксперимента составлял не менее 5 серий при каждой композиции стимуляторов роста. Проращивание семян наиболее наглядно проявляется на фильтровальной бумаге (НБ) белая лента, обработанной растворами исследуемых стимуляторов роста в чашках Петри. Опыт проводился с чередованием света и темноты в режиме светового дня для Северо-Западного региона (март) при температуре  $20 \pm 2$  °С. Результаты снимались на седьмые сутки.

Модель для обработки семян (М1) представляет собой усредненную пробу сточных вод после корьевого пресса древесно-подготовительного цеха (ДПЦ) при переработке преимущественно хвойных пород древесины.

Концентрацию активных компонентов при исследовании ростостимулирующей активности модельных систем задавали в единицах кратности разбавления ( $K_p$ ) в диапазоне от 1 до 100 путем регулирования исходной суммарной величины органических веществ (ХПК) в системах, где в качестве разбавляющей среды использовалась дистиллированная вода.



Рис. 1. Биометрические показатели клевера белого в зависимости от кратности разбавления промышленной водной вытяжки (М1)

По результатам проведенного исследования при использовании специально подготовленных растворов на основе промышленной сточной воды, полученной в процессе мокрой окорки (рис.1) обнаруживается увели-

чение основных биометрических характеристик посевного материала во всех представленных случаях. Кратность разбавления в данном случае не превышала 100 раз.

Общий прирост отмечается выше биометрических показателей контрольных образцов, причем развитие корня активно проявляется в диапазоне кратности разбавления до 100 раз, а развитие ростков, напротив, активно происходит при больших концентрациях органической составляющей водного раствора.

Таким образом, работе показаны возможности специально подготовленных композиций из концентратов, полученных при переработке древесного сырья на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, в качестве стимулятора роста высших растений. Подготовка водной экстракции коросодержащего потока для целевого использования может быть реализована на базе основного технологического процесса локальной очистки этих потоков с использованием биологически очищенной воды для регулирования концентрации активных компонентов. Так же, выявлена возможность использования данных реагентов для накопления биомассы почвы при восстановлении территорий, в том числе при рекультивации полигонов и пожарищ.

Результаты работы были апробированы на ряде научно-практических конференций. Способ получения стимуляторов роста на основе коросодержащего потока защищен патентом.

#### Список литературы

1. Володин В. В., Шубаков А. А., Володина С. О., Шергина Н. Н., Василов Р. Г. Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор). *Аграрная наука ЕвроСеверо-Востока*. 2022;23(5):611-632. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.611-632>

2. Патент РФ 2734634 С1 МПК С05F11/00 А01N65/06. Способ получения стимуляторов роста из водной вытяжки коросодержащей массы / Дягилева А.Б., Смирнова А.И., Михайлова С.Б., Дягилева Д.В.; патентообладатель: Дягилева А.Б. Заявлено 17.06.2019; опубл. 21.10.2020, Бюл. № 30. 7 с.

3. Дягилева А.Б., Смирнова А.И., Иванова Е.В. Использование стимуляторов роста из растительного сырья в биологическом цикле рекультивации полигонов ТБО // *Актуальная биотехнология* 2021. №1 С. 287-290

4. Мазурик Д. Стимуляторы роста для обслуживания урбанизированных территорий // XII Конгресс молодых ученых. Сборник научных трудов. Т.3, СПб: Университет ИТМО, 2023 с. 360-364.

5. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия

## ПАРАДОКСЫ НОРМИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

**А.В. Епифанов, М.А. Мозгушин, А.А. Прохорова**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия*

*Проведен краткий анализ эколого-технологического нормирования сбросов сточных вод. Проанализированы методы расчетов кратности разбавления сточных вод в рамках расчетов нормативов допустимых сбросов в водотоках, водоемах и морях, показан ряд недостатков применяемых методов.*

## PARADOXES OF LOAD RATIONING ON WATER BODIES

**A.V. Epifanov, M.A. Mozgushin, A.A. Prokhorova**

*St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design, St. Petersburg, Russia*

*A brief analysis of the ecological and technological regulation of wastewater discharges has been carried out. The methods of calculating the multiplicity of dilution of wastewater in the framework of calculations of permissible discharge standards in watercourses, reservoirs and seas are analyzed, a number of disadvantages of the methods used are shown.*

Нормирование нагрузки на водные объекты в РФ представляет собой сложную разветвленную систему, зависящую от категории негативного воздействия предприятия на окружающую среду (НВОС). Предприятия 1 категории НВОС в рамках заявки на комплексное экологическое разрешение должны рассчитать нормативы допустимых сбросов по веществам первого и второго классов опасности и технологические нормативы сбросов по маркерным веществам. Кроме этого не стоит забывать, что согласно п.4 статьи 35 ВК РФ количество веществ и микроорганизмов, содержащихся в сбросах сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты, не должно превышать установленные нормативы допустимого воздействия на водные объекты.

Таким образом, в РФ реализована эколого-технологическая система нормирования сбросов сточных вод. В случае одновременного расчета нормативов допустимых сбросов и технологических нормативов сбросов до сих пор отсутствуют официальные документы, регламентирующие выбор допустимого сброса.

Методика расчета нормативов допустимых сбросов [1] позволяет проводить расчет НДС с учетом разбавляющей способности водных объектов.

Одним из нововведений приказа №1118 об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов, вступившего в силу с 01.01.2021г. является формула для расчёта расстояния до контрольного створа, приведенная ниже:

$$x = \frac{0,14q\sqrt{\frac{N}{H}}}{\chi(q+Q)\varphi} B \quad (1)$$

Данная формула в том числе зависит от характеристического числа  $N$ , зависящего от величины  $M$

При  $10 < C < 60$  параметр  $M=0,7 C + 6$ , при  $C \geq 60$  параметр  $M=48=\text{const}$ .

Величина коэффициента Шези рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{v_p}{\sqrt{H}} \quad (2)$$

Проведенный анализ результатов расчета коэффициента Шези показал, что для подавляющего числа водных объектов РФ величина  $C$  будет значительно ниже 10, а значит, расчёт расстояний до контрольного створа по приведенным формулам становится невозможным.

Корректная формула расчета коэффициента Шези приведена в книге А.В. Караушева [2] и имеет вид:

$$C = \frac{v_p}{\sqrt{HI}} \quad (3)$$

где  $I$  – уклон водотока.

К настоящему моменту времени исправленная формула уже появилась в проекте изменения методики расчета нормативов допустимых сбросов.

Однако формула расчета расстояния до контрольного створа не применима при сбросе сточных вод в водотоки и моря, так как в них отсутствует понятие расходов природных вод.

Отдельного внимания заслуживают формулы расчета кратностей начального и основного разбавлений в водотоках, водоемах и морях, приведенные в методике расчета нормативов допустимых сбросов. Большинство из данных формул были разработаны выдающимися советскими учеными для упрощения расчетов процессов переноса загрязняющих веществ и имели существенные ограничения на применение.

В общем случае процесс формирования качества воды описывается системой гидродинамики и системой турбулентной дисперсии для некон-

сервативных веществ, которые также могут быть выражены как система конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ [2]. В XX веке решение данных уравнений требовало значительных трудозатрат в связи с ограниченностью вычислительных ресурсов. Поэтому упрощенные методы расчета кратности разбавления сточных вод в свое время сыгравшие свою несомненную положительную роль в настоящее время во многом утратили актуальность.

В ВШТЭ СПбГУПТД были проведены серии исследований по анализу методов расчета кратностей разбавления сточных вод, приведенных в методике НДС [3,4].

Для анализа задавались широкие диапазоны исходных данных, влияющих на величину кратности разбавления.

В качестве примера приведем зависимость кратности разбавления сточных вод от глубины водоема при различных исходных данных.

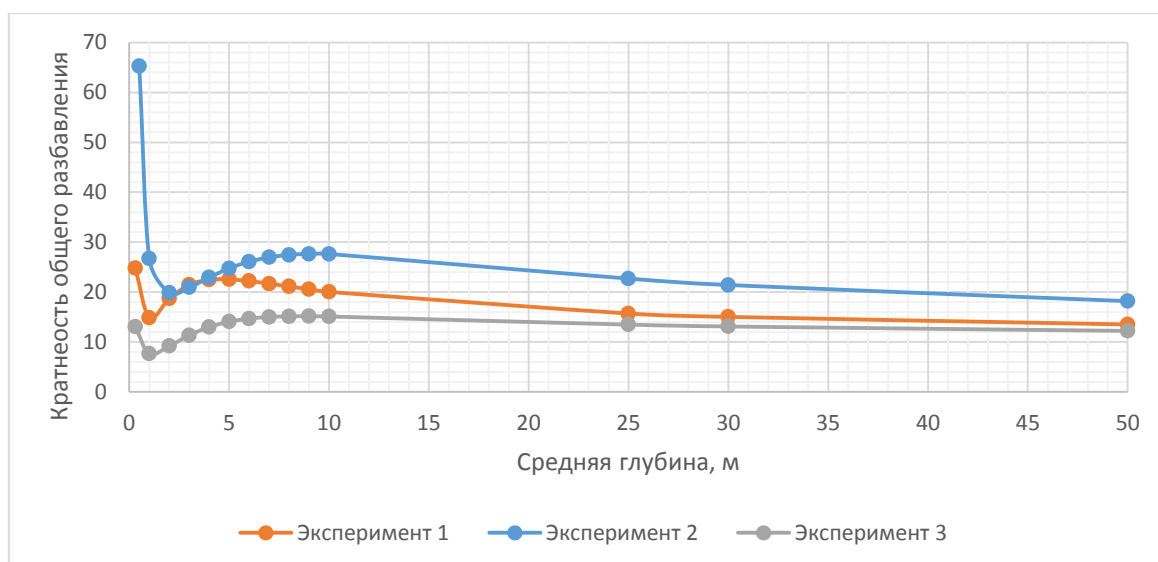


Рис. 1. Зависимость кратности общего разбавления от средней глубины в месте сброса сточных вод

На графике отмечен аномальный перегиб, наблюдаемый при малых глубинах и характеризующий резкое снижение кратности разбавления. В итоге максимальная кратность разбавления сточных вод наблюдается при малых глубинах водного объекта в месте сброса сточных вод и с ростом глубины резко сокращается, достигая минимальных значений.

На основе анализа детального метода ГГИ было установлено, что данный метод ограничен соотношением расходов сточных вод, о чем не упоминается в методике расчета НДС. При расходе сточных вод больше

расхода воды в реке рассчитанная кратность разбавления превышает максимальную теоретическую величину.

#### Выводы:

Проведен краткий анализ методов нормирования сбросов сточных вод, который показал противоречия в подходах к экологическому и технологическому нормированию.

При расчете кратности разбавления в водотоках, показано, что максимальные значения наблюдаются при малых глубинах, что противоречит теории массопереноса загрязняющих веществ.

Показан ряд ошибок в действующей методике расчета нормативов допустимых сбросов, приведен ряд ограничений на применяемые в ней формулы расчета кратностей разбавления сточных вод.

#### Список литературы

1. Приказ Минприроды России «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей» от 29.12.2020 № 1118 — Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. - 2020 г. - с изм. И допол. в ред. от 18.05.2022
2. Караушев А.В. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных сточных вод: монография / под общ. ред. А.В. Караушева. Ленинград: Изд-во Гидрометеоздат, 1981. 176 с.
3. Мозгушин, М. А., Епифанов А.В. Разработка алгоритма расчета кратности разбавления сточных вод // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2023. № 3. С. 70-73. DOI 10.46418/2079-8199\_2023\_3\_11.
4. Епифанов А.В., Прохорова А.А. Анализ зависимости кратности разбавления сточных вод от гидрологических и морфометрических параметров водоемов // Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием, 10-13 октября 2023 г. СПб.:ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. 248 с.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫМ СЫРЬЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦБК

А.С. Ильинцев<sup>1,2</sup>, Е.Н. Наквасина<sup>1,2</sup>, С.В. Коптев<sup>1,2</sup>, С.В. Третьяков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия

*В рамках совершенствования системы устойчивого управления лесами необходимо применять щадящие технологии заготовки древесины. Соответствующая техника и технологии, современные способы обработки почвы и производства лесных культур способствуют снижению экологических рисков и повышению успешности лесовосстановления.*

## IMPROVING SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT TO PROVIDE WOOD FOR PULP AND PAPER INDUSTRY ENTERPRISES

A.S. Ilyintsev<sup>1,2</sup>, E.N. Nakvasina<sup>1,2</sup>, S.V. Koptev<sup>1,2</sup>, S.V. Tretyakov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

*Using eco-efficient technologies for harvesting wood is necessary to improve the sustainable forest management system. The success of reforestation and reducing environmental risk can be achieved by using appropriate equipment and technologies, modern methods of site preparation, and planting of forest crops.*

Обеспечение целлюлозно-бумажной промышленности древесным сырьем должно основываться на принципах непрерывного неистощительного лесопользования. Особенно это важно для Архангельской области, в которой действуют два крупных целлюлозно-бумажных комбината. Область занимает второе место по площади лесов в Северо-Западном федеральном округе [5]. Ежегодный объем заготовки древесины составляет порядка 14-16 млн. кубм (при расчетной лесосеке 26 млн. кубм) и увеличивается на протяжении двух десятилетий [3]. Однако воспроизводство лесов на 90 % (663,6 тыс. га за 10 лет) идет за счет естественного возобновления, что при отсутствии лесоводственных уходов, не всегда обеспечивает необходимый породный состав вторичных древостоев. На долю искусственного лесовосстановления приходится лишь 7 % вырубленных площадей, что не соответствует принятой Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года [4].

В то же время, с 2018 года на территории России действует федеральный проект «Сохранение лесов» в рамках национального проекта «Экология», цель которого – достичь равного баланса между вырубаемой площадью лесов и площадью их воспроизводства. При реализации проекта, начиная с 2025 года, планируется учитывать не только количественные показатели, но качественные характеристики лесовосстановления.

Два основных технологических процесса – лесозаготовки и лесовосстановление – становятся непрерывно связанными, так как экологические последствия воздействия современной лесозаготовительной техники определяют не только технологии и успешность естественного и искусственного лесовосстановления, но позволяют использовать преимущества современной техники, применяемой на лесозаготовках, для лесовосстановления.

В настоящее время на Севере России, в том числе и в Архангельской области, среди поступающих в рубку, преобладают леса влажных и переувлажненных типов, освоение которых наносит серьезный ущерб почвенно-растительному покрову [2, 3]. Эти леса изрежены, и имеют низкую продуктивность, что влияет на доступный запас сучьев, укладываемых на волокна для защиты лесных почв (табл. 1).

Таблица 1. Запас сучьев (м<sup>3</sup>/га) для древостоев ели со средним диаметром

Разряд высот	Средний диаметр древостоя, см							
	14	16	18	20	22	24	26	28
III	8,2	10,3	12,2	13,5	14,5	15,3	16	16,8
IV	5,8	7,7	9,3	10,5	11,6	12,6	13,2	13,8
V	4	5,2	6,4	7,3	8,3	9,3	10,1	10,9
VI	2,5	3,4	4,2	5	5,8	6,7	7,6	8,4

В то же время, покрытие волоков в условиях увлажненных почв должно быть более плотным, чтобы избежать локальных повреждений открытой почвы с образованием глубоких колеи. Повреждению почвы способствует также сниженное промерзание увлажненных почв, которое усугубляется климатическими изменениями и колебаниями температуры, приводящими к сокращению периода и сдвигу сроков зимнего промерзания. Процессы лесовосстановления на избыточно-увлажненных почвах могут идти специфично и требуют особых мер [1].

Нарушения почвенного покрова при лесозаготовках зависят от применяемой технологии лесосечных работ (сортиментная или хлыстовая), характеристики и числа проездов техники, сезона заготовки, а также в

значительной степени от природных факторов, таких как рельеф, уклон местности, тип леса, тип, влажность и гранулометрический состав почвы, содержание органического вещества, плотности сложения, пористости почвы и др.

Порубочные остатки, уложенные на волокни, предохраняют почву от повреждения современной лесозаготовительной техникой, однако даже их наличие в объеме  $0,008 \text{ м}^3/\text{м}^2$  не исключает негативных последствий повреждения почв, но способно минимизировать его. При этом отмечается уплотнение лесной подстилки, однако подушка из порубочных остатков предохраняет 20-см толщу почвы от уплотнения и нарушения водно-воздушного режима, по сравнению с колеями, формирующимися при проезде по непокрытым хворостяной подушкой волокнам. При большом числе проездов количество порубочных остатков для защиты почвы от повреждения должно быть увеличено, или число проездов снижено.

При отсутствии порубочных остатков на волокнах могут образоваться глубокие колеи, размер которых зависит от числа проездов техники (рис. 1). Чрезмерное колееобразование влияет на биологические, физические и химические свойства почвы [1, 2] и препятствует росту древесных растений при естественном зарастивании лесосек.

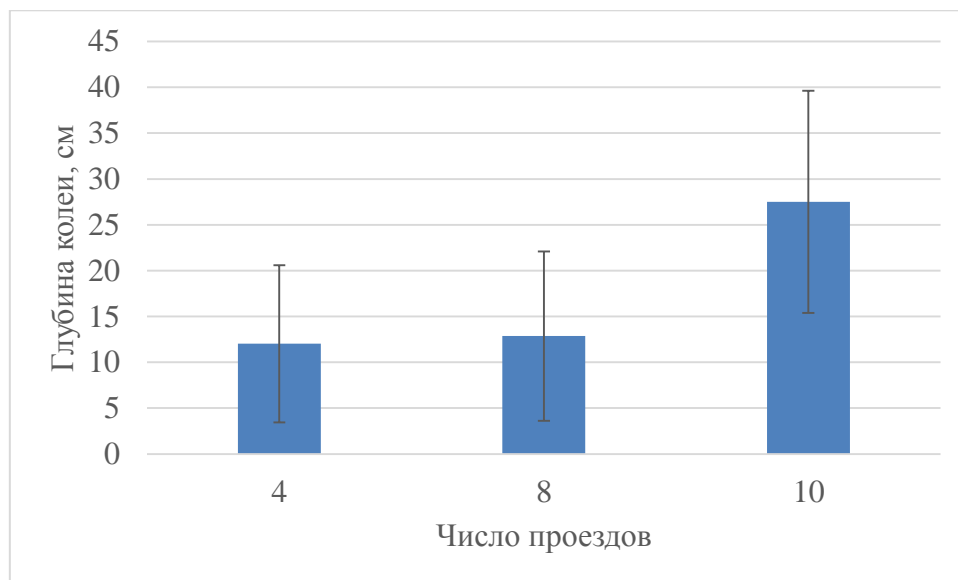


Рис. 1. Глубина колеи при различном числе проездов груженого форвардера. Линии “усов” показывают стандартное отклонение

Для повышения качества лесовосстановления и сохранения породного состава древостоев с преобладанием хозяйственно ценных пород целесообразно создание лесных культур, используя проложенные волокни и

применяемую лесозаготовительную технику. В этом случае вопрос об укреплении волоков порубочными остатками становится первостепенным [2].

В настоящее время таким способом лесовосстановления, которое позволяет снизить нагрузки на пасеки, использовать укрепленные волока, является обработка почвы и создание лесных культур с помощью экскаваторов. При этом применяются гусеничные экскаваторы с обычными ковшами (предварительная обработка почвы и посадка трубами) или с посадочными агрегатами, например Braske P11.a (одновременная обработка почвы и посадка лесных культур). Почва может обрабатываться площадками, бороздами, полосами и микроповышениями, использоваться посадочный материал с открытой и закрытой корневой системой.

Установлено, что густота лесных культур при экскаваторной обработке почвы в целом соответствует нормативным показателям, заложенным в проектах искусственного лесовосстановления. Приживаемость лесных культур, созданных посадочным материалом с закрытой и открытой корневой системой изменяется от 72 до 100 %. При этом наибольшее влияние на приживаемость сеянцев с открытыми корнями оказала влажность почвы ( $r = -0,894$ ,  $p = 0,04$ ). Сравнение свойств почвы в корнеобитаемом слое в микроповышениях и на пасеке, где не проводилась обработка почвы, показало, что плотность сложения почвы в микроповышениях выше на 8 %, а влажность ниже на 11 %. Это приводит к снижению общей пористости и повышению пористости аэрации в корнеобитаемом слое почвы в микроповышениях. Обработка почвы путем создания микроповышений с помощью экскаваторов в условиях Севера обеспечивает достаточно благоприятные водно-воздушные свойства посадочных мест для создания лесных культур посадочным материалом сосны и ели как с закрытой, так и открытой корневой системой.

Таким образом, совершенствование технологий и нормативной базы на отдельных этапах непрерывного лесопользования, в том числе при разработке лесосек и восстановления насаждений хозяйственно ценного состава и качества, будет способствовать обеспечению древесным сырьем предприятий целлюлозно-бумажной промышленности региона. Превентивные исследования, включение их результатов в нормативные документы будет работать на перспективу, создавая потенциал возможного непрерывного лесопользования в регионе.

*Результаты исследований, связанные с разработкой рекомендации по лесовосстановлению, получены в рамках государственного задания Рослесхоза для ФБУ «СевНИИЛХ» (№ 122020100319-9). Результаты исследований, связанные с негативным воздействием лесозаготовительной техники, получены за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01014, <https://rscf.ru/project/23-76-01014/>.*

### Список литературы

1. Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. №3. С. 787–798.
2. Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н. Образование колеиности при проходе лесозаготовительной техники в ельниках на двучленных породах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 237. С. 173–188.
3. Ильинцев А.С., Шамонтьев И.Г., Третьяков С.В. Современная динамика лесопользования в бореальных лесах России (на примере Архангельской области) // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 3 (43). С. 45–62.
4. Распоряжение Правительства РФ от 11.02.2021 N 312-р «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 год» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_377162](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377162) (дата обращения 01.02.2024).
5. Чупров А.В., Наквасина Е.Н. Состояние и эффективность мероприятий, связанных с воспроизводством лесов в Архангельской области // Труды Архангельского центра Русского географического общества: сборник научных статей / Арханг. центр Рус. геогр. о-во, редкол.: В.А. Любимов (отв. ред.) и др.]. Архангельск: Архангельский центр Русского географического общества, Архангельск: АО «Соломбальская типография», 2023. С. 206-210.

## **ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКИ ПЛАНТАЦИОННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ НА ВЫХОД ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

**О.П. Ковалева, О.В. Петруничев**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова*

*В статье представлены результаты исследования влияния факторов сульфатной варки древесины ели обыкновенной на выход целлюлозы, с целью оптимизации условий процесса делигнификации древесины и получения высококачественного волокнистого полуфабриката.*

## **THE INFLUENCE OF FACTORS OF SULFATE COOKING OF PLANTATION SPRUCE WOOD ON THE YIELD OF CELLULOSE**

**O.P. Kovaleva, O.V. Petrunichev**

*St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov,*

*The article presents the results of a study of the influence of factors of sulfate cooking of plantation spruce wood on the yield of cellulose, in order to optimize the conditions of the wood delignification process and obtain a high-quality fibrous semi-finished product.*

Плантационные насаждения предназначены для получения конкретной продукции с высокой добавленной стоимостью. Применение научных основ технологии плантационного лесовыращивания, разработанных в Лесотехнической академии в 80-х годах прошлого века [1, 2], на практике позволило получить насаждения ели достаточной зрелости. В лаборатории кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова были определены плотность и химический состав плантационной древесины ели, выращенной в Ленинградской области, и проведена оценка её пригодности для получения целлюлозы сульфатным способом [3].

В статье представлены результаты исследования влияния факторов сульфатной варки плантационной древесины ели на выход целлюлозы, с целью оптимизации условий процесса делигнификации древесины и получения качественного волокнистого полуфабриката.

Для проведения экспериментов использовали смесь древесной щепы, полученной из плантационной ели, представленной образцами деревьев №2, 4 и 6, в равном соотношении. Лабораторные варки плантационной древесины проводили в автоклавах ёмкостью 200 мл. График лаборатор-

ной варки: подъём температуры от 20°C до конечной в течение 2 часов; выдерживание на конечной температуре варки производили до достижения значения Н-фактора 1700, 2000, 2300. Режим лабораторной варки: гидромодуль 5; конечная температура варки – 162, 165 и 168 °С; концентрация активной щелочи в варочном растворе составляла 100 г/л в ед. Na<sub>2</sub>O; сульфидность белого щелока – 25, 30, 35%. Расход активной щелочи составлял 18, 19, 20 % в ед. Na<sub>2</sub>O.

Методика определения закономерностей предусматривает использование математических методов планирования эксперимента; для получения адекватных моделей процесса был выбран центральный композиционный план. Обработка полученных данных проводилась с использованием общепринятых методик и языка программирования для статистической обработки данных и работы с графикой «R». Для синтеза плана эксперимента применялась библиотека *rsm*. Факторы варки в кодированном виде: X<sub>1</sub> - конечная температура варки, °С, X<sub>2</sub> - сульфидность белого щелока, %, X<sub>3</sub> - расход активной щелочи, % в ед. Na<sub>2</sub>O, X<sub>4</sub> - Н-фактор.

Полное уравнение регрессии:

$$41,8 + 0,47 X_1 + 4,14 X_2 - 3,80 X_3 - 5,4 X_4 - 1,56 X_1 \times X_2 + 2,11 X_1 \times X_3 - 1,91 X_1 \times X_4 + 0,48 X_2 \times X_3 - 2,83 X_2 \times X_4 - 0,72 X_3 \times X_4 + 6,63 X_1^2 + 6,25 X_2^2 + 0,36 X_3^2 + 5,38 X_4^2$$

После анализа значимости критериев уравнения по Р(п)-уровню и при R<sup>2</sup> = 0.65, получили уравнение регрессии:

$$41,8 + 4,14 X_2 - 5,4 X_4 + 6,63 X_1^2 + 6,25 X_2^2$$

В результате обработки экспериментальных данных получены диаграммы поверхностей отклика, которые представлены на рис. 1-3. Диаграммы показывают зависимость общего выхода целлюлозы (Y, %), включая содержание непровара, от взаимного влияния различных факторов сульфатной варки. На осях диаграммы введено условное обозначение факторов варки: Т - температура, °С; S - сульфидность белого щелока, %; Н - Н-фактор; С - расход активной щелочи, % в ед. Na<sub>2</sub>O.

Как видно из рис. 1а при увеличении сульфидности белого щелока с 25 до 35 % отмечено повышение выхода целлюлозы за счет увеличения содержания непровара в ней, что объясняется тем, что в нефенольных структурах лигнина реакция деструкции связи β-O-4 идет под действием гидроксид-аниона OH<sup>-</sup>, которого в варочном растворе недостаточно для полного разрушения связей. Повышение конечной температуры сульфатной варки от 165 до 168 °С способствует ускорению процесса делигнификации древесины, что приводит к повышению выхода целлюлозы при

снижении содержания непровара. Однако, при температуре 162 °С (рис. 1,б) в полученной целлюлозе увеличивалось содержание непровара за счет недостаточной продолжительности сульфатной варки. При температуре 165 °С и любом расходе активной щелочи получена целлюлоза нормально-го выхода с низким содержанием непровара.

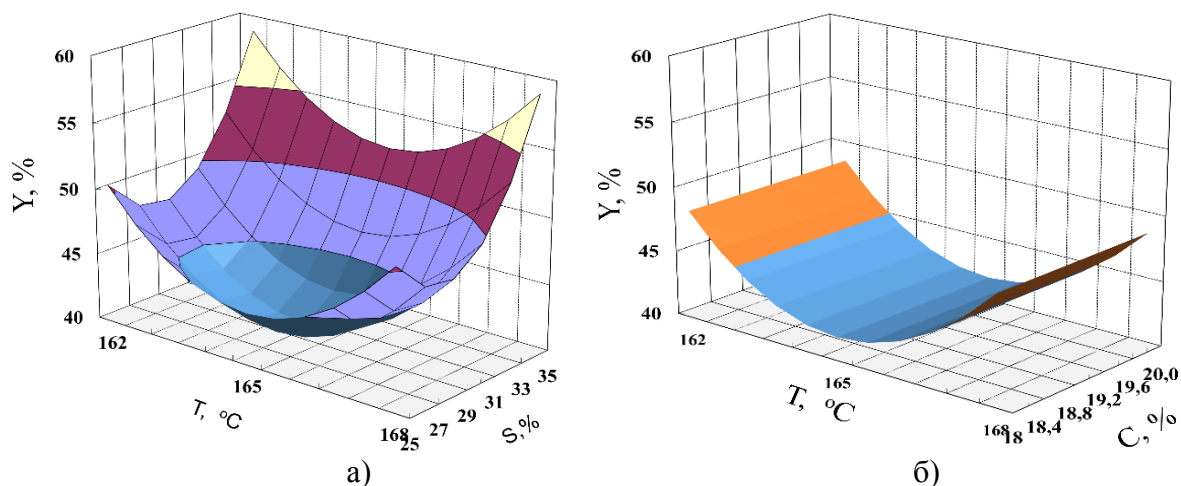


Рис. 1. Зависимость общего выхода целлюлозы от температуры варки и: а) сульфидности белого щелока, %; б) расхода активной щелочи, % в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$

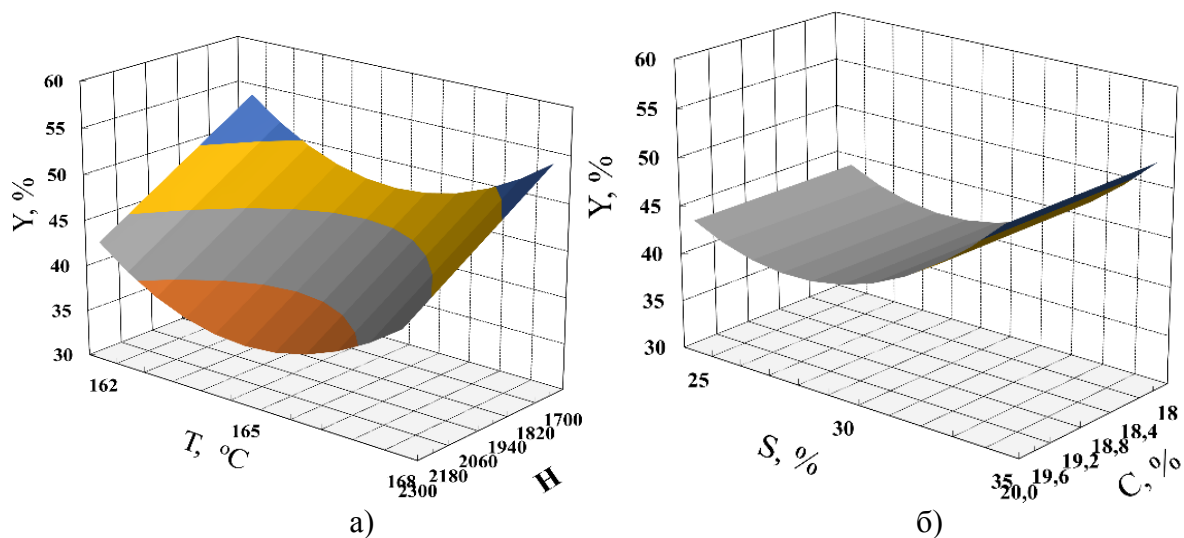


Рис. 2. Зависимость общего выхода целлюлозы а) от температуры варки и Н-фактора; б) от сульфидности белого щелока и расхода активной щелочи, % в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$

Из рис. 2а видно, что взаимное влияние повышенного значения суммарного Н-фактора и конечной температуры варки приводит к снижению выхода целлюлозы, достигая минимума при Н-факторе 2300 и температуре 165 °С, что объясняется высокой избирательностью процесса делигнификации в мягких условиях при увеличенной продолжительности варки. Как



видно из рис. 2б повышение сульфидности щелока до 35% приводит к повышению выхода целлюлозы вследствие увеличения содержания непровара в ней. В то же время уменьшение сульфидности белого щелока несколько снижает выход целлюлозы и содержание непровара.

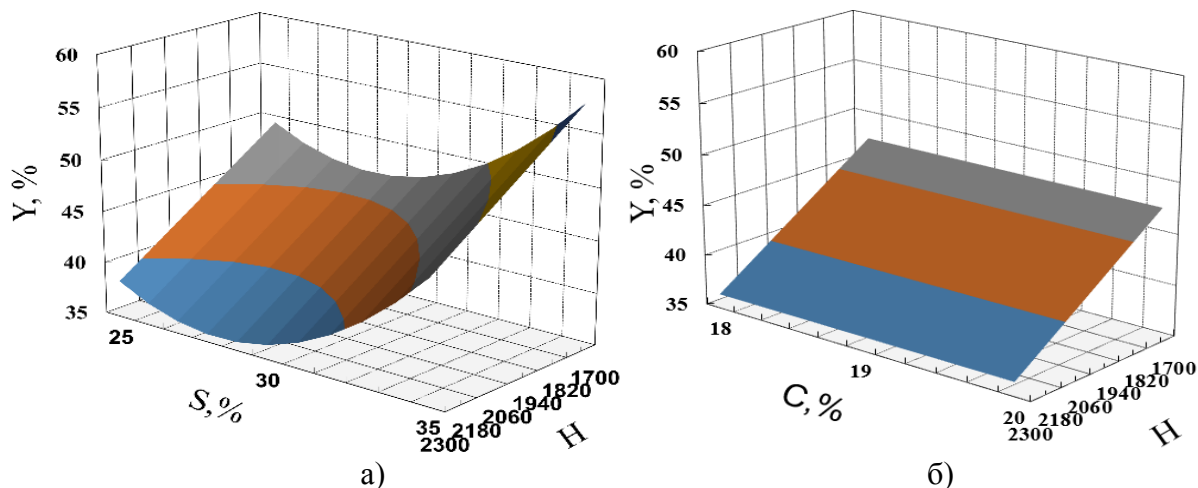


Рис. 3. Зависимость общего выхода целлюлозы от значения Н-фактора: а) и сульфидности белого щелока; б) и расхода активной щелочи, % в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$

Из рис. 3а видно, что взаимное влияние повышенного значения Н-фактора и снижение сульфидности белого щелока приводит к уменьшению выхода целлюлозы. Следует отметить, что при значении Н-фактора 1700 и сульфидности белого щелока 35% наблюдался наибольший выход целлюлозы при высоком содержании непровара. Однако на рис. 3б, как и на рис. 2б, можно заметить, что расход активной щелочи на варку незначительно влияет на выход целлюлозы и содержание непровара, а наибольшее воздействие оказывает величина Н-фактора.

Таким образом, наибольшее влияние на выход плантационной еловой целлюлозы и содержание непровара в ней оказывает температура сульфатной варки и сульфидность белого щелока. Значение Н-фактора оказывает наиболее сильное воздействие на выход отсортированной целлюлозы, несмотря на изменение других условий сульфатной варки. В исследуемых условиях сульфатной варки температура 165 °С оказалась оптимальной по влиянию на выход отсортированной целлюлозы из плантационной древесины ели.

### Список литературы

1. Данилов Д.А., Степаненко С.М. Строение и плотность древесины ели и сосны в плантационных культурах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 204. С. 35–46.

2. Жигунов А.В. Приоритетные направления лесного селекционного семеноводства и плантационного лесовыращивания на Северо-Западе России. Лесохозяйственная информация // Сборник научно-технической информации по лесному хозяйству. 2008. № 3–4.

3. Ковалева О.П., Петруничев О.В., Мочалова Н.А. Исследование физико-химических свойств плантационной древесины ели // Материалы VII Всероссийской научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» 25-27 мая 2022 г. / Под. ред. А.А. Добровольского. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2022. – С. 186-188.

## **ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ЛПК РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В СУЩЕСТВУЮЩИХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**А.М. Кряжев**

*ООО «Техсервис», г. Новодвинск, Россия*

*Отмечается желание государства развивать производственные мощности ЦБП России на основе наилучших доступных технологий для повышения ресурсоэффективности производства и снижения уровня загрязнений окружающей среды. Обсуждаются вопросы обеспечения технологического суверенитета России в области ЦБП и роль государства в достижении поставленной цели. Рассматривается принципиальная возможность перехода к экологически безопасным природоподобным технологиям в ЦБП.*

## **ISSUES OF DEVELOPMENT OF THE RUSSIA FOREST INDUSTRY COMPLEX AND SOLUTION OF THEM IN THE CURRENT GEOPOLITICAL CONDITIONS**

**A.M. Kryazhev**

*LCC «Techservice», Novodvinsk, Russia*

*The state's motivation to develop the production capacities of the pulp-and-paper industry on the basis of the best available technologies to increase the resource efficiency of production and reduce environmental pollution is noted. The issues of ensuring Russia's technological sovereignty in the field of pulp-and-paper industry and the role of the state in achieving this goal are discussed. The possibility in principle of transition to environmentally compatible nature-like technologies in pulp-and-paper industry is being considered.*

Целлюлозно-бумажная промышленность - неотъемлемая часть ЛПК России, осуществляющего как ведение лесного хозяйства, так и промышленное производство на основе древесного сырья. В настоящее время крупные предприятия ЦБП, помимо выпуска около 85% волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона в стране, осуществляют также лесозаготовку, лесовосстановление и механическую обработку древесины, поэтому вопросы экологии производства, экономики замкнутого цикла, климатическая повестка должны рассматриваться для предприятий ЦБП в рамках деятельности всего ЛПК. Это позволит также оценить влияние технологических мероприятий в ЦБП на природоохранную деятельность Комплекса. Например, только сокращение технологических потерь волокна в производстве сульфатной целлюлозы на 2 %, которой производится порядка 6 млн т в год, сократит суммарную площадь вырубки лесов на 30 км<sup>2</sup> в год или в квадрате 5,4 км x 5,4 км!

Лес – это не только древесное сырьё, но и огромный резервуар углерода, кислорода, незаменимый источник питания животных, созданный биосферой, и хозяйственная деятельность человека должна оставлять лес живым, а не в виде огромных площадей оставшихся пней. Поэтому защита леса начинается на законодательном уровне. В Лесном кодексе РФ (с изменениями на 4 августа 2023 года), Статья 5 «Понятие леса» гласит: «Использование, охрана, защита, воспроизводство лесов осуществляются исходя из понятия о лесе как об экологической системе или как о природном ресурсе». Данная Статья определяет лес или как *природный* ресурс, а с точки зрения науки, лес – ландшафт особого типа, в котором допустима хозяйственная деятельность, но забирать можно не больше естественного прироста, что возможно только при неистощительном лесопользовании. Именно ландшафтом лес должен быть и с точки зрения закона, о чем писал еще в 2007 году Игорь Васильевич Шутов д.с.н., профессор, член-корреспондент РАН и РАСХН, но и в правках 2023 года положение о «природном ресурсе» оставлено без изменения, следовательно, и отношение к лесу на законодательном уровне не изменилось.

Необходимо обратить внимание на ведение лесного хозяйства, в частности на заброшенных землях нужно использовать плантационное выращивание быстрорастущих древесных пород. Площадь таких земель в нашей стране составляет около 80 млн га – это 4,5 % территории всей страны [1], что позволит сохранить зеленую кладовую Страны для потомков, обеспечить новые рабочие места, но вопрос медленно решается на законодательном уровне.

Для экономики замкнутого цикла важно напомнить, что в биомассе дерева помимо древесного ствола существуют: ветви сучья, пни, кора и древесная зелень. Поэтому до 1990-х годов помимо механической и химической переработки древесного ствола на лесохимических производствах осуществлялась переработка древесной зелени и других порубочных остатков. По разным оценкам только продукция из древесной зелени (биологически активные вещества) для сельского хозяйства, парфюмерной, медицинской, пищевой отраслей промышленности составляет 10 млрд долл. США, а суммарный вклад лесохимического производства в 15 млрд долл. США. Остановка их деятельности – одна из причин низкого вклада ЛПК в ВВП страны, который в 2022 году принёс в экономику РФ порядка триллиона рублей, что составляет всего 0,8% ВВП [2]. Причины закрытия этих производств и то, что нужно сделать для их возрождения, рассмотрено в книге [1]. Можно отметить, что экономически доступные запасы древес-

ной зелени в России составляют ~30 млн т в год, из которых хвоя – более дешевый источник каротина, чем сено, морковь, рыбий жир, травяная мука.

В настоящее время развитие производственных мощностей ЦБП сформулированы в «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года (утверждена Правительством Российской Федерации (№312-р) 11 февраля 2021)». В "Справочнике по наилучшим доступным технологиям ИТС 1-2022 "Целлюлозно-бумажное производство" – представлена основа технологического оснащения производств для регулирования производственной и природоохранной деятельности с целью повышения конкурентоспособности отечественной промышленности.

В соответствии с каноническим определением «Наилучшая доступная технология (НДТ) - это технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов». Такое определение требует пояснения, а в чем заключаются последние достижения науки и техники? Они заключаются в том, что НДТ обеспечивают больший выход продукции из единицы сырья и высокого качества при наименьших удельных расходах материальных и энергетических ресурсов и наименьших технологических потерях производства, включая сбросы, выбросы загрязнений в окружающую среду и меньший вывоз твердых отходов на полигон. Из этого следует важный вывод: НДТ обеспечивают наименьшее воздействие на природу при существующем передовом уровне развития технологии, но не являются экологически безопасными.

Векторы развития Отрасли обозначены в указанных выше документах, однако инструменты для осуществления этого развития, в силу известных геополитических причин, в настоящее время перестали быть доступными. Кроме того, внешними причинами обусловлен и финансовый кризис ЛПК, преодоление которого позволит возобновить техническое и технологическое развитие. В настоящее время внешнее давление санкций на экономику России аналогично ситуации в стране в 1929 году [3, 4]. Показано [3], что переход с модели восстановления экономики в 1929 году на модель опережения позволило стране выстоять в экономической блокаде, победить в Великой Отечественной войне, быстро восстановить разрушенное войной хозяйство. Одним из инструментов этой экономической модели опережения для государства стали межотраслевые балансы планирования производства («затраты-выпуск»), которые появились в России

в 1923-1924 годах, а в 1973 г Нобелевская премия по экономике была вручена Василию Васильевичу Леонтьеву за разработку теории межотраслевого баланса.

Следовательно, у нас в стране есть опыт, который необходимо использовать сейчас для купирования внешних воздействий. Для достижения технологического суверенитета ЦБП России необходимо заново создать, разрушенную в 1990-е годы, собственную отраслевую инфраструктуру, в широком понимании этого слова, включающую научно-техническое, инженерное и проектное обеспечение, производство отечественных химических реагентов, включая тонкую химию, одежду машин (сетки, сукна) пило-ножевую продукцию, производство запчастей, и основного технологического оборудования.

Без управляющей роли государства эти проблемы не решить. В качестве примера создания отраслевой инфраструктуры можно отметить запущенное в 2023 году в России производство пероксида водорода в Чувашии. Также можно отметить строительство корпорацией «Росатом» в 2024 году предприятия по производству хлората натрия. Однако, это только несколько «пазлов» из огромной картины потребностей ЦБП, поэтому необходимо все вопросы, связанные со строительством своей технологической базы, решать на основе консолидации того, что у нас в Стране есть, а именно, вернуться к практике государственного планирования на основе межотраслевых балансов. В общем виде это позволит определить потребности каждой отрасли и возможность их удовлетворения внутренним производством. а в остатке то, что на данном этапе требуется импортировать. Последнее важно отечественным производителям с точки зрения планирования дальнейшего развития своего производства. Разработку межотраслевых балансов должен осуществить Минпромторг, но для этого в своем составе он должен иметь представителей из конкретных отраслей промышленности и подбирать кадры в отрасли на уровне главных инженеров, главных технологов крупных предприятий, которые успешно отработали в должности не менее 5 лет. Таким образом, будет оперативно и технически грамотно создана «дорожная карта» развития ЦБП и других отраслей промышленности России [5].

Как отмечено выше, НДТ являются технологиями, которые оказывают минимальное воздействие на природу на существующем передовом уровне развития производственных процессов и не являются экологически безопасными, как например, процессы, протекающие в листе - фотосинтезирующем органе высших растений. В листьях протекает уникальная ре-

акция синтеза углеводов из диоксида углерода и воды под влиянием солнечного света, катализируемая хлорофиллом. В результате из неорганических соединений образуются различные моносахариды (например, глюкоза), дисахариды и полисахариды. Побочный продукт реакции – кислород. Фотосинтез - прекрасный пример организации природой безотходного или экологически безопасного производства. Производительность этого уникального мирового производства огромна. Так если общее количество биомассы на Земном шаре составляет более 1,8 трлн. тонн (1800 млрд. тонн), то её ежегодный прирост оценивают в 190 млрд. тонн, из которых на древесину приходится 40 млрд. тонн.

2 ноября 2023 года подписан Указ Президента РФ В.В. Путина под №818 «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации». Этим Указом положено начало смены технологической парадигмы, в том числе и в использовании лесосырьевой базы. Скопировать у природы фотосинтез в промышленном масштабе в ближайшей перспективе ученым вряд ли получится, но найти применение некоторым природным явлениям вполне вероятно. В частности, цианобактерии – одноклеточные, нитчатые и колониальные микроорганизмы. Средний размер клеток 2 мкм. Цианобактерии наиболее близки к древнейшим микроорганизмам, обнаруженным на Земле (3,5 млрд. лет). Возможно, они позволят заменить древесину для получения волокон, поскольку имеют генетическую способность синтезировать целлюлозу. Цианобактерии после генетической модификации в будущем могут быть «заняты» на производстве целлюлозных волокон для получения бумаги и других, получаемых сегодня из дерева материалов, а следовательно, сократится объём вырубki лесов. Исследователи университета штата Техас стали первыми, кому удалось получить убедительные доказательства в пользу этой версии [1].

Лес – источник сырья для производства разнообразных видов продукции. С развитием электронных средств хранения и передачи информации и с сокращением запасов минерального топлива номенклатура требуемых продуктов ЛПК будет постоянно меняться, но возобновляемая сырьевая база останется *неисчерпаемым* источником Человечества для производства более совершенных и принципиально новых видов продукции при безусловном сохранении лесного биоценоза.

Для сохранения лесной кладовой потребуются новые доступные технологии, в том числе на основе природоподобных экологически безопасных технологий, которые обязательно появятся в будущем Справочнике ИТС 1 -20...года!

### Список литературы

1. Кряжев А.М. Наилучшие доступные технологии- основа развития целлюлозно-бумажной промышленности и лесопромышленного комплекса России в XXI веке. Санкт-Петербург, 2020, 90С.
2. Интернет-журнал «Лесной комплекс». Статья «В 2022 году ЛПК принес в экономику РФ порядка триллиона рублей». Режим доступа: <https://forestcomplex.ru/finasy-2/v-2022-godu-lpk-prinjos-v-ekonomiku-rf-poryadka-trilliona-rublej/>
3. Галушка А.С., Ниязметов А.К., Окулов М.О. Кристалл роста к русскому экономическому чуду, М., 2021.360с.
4. Кряжева Е.А. Экономическая модель управления и развитие промышленного потенциала (исторические параллели: год 1929-й и 2022-й)// Совершенствование технологических процессов и новые виды продукции ЦБП. Аналитические обзоры литературной информации-2022 год. Научно-техническое электронное издание.- Архангельск,2023. с.18-21
5. Кряжев А.М. Государству необходимо перейти на разработку межотраслевых балансов/ интервью UprackUnion 15 ноября 2023 года на выставке Pulp For.



## ФУНКЦИИ ОПАДА В СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ БАЛАНСА УГЛЕРОДА ПРИ СПЛОШНОЙ РУБКЕ

**П.И. Ленивцев, А.Б. Дягилева**

*Санкт-Петербургский университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург, Россия*

*Показана роль опада в экосистемах, где процессы роста, развития растений и последующего накопления органической массы почвы определяется этой частью биомассы древесины. Консервация, трансформация и биоразложение растительного опада определяют специфические процессы биогеохимических циклов в лесных биогеоценозах. Сплошные рубки ведут к снижению устойчивости ландшафта, деградации почвенного слоя и потери в нем углерода.*

## FUNCTIONS OF LEAF LITTER IN THE CARBON BALANCE CONTROL SYSTEM FOR CLEAR CUTTINGS

**P.I. Lenivtsev, A.B. Dyagileva**

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg, Russia*

*The role of litter in ecosystems is shown, where the processes of growth, plant development and subsequent accumulation of organic soil mass are determined by this part of the wood biomass. Conservation, transformation and decomposition of plant litter determine the specific processes of biogeochemical cycles in forest biogeocenoses. Clear cuttings lead to a decrease in the stability of the landscape, degradation of the soil layer and loss of carbon in it.*

Опад древесных растений в лесных экосистемах является регулятором биохимических процессов в почве и обеспечивает генетические процессы консервации органических веществ, что обуславливает последующую взаимосвязь между растениями и почвой. При взаимодействии растительности и почвы происходит перераспределение макро- и микроэлементов из почвенных горизонтов в надземные части растений, а затем возвращение их в почву в виде самоорганизованной структуры растительного опада – лесной подстилки. Подстилка, которая формируется из неразложившегося опада, поддерживает микроклимат, благоприятный для биоты, выступая средой ее обитания. Количественные и качественные характеристики древесного опада определяют специфические особенности накопления углерода и циклы элементов в лесных массивах. Данные о поступлении и разложении растительного опада используются для формирования моделей оценки участия опада в биологическом круговороте, связи с атмосферным CO<sub>2</sub>, что особенно актуально в связи с принятой климати-

ческой доктриной РФ [1]. Результаты содержания различных элементов в опаде с учетом его физико-химических свойств позволяют оценить различные процессы, связанные с их поступлением в почву. Содержание углерода, азота и минеральных веществ в подстилке изменяется в зависимости от фракционного состава и степени ее разложенности. Подстилки содержат меньше углерода, чем свежий растительный опад. Часть его теряется при выщелачивании водно-растворимых углеводов, часть выделяется в форме  $\text{CO}_2$  при разложении органических остатков.

На рис. 1 в качестве примера приведено место отбора проб опада с фиксацией специфической особенностью формирования пула углерода на участке организации мелиоративной системы одного из лесных массивов Северо-Западного региона.



Рис. 1. Пулы формирования углерода в лесной экосистеме в зоне мелиоративной системы

В общем случае в лесной экосистеме выделяют 4 пула углерода:

1. Фитомасса (масса живых растений);
2. Мёртвая древесина;
3. Подстилка (опавшие листья, ветки);
4. Органическое вещество почвы.

Лесная подстилка состоит из сухих листьев, хвои, мелких веток и др. Органические вещества почвы разлагается с выделением углекислого газа в атмосферу. Выделение  $\text{CO}_2$  в основном связано с минерализацией свежего опада и подстилки. В тропических экосистемах самые высокие интенсивности выделения  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы. Низкие значения почвенного дыхания (менее  $100 \text{ мг CO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ) характеризуют болотные и пустынь-

ные экосистемы. В растительных сообществах средних широт отмечены значительные вариации интенсивности почвенного дыхания – от 100 до 9500 мг CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup>·ч). От 70 до 80 % поступившего в почву опада минерализуется в течение года. Оставшиеся 20 - 30 % опада подвергаются деструкции в последующие годы (за 5 лет в большинстве сообществ минерализуется более 80 % растительного материала) и частично гумифицируются. С количеством опада и скоростью его разложения, прежде всего, связано накопление подстилки. Почва – это большой накопитель углерода. Она может или аккумулировать, или выделять углерод в зависимости от того, насколько быстро разлагаются богатые углеродом материалы в почве. Секвестрация углерода – это долгосрочное его хранение в природных поглотителях – растениях, почве, геологических образованиях и океане. Секвестрацию углерода схематично можно представить следующим образом (рис. 2).



Рис. 2. Секвестрация углерода в почве

Почвы участвуют в круговороте парниковых газов, исполняя роль в их эмиссии в атмосферу и сток из атмосферы. Поглощение CO<sub>2</sub> лесами зависит от соотношения накопления углерода различными пулами (фитомасса, мертвая древесина, подстилка и почва) и потерь углерода в результате негативных изменений (сплошные рубки, верховые пожары). Большое влияние на цикл углерода в лесах оказывает хозяйственная деятельность человека, особенно промышленные рубки, изменяя величину и знак углеродного баланса экосистемы. Сплошные рубки ведут к потерям почвенного углерода за счет снижения его массы в лесной подстилке и верхних минеральных горизонтах и изменением потоков диоксида углерода с поверх-

ности почвы. Нарушение лесного покрова в результате сплошных рубок приводит к изменению естественных для лесных экосистем биогеохимических процессов, определяющих основные потоки парниковых газов, прежде всего  $\text{CO}_2$ , между экосистемами и атмосферой. Изменения в газообмене  $\text{CO}_2$  из-за сплошных рубок значительно варьируют в зависимости от местных природных и климатических условий. После сплошной вырубki особенно сильные изменения претерпевает верхний горизонт почв – лесная подстилка. Стабильные органические соединения (гемицеллюлоза, целлюлоза) в почве превалирует над легкоразлагаемыми. И только спустя несколько лет трудноразлагаемые компоненты опада (ветошь, сучья, отпад), утрачивают свое анатомическое строение и могут более активно использоваться микробиотой, вовлекаясь в круговорот веществ. Нарушение равновесия между компонентами лесных экосистем, вызванного проведением сплошных рубок, является причиной дисбаланса между образованием почвенного органического вещества в результате разложения растительного опада и его минерализацией до неорганических соединений, доступных растениям [2].

Лесные подстилки в значительной степени отражают современный тип биогеоценоза. В отличие от минеральных горизонтов, сроки их возможного изменения под влиянием антропогенных факторов существенно короче. В ходе рубки леса и последующего лесовозобновления происходит существенное изменение качественного и количественного состава растительного опада, поступающего на поверхность почв. Сплошная рубка, как известно [3], снижает микробную и грибную биомассу на 14 - 33 % и 20 – 40 % соответственно и запас почвенного углерода также снижается до 10 %, причем наибольшие потери следует ожидать лесной подстилке. При этом запасы почвенного углерода в лесной подстилке рис 2 (растительный опад) и минеральная почва (горизонт вымывания) начинают восстанавливаться через 10 - 50 лет после рубки. Анализ лесов умеренного пояса показал, что лесозаготовки снижают запас углерода в почве в среднем на 8 %: запасы углерода в лесной подстилке снижаются на 30 %. Потери углерода в лесной подстилке выше в лиственных лесах (-36 %), чем в хвойных или смешанных (-20 %).

После сплошных рубок значительная часть потерь углерода в экосистеме связана со сдвигами в динамике почвенного дыхания, которое обусловлено уменьшением запасов органического вещества почвы, изменением количественного и качественного состава растительного опада и разложением мертвых корней. Сплошная рубка [4] оказала существенное влия-

ние на почвенное дыхание среднетаежного сосняка, которое проявилось как в снижении скорости потока  $\text{CO}_2$  в отдельные месяцы (в 1,1 - 1,7 раза), так и выносе углерода с поверхности почвы (в 1,5 - 1,7 раз) на участках в течение бесснежного периода. Исследователями отмечается, что на севере бореальной зоны снижение дыхания почвы на пасечных участках после рубки сосняка связано с прекращением дыхания корней деревьев и жизнедеятельность микробных комплексов, находящихся с ними в симбиозе. При определении баланса углерода на вырубках рекомендовано учитывать оценку дыхания почв в отдельных ее технологических элементах и процессах (основные участки, зоны волока, транспортные магистрали, бытовые поселки лесозаготовителей).

Исследования, проведенные в умеренно-континентальной зоне [5], показали, что на хорошо дренированных почвах эмиссия  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы на вырубке существенно превышает эмиссию  $\text{CO}_2$  с контрольных участков почвы внутри леса. Авторы это связывают с более высокими значениями температуры воздуха и почвы, а также с более высоким влагосодержанием верхнего почвенного горизонта на вырубке. Наиболее высокие значения эмиссии  $\text{CO}_2$  отмечены на участках с накопившимися на поверхности древесным опадом и мелкими порубочными остатками. Это обусловлено процессами разложения и минерализации мертвых корней, накопившегося древесного опада и отходов лесозаготовки на вырубке. В этом случае на участке с нарушенным гумусовым почвенным слоем эмиссия  $\text{CO}_2$  была ниже не только на неповрежденных почвенных участках на вырубке, но также и на лесных контрольных участках. Эти процессы будут отличаться на других типах вырубков и древостоев, что приведет к абсолютно иному воздействию на временную и пространственную изменчивость эмиссии  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы, что требует изучения и контроля.

Таким образом, установлено, что изменение углеродного баланса экосистемы, зависит от многих факторов: природно-климатических, типа почв и состава древостоя, гидрологический режим питания, уровень грунтовых вод, который определяет количество и качество опада, нарушения почвенного покрова на конкретной территории. В связи с этим для разработки комплексных мероприятий по восстановлению и обслуживанию территории требуются дополнительные исследования по свойствам опада, как регулятора биогеохимических процессов в экосистемах, подверженных технологическому прессингу со стороны лесобрабатывающих предприятий.

### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2023 № 812 "Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации" [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310260009?ysclid=lu9jrd1jww269667951> (дата обращения 27.02.2024)
2. Долгая В. А. Свойство лесных подстилок на ранних этапах естественного лесовозобновления после сплошных рубок в средней тайге Карелии / В. А. Долгая, О. Н. Бахмет // Лесоведение. 2021. №1. С. 65 – 77
3. Тебенькова Д. Н., Гичан Д.В., Гагарин Ю.Н. Влияние лесоводственных мероприятий на почвенный углерод: обзор // Вопросы лесной науки. 2022. № 4. 37 с.
4. Осипов А. Ф. Влияние сплошной рубки на дыхание почвы среднетаежного сосняка черничного Республики Коми // Лесоведение. 2022. № 4. С. 395-406.
5. Молчанов А. Г., Курбатова Ю.А., Ольчев А.В. Влияние сплошной вырубки леса на эмиссию CO<sub>2</sub> с поверхности почвы // Известия РАН Серия биологическая. 2017. № 2. С. 190 – 196.

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**Ю.Л. Морева, Е.Ю. Демьянцева, Е.И. Симонова, В.К. Дубовый**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия*

*В работе проведены исследования перспективных способов извлечения соляной кислоты и органических веществ из сточных вод производства микрокристаллической целлюлозы. Адсорбция на угле БАУ-А позволяет извлекать от 40 до 90 % органических веществ. Методом электродиализа можно выделить соляную кислоту с эффективностью 50-95 %.*

## RESOURCE-SAVING SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF MICROCRYSTALLINE CELLULOSE

**Y.L. Moreva, E.Y. Demyantseva, E.I. Simonova, V.K. Dubovy**

*St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design, St. Petersburg, Russia*

*The work carried out studies of promising methods for extracting hydrochloric acid and organic substances from wastewater from the production of microcrystalline cellulose. Adsorption on BAU-A coal makes it possible to extract from 40 to 90% of organic substances. Using electro dialysis, hydrochloric acid can be isolated with an efficiency of 50-95 %.*

Одним из наиболее распространённых продуктов глубокой переработки волокнистых целлюлозосодержащих полуфабрикатов являются микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ). По сравнению со всеми известными целлюлозными материалами МКЦ имеет максимальную степень кристалличности и плотность, обладая при этом высокой удельной поверхностью и уникальной способностью образовывать устойчивые тиксотропные гидрогели. Около 70 % МКЦ используют в пищевой и фармацевтической промышленности. Микрокристаллическая целлюлоза обладает структурой и свойствами, отличающими ее от традиционных волокнистых и порошковых целлюлоз, что позволяет ее использовать в областях, не характерных для традиционных целлюлозных волокон [1].

Микрокристаллическую целлюлозу традиционно производят из хлопка и сульфатной целлюлозы для химической переработки с высоким содержанием альфа-целлюлозы и низким содержанием лигнина и гемицеллюлоз. Ее получают методом мягкого кислотного гидролиза нативной целлюлозы до «предельной» степени полимеризации [2].

На сегодняшний день, несмотря на большое число работ, посвященных получению МКЦ, актуальным остается вопрос модернизации суще-

ствующих технологий и переход на принципы циркулярной экономики, основанной на сокращении потребления первичного сырья, снижении количества отходов за счет их перевода о вторичное сырье.

Целью работы является исследование ресурсосберегающих решений при получении МКЦ. Объектом исследования были сточные воды (гидролизат и промывные воды) после получения МКЦ из сульфатной беленной целлюлозы гидролизом 8 % соляной кислотой. Результаты исследования состава отработанных растворов по стандартным методикам анализа сточных вод приведены в таблице 1.

Таблица 1. Состав органических и минеральных веществ отработанных растворов после гидролитической деструкции целлюлозы

Наименование показателя	3 часа гидролиза
рН	0,10
Содержание органических веществ, г/л	36,25
Содержание сухих веществ, %	11,50
Состав сухих веществ, %: органических	99,50
минеральных	0,50
Редуцирующие вещества*, % а.с.в.целл.	6,39
Фурфурол** % в 100 г. целлюлозы	1,81
% а.с.в.целл.	0,02
Свободная кислотность Ксв, моль/дм <sup>3</sup>	2,80
Перманганатная окисляемость, гО/дм <sup>3</sup>	6,10
Взвешенные вещества, мг/л	2,14

\* - определение содержания фурфурола бромид-броматным методом [3];

\*\* - определение массовой доли редуцирующих веществ в гидролизатах по методу Макэна и Шоорля [3];

Как видно из приведенных данных (табл. 1.), отработанные растворы содержат в основном соляную кислоту и растворенные органические вещества. Традиционные решения по обращению с данными сточными водами является их нейтрализация и сбор на сооружения биологической очистки сточных вод. При этом происходит эмиссия солей соляной кислоты в окружающую среду, так как соли (хлориды щелоч-



ных/щелочноземельных металлов) не удаляются на сооружениях биологической очистки воды, и образование дополнительного количества осадка, избыточного ила.

В работе были проведены физико-химические исследования по извлечению соляной кислоты и органических веществ с целью возврата в основное производство или получения вторичного сырья (продуктов переработки полисахаридов, редуцирующих веществ).

Адсорбция. Адсорбция позволяет удалить из воды в основном органические вещества с последующей утилизацией уловленных компонентов. Исследования проводили на активированном угле БАУ-А в статических (рис. 1.) и динамических условиях (рис. 2).

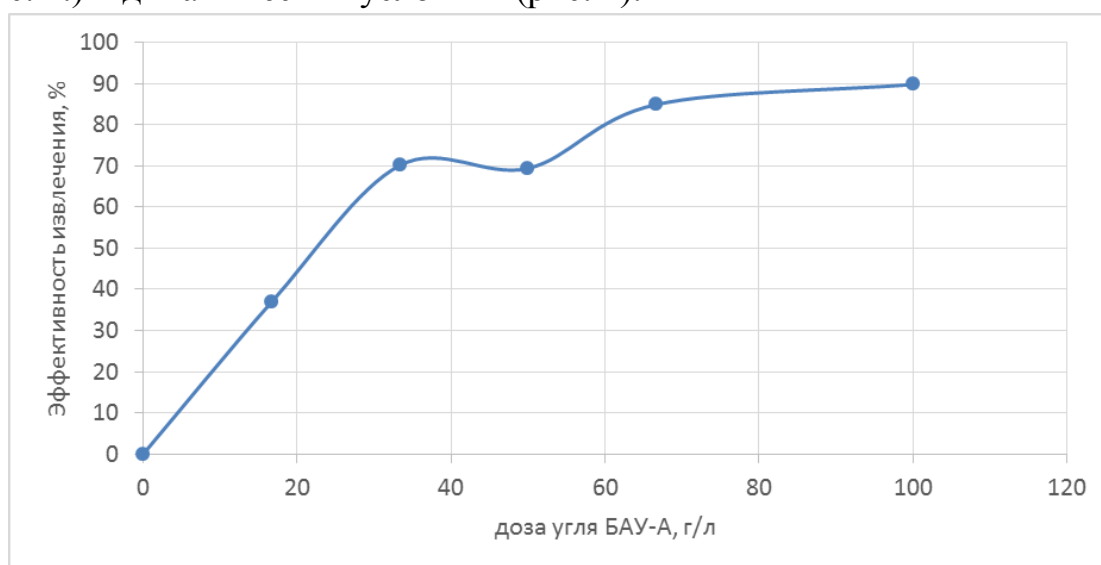


Рис. 1. Зависимость эффективности извлечения органических веществ из отработанного гидролизата от дозы угля БАУ-А

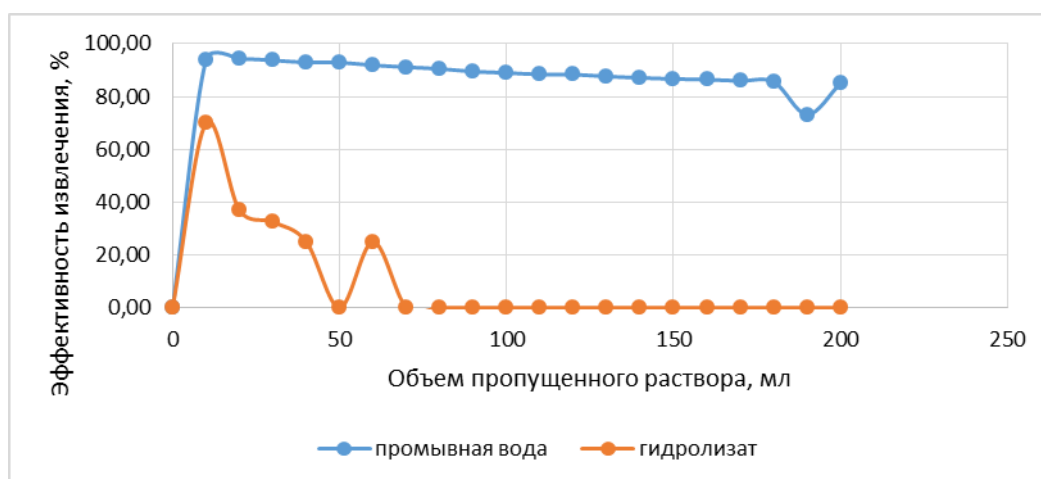


Рис. 2. Зависимость эффективности извлечения органических веществ на угле БАУ-А от объема пропущенного раствора

Как видно из приведенных зависимостей (рис. 1), до 70 % органических веществ может быть извлечено и возвращено в производство для получения редуцирующих веществ при дозе угля 33 г/л и выше.

Адсорбционная очистка отработанного гидролизата при соотношении Т:Ж=1:10 показывает низкую эффективность и требует достаточно больших объемов угля, что является экономически не целесообразным. Адсорбцию в динамических условиях можно осуществлять для промывных вод и последующего их использования для приготовления свежего гидролизата. После адсорбции уголь можно либо реактивировать, либо регенерировать с получением органических веществ.

Электродиализ. Исследования по извлечению кислоты проводили на 2х поточном электродиализном аппарате с 20 парами чередующихся мембран производительностью 10 л/ч. В результате разделения была выделена соляная кислота с эффективностью 50-90 % в зависимости от времени обработки. Кислота может быть возвращена в производство МКЦ для приготовления варочного раствора, а остаток с органическими веществами отправлен на утилизацию или сброшен на сооружения биологической очистки воды.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Отработанные растворы получения МКЦ содержат в основном соляную кислоту и органические вещества;
2. Соляная кислота может быть извлечена из стоков с эффективностью 50-90 % методом электродиализа и возвращена в производство МКЦ;
3. Адсорбционный метод очистки может быть использован для улавливания органических веществ из сточных вод при экономической целесообразности извлечения и утилизации уловленных веществ.

#### Список литературы

1. Microcrystalline Cellulose (MCC) Market by Source Type and Application: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2018 – 2025 / Allied Market Research. Portland, October 2018. 212 pp.
2. Петропавловский Г.А., Котельникова Н.Е., Васильева В.В., Волкова В.А. О некоторых эффектах структуры целлюлозы // Cellulose Chem. Technol. 1971. V. 2, N5. Pp. 105–116.
3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: «Экология», 1991. 320 с.

## ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО- БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**К.А. Пристегина, Д.П. Еремин**

*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Московская область, Россия*

*Эколого-технологическая модернизация промышленности направлена на повышение ресурсной эффективности производства и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Более трети целлюлозно-бумажных предприятий реализуют программы повышения экологической эффективности, добиваясь соответствия требованиям наилучших доступных технологий.*

## ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL MODERNISATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY

**K.A. Pristegina, D.P. Eremin**

*Research Institute "Center for Environmental Industrial Policy", Mytishchi, Moscow region, Russia*

*Environmental and technological modernization of industry aims at increasing the resource efficiency and reducing the negative environmental impacts. More than a third of pulp and paper mills are implementing environmental performance enhancement programmes to meet requirements of Best Available Techniques.*

В рамках стратегии развития ресурсоэффективной, низкоуглеродной, социально и экологически ответственной экономики особое внимание уделяется эколого-технологической трансформации промышленности, которая становится актуальной задачей для ключевых отраслей производства, включая целлюлозно-бумажную промышленность (далее – ЦБП) [1].

Современная ЦБП занимает ведущее положение среди отраслей российской экономики. Она же представляет собой одну из энерго-, материало- и капиталоемких отраслей лесного комплекса, выпускающей продукцию глубокой химической переработки древесины (рис.1). Производство продукции ЦБП требует значительных затрат тепловой энергии, сопровождается эмиссиями загрязняющих веществ и парниковых газов.

К действенным методам сокращения выбросов парниковых газов относятся применение наилучших доступных технологий (далее – НДТ) и повышение ресурсной эффективности производства.

В Российской Федерации функционируют около 5900 объектов негативного воздействия на окружающую среду (далее – НВОС) I категории, которым следует до 1 января 2025 года получить комплексные экологиче-

ские разрешения (далее – КЭР), продемонстрировав (доказав) соответствие требованиям НДТ.

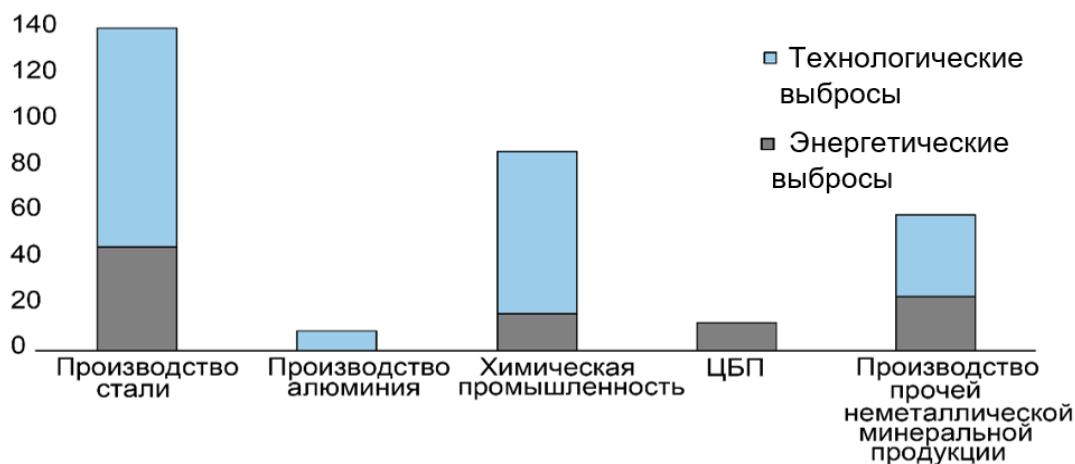


Рис. 1. Выбросы парниковых газов в промышленности, млн т CO<sub>2</sub>-экв. [2]

По состоянию на конец I квартала 2024 года из числа объектов ЦБП, относящихся к I категории, КЭР получили 9 объектов НВОС (то есть, 40 % предприятий отрасли). Это высокий показатель, так как в целом по стране КЭР выданы примерно 10 % объектов негативного воздействия.

Те объекты, которые на момент подачи заявок не соблюдают технологические нормативы или нормативы допустимых выбросов или сбросов загрязняющих веществ I-II классов опасности, обязаны разработать проекты программ повышения экологической эффективности (далее – ППЭЭ). ППЭЭ представляет собой инструмент эколого-технологической модернизации предприятия, в котором количественно определены цели, задачи и показатели такой модернизации и описаны технологические и технические решения, позволяющие достичь соответствия установленным требованиям. В последнее время рассматривается также возможность включения в проекты ППЭЭ затрат на оснащение предприятий системами автоматического контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ [3].

К концу первого квартала 2024 года в Российской Федерации одобрено 7 проектов ППЭЭ из числа объектов НВОС I категории, относящихся к ЦБП. То есть, в порядке перехода к НДТ более 1/3 предприятий отрасли запланировали и уже осуществляют программы эколого-технологической модернизации.

Таким образом, ЦБП демонстрирует отступление от традиционной экстенсивной модели, основанной на росте потребления природных ресурсов, к устойчивой интенсивной модели – развитию, где процветание биз-

неса не ведет к возрастанию негативного воздействия на окружающую среду. Лидеры отрасли (Архангельский и Сыктывкарский комбинаты) активно участвуют в проекте «Зеленые ситуационные исследования», а также в проекте Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, направленном на оценку возможностей ограничения выбросов парниковых газов путем повышения ресурсной эффективности производства.

Ведущие производители целлюлозно-бумажной продукции ежегодно делятся информацией о своих экологических и климатических инициативах, подчеркивая, что эколого-технологическая трансформация становится неотъемлемой частью их бизнеса: «Модернизация – это неизбежность для предприятий, так как декарбонизация позволяет трансформировать корпоративные риски в категорию возможностей» [4].

#### Список литературы

1. Гусева Т.В., Волосатова А.А., Тихонова И.О. Направления совершенствования таксономии зеленых проектов для устойчивого развития промышленности // Известия Самарского научного центра РАН. 2022. №5 (109). С. 28-35.
2. Разработка организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://misis.ru/science/dissertations/2024/3747/> (дата обращения 08.04.2024).
3. Tikhonova I., Guseva T., Molchanova Ya., Vartanyan M., Makarov N. Best Available Techniques, Emission Limit Values and Environmental Self-Monitoring Requirements: Challenges to Russian Industries // Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. 2018. Vol. 18. Is. 5.1. P. 121-128.
4. Шушпанова Д.В., Голуб О.В., Санжаровский А.Ю. Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов в целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. 2023. Т. XXXIV. № 3-4. С. 117-135.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ИЗМЕНЕНИЯ БИОМАССЫ И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ

Н.А. Самсонова<sup>1</sup>, С.С. Хвиюзов<sup>1</sup>, А.А. Красикова<sup>1</sup>, Н.В. Селиванова<sup>1</sup>,  
Д.В. Жильцов<sup>1</sup>, М.А. Гусакова<sup>1</sup>, К.Г. Боголицын<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, г. Архангельск

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

*В работе представлен анализ изменения биомассы наземных частей сеянцев сосны и содержания в них фенольных соединений, как маркер лигнификационных процессов. Предложено в качестве критерия готовности посадочного материала к выносу на площадку закаливания использовать соотношение: содержание фенольных соединений не менее 30 мг/г при массе наземной части сеянца 150 мг.*

## THE RELATIONSHIP BETWEEN CHANGING OF BIOMASS AND THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS OF PINE SEEDLINGS AT THE INITIAL STAGES OF DEVELOPMENT

N.A. Samsonova<sup>1</sup>, S.S. Khviyuzov<sup>1</sup>, A.A. Krasikova<sup>1</sup>, N.V. Selivanova<sup>1</sup>, M.A. Gusakova<sup>1</sup>,  
D.V. Zhiltsov<sup>1</sup>, K.G. Bogolitsyn<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>The Federal Research Center for the Integrated Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk

<sup>2</sup>The Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk

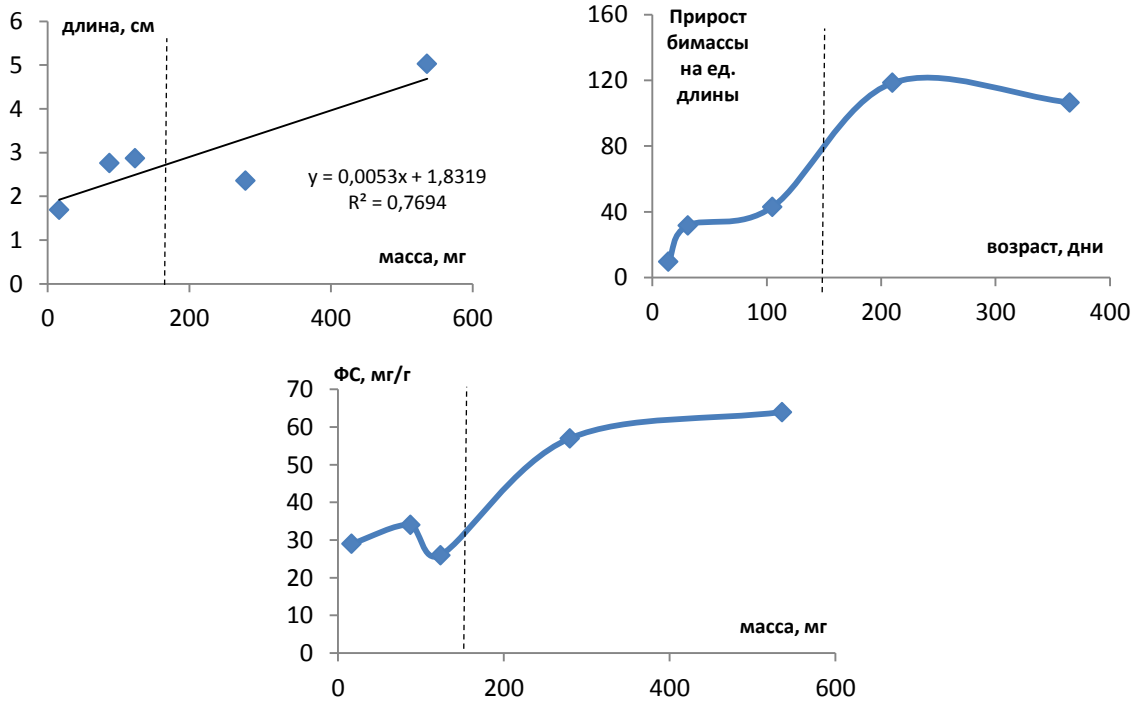
*An analysis of changing of the biomass of aboveground parts of pine seedlings from the content of phenolic compounds, as a marker of lignification processes was carried out in the paper. It is proposed to use the ratio as a criterion for the readiness of seedlings for transfer to the hardening site: the content of phenolic compounds is not less than 30 mg /g with a weight of the aboveground part of the seedling of 150 mg.*

Архангельская область является ведущим лесозаготовительным и лесопромышленным центром Европейского Севера страны. Вовлечение значительных объемов древесного сырья в лесохимическую переработку, определяет необходимость обеспечения непрерывного восстановления растительных ресурсов, среди которых, наибольшее значение имеют хвойные породы древесины. В условиях северной тайги наибольший положительный эффект в лесовосстановлении может быть достигнут за счет выращивания в тепличных комплексах посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК)[1].

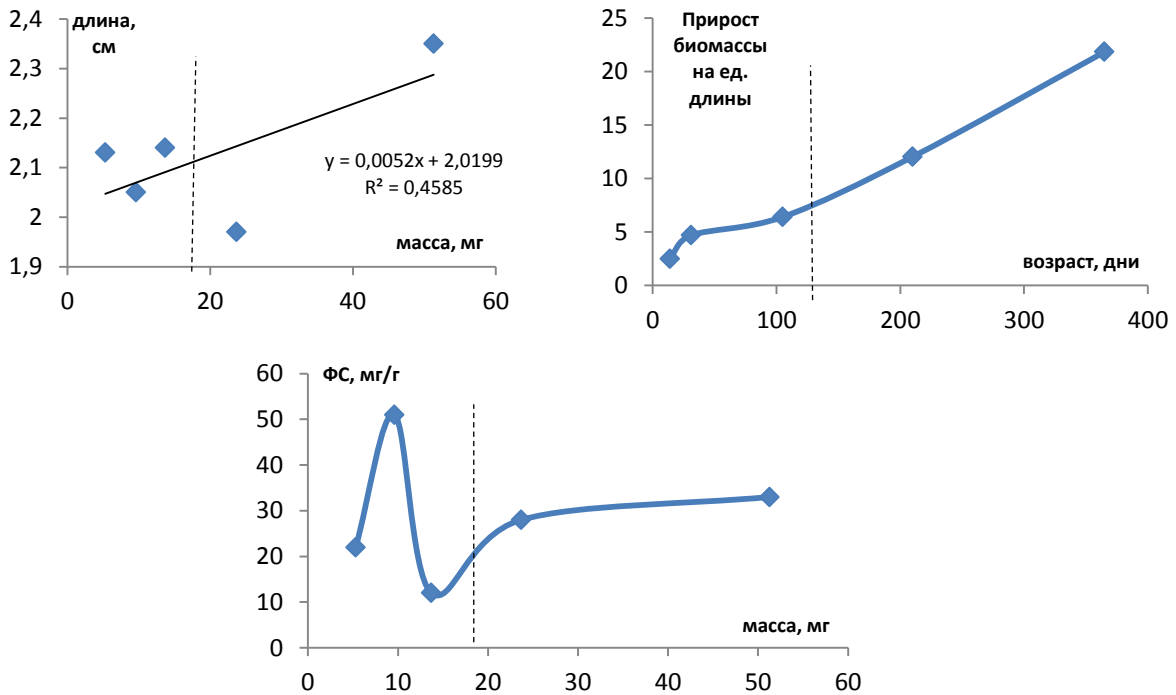
Выращиванию ПМЗК, его морфологии и физиологическим особенностям посвящены многие публикации [2]. Одним из часто используемых морфологических показателей для оценки готовности растения к высадке в грунт служит закладка верхушечной почки. С химической точки зрения, в качестве критерия готовности посадочного материала может выступать изменение содержания фенольных соединений (ФС), конечным продуктом биосинтеза которых является лигнин. Именно наличие активных лигнификационных процессов обеспечивает механическую прочность и устойчивость древесного вещества к стрессовым воздействиям природно-климатических факторов среды. В связи с чем, целью данной работы является определение взаимосвязи между содержанием фенольных соединений и биометрических показателей семян сосны в процессе их роста на начальных стадиях развития.

Материалом для исследования служили семена сосны второй ротации (первая декада июня), выращенные по технологии ПМЗК в Устьянском лесном селекционно-семеноводческом центре Архангельской области. Отбор семян проводили в течение года: начиная со стадии роста в парниках, на площадке закаливания, завершая годичным циклом развития. Образцы условно разделяли на отдельные части – «стволик» и «хвою». Массу образцов определяли на аналитических весах, длину измеряли с помощью линейки. Содержания ФС определяли спектрофотометрическим методом Фолина-Дениса [1]. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием Microsoft Office Excel 2007 и Statistica.

Зависимости изменения длины и массы наземных частей семян («хвои» и «стволиков») от содержания в них фенольных соединений в течение первого года выращивания представлены на рис. 1. Анализ морфометрических характеристик показывает наличие слабой линейной корреляции ( $R > 0,4$ ) между длиной семени и его биомассой. При этом для «хвои» коэффициенты корреляции оказываются выше, чем для «стволиков», что свидетельствует как о непрерывных процессах перераспределения метаболитов, синтезируемых в хвое, так и о разной скорости биосинтеза углеводной и лигнинной компоненты в различных частях растения. Наличие линейной зависимости позволяет оценить изменение прироста биомассы на единицу длины, как показатель скорости развития растения.



а



б

а – «хвоя»; б – «стволик»

Рис. 1. Сопоставление биометрических показателей и содержания ФС семян (вертикальная черта – вынос на площадку закаливания)



Полученные данные показывают, что на начальных стадиях развития «хвоя» увеличивает биомассу примерно в 10 раз быстрее, по сравнению со ствольной частью сеянцев. В целом, наибольшая скорость роста растений наблюдается до их выноса на площадку закаливания, ввиду более интенсивного биосинтеза углеводной компоненты. После выноса на площадку закаливания, скорость прироста биомассы снижается, в большей мере для образцов «хвои» за счет снижения биосинтеза углеводной составляющей и увеличения процессов лигнификации.

Зависимость изменения содержания ФС от биомассы сеянцев имеет сложный вид. В период выращивания сеянцев в теплицах, характеризуемый повышенными температурами, происходит накопление ФС. Их дальнейшее снижение в ствольной части вызвано преобладанием лигнификационных процессов с их расходом над биосинтезом. После выноса растений на площадку закаливания начальный рост содержания ФС в «хвое» обусловлен проявлением стрессовых воздействий в условиях низких температур. В последующий зимний и весенний период не наблюдается значительных изменений содержания ФС, что свидетельствует о близких скоростях лигнификационных процессов, и, соответственно, адаптации растений к условиям окружающей среды. Математическая обработка полученных данных позволяет предложить в качестве критерия готовности посадочного материала к выносу на площадку закаливания соотношение: содержание ФС не менее 30 мг/г при массе наземной части сеянца 150 мг.

Таким образом, проведенные исследования показали, что стадия закаливания, предназначенная для увеличения адаптационного потенциала сеянцев, характеризуется интенсификацией лигнификационных процессов, протекание которых обеспечивает формирование комплекса механических свойств растительной ткани необходимых для приживаемости и сохранности посадочного материала при высаживании в открытый грунт.

#### Список литературы

1. Gusakova M.A., Bogolitsyn K.G., Krasikova A.A., Selivanova N.V., Khviuzov S.S. Characterization of the Redox State of the Lignin-Carbohydrate Wood Matrix in the Initial Stages of Development Using the Example of Scots Pine // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2023. Vol. 49. № 7. P. 1607-1617.
2. Боголицын К.Г., Гусакова М.А., Красикова А.А., Хвиузов С.С., Селиванова Н.В., Самсонова Н.А., Пустынная М.А. Динамика формирования фенольной редокс-системы хвойных растений на примере сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* // Химия растительного сырья. 2023. №4. С. 231–240.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СМОЛИСТЫХ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЩЕЛОКЕ СУЛЬФАТЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Е.В. Старжинская**

*ООО «Техсервис», ул. Мельникова, д. 1, г. Новодвинск, Россия, 164900*

*Статья посвящена вопросу снижения смолистых экстрактивных веществ (СЭВ) в черном щелоке, направляемом на регенерацию, для улучшения экологических и технологических показателей предприятия.*

## ECOLOGICAL ASPECT OF RESIDUAL SULFATE SOAP CONTENT REDUCING IN BLACK LIQUOR

**E.V. Starzhinskaya**

*ООО «Tekhservis», Mel'nikova str, 1, Novodvinsk, Russia, 164900*

*The article is devoted to the issue of reducing resinous extractive substances (RES) in black liquor sent for regeneration in order to improve the environmental and technological performance of the enterprise.*

Рассмотрен вариант снижения содержания смолистых экстрактивных веществ (СЭВ) в черном щелоке в результате промывки сульфатного мыла (СМ). В качестве примера рассматривается случай возврата нейтрализованного раствора солей от разложения СМ, содержащего омыленное таловое масло (ТМ), в баки, питающие испаритель перед содорегенерационным котлом. В этом случае промывка СМ от черного щелока и растворенного в нем лигнина не только позволяет снизить потери СЭВ с нейтрализованным раствором солей, но и имеет существенный экологический эффект – снижение выбросов восстановленной серы с парогАЗами и снижение сброса СЭВ со сточными водами от промывки выпарных аппаратов.

Наряду с ценностью в качестве химического сырья, сульфатное мыло, если его содержание не контролировать соответствующим образом, может вызвать эксплуатационные проблемы в ходе сульфатной варки и других технологических процессов целлюлозного производства, которые также негативно сказываются и на экологической обстановке. Среди этих проблем следует отметить загрязнение испарителей черного щелока, образование отложений на оборудовании, повышение загрязненности вторичных конденсатов из-за переброса пены из выпарных аппаратов, увеличение общих выбросов восстановленной серы – сероводорода и метилмеркаптана - в результате сжигания СМ с черным щелоком в СРК, проблемы в отношении эффективности установки для очистки сточных вод [0].

Сокращению потерь СЭВ в производстве необходимо уделять должное внимание. В работе [0] установлено, что в виде СМ выделяется от 40 до 70 % от количества экстрактивных веществ, поступающих на варку со щепой. Остальная часть экстрактивных веществ теряется в процессе производства.

Кроме вышесказанного, на работу выпарной станций может оказать влияние поток отходов от установки разложения СМ. В процессе разложения сульфатного мыла лигнин, находящийся в черном щелоке в растворенном виде, образует трудноразделимую эмульсию с талловым маслом, увеличивая его потери [0]. Во избежание загрязнения производственных стоков, чаще всего данную эмульсию возвращают в поток черных щелоков на выпарную станцию. Технология возврата таллового масла, эмульгированного с лигнином, предполагает предварительное его омыление белым щелоком для полного растворения лигнина. При подаче данного потока в баки полуупаренного черного щелока, омыленное талловое масло возвращается в виде СМ, увеличивая его массу в питающем щелоке выпарной станции, при этом необходимо поддерживать содержание мыла на уровне 1% в пересчете на СМ [0].

Эффективность промывки СМ перед разложением, выражающаяся в снижении объемов эмульсии таллового масла и лигнина, то есть потерь таллового масла, подтверждается многими исследованиями, в частности, [0]. Наиболее доступный промывной реагент – это нейтрализованный раствор солей от разложения СМ, который представляет собой смесь сульфата натрия и бисульфата натрия. В традиционной технологии этот раствор является производственным отходом и отводится из технологического цикла вместе с остальными стоками предприятия. Также для промывки могут применяться и другие солевые и щелочные растворы.

Для оценки эффективности промывки в отношении снижения потерь экстрактивных веществ в виде омыленного таллового масла был поставлен эксперимент по применению различных промывных растворов. В качестве объекта исследования было выбрано СМ из смеси щелоков от варки древесины хвойных пород с белым щелоком и лиственных пород с зеленым щелоком. Промывку проводили следующими растворами: нейтрализованным раствором от разложения СМ (нейтрализованной кислой водой, НКВ), крепким белым щелоком и отработанным раствором каустической соды (NaOH) с варочно-промывного цеха. Результаты эксперимента - характеристики СМ до и после промывки - приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сульфатное мыло до и после промывки

Показатели	До промывки	После промывки		
		НКВ	Белый щелок	NaOH
Влага, %	37	37	36	35
СЖН, %	53	51	50	54
Лигнин, % от а.с.в.	4	0,6	0,6	0,9
Общая щелочь, %	7	6,8	8,2	10,5
В т.ч. Na <sub>2</sub> S, %	0,4	0,3	1,1	0,7

В результате промывки содержание лигнина в мыле снизилось на 77-85% в пересчете на абсолютно сухое СМ. Содержание влаги осталось примерно на том же уровне. Щелочность увеличилась в случае использования белого щелока и раствора каустической соды, т.к. для этих промывных растворов характерно более высокое содержание щелочи, чем для непромытого мыла, а при промывке происходит замещение черного щелока в мыле промывным раствором. В случае использования нейтрализованного раствора солей от разложения СМ, щелочность немного снизилась, а также снизилась доля сульфида натрия. В остальных случаях доля сульфида возросла, что повлечет за собой и увеличение расхода серной кислоты на нейтрализацию, увеличение выброса сероводорода и увеличение расхода белого щелока на нейтрализацию сероводорода на газоочистной установке цеха разложения мыла. С точки зрения экологичности производства наиболее подходящий вариант – нейтрализованный раствор солей от разложения СМ.

Также для оценки влияния промывки на характеристики образующихся отходов, проанализировали эмульсию таллового масла и лигнина (лигно-талловую эмульсию, ЛТЭ), получаемую при разложении непромытого сульфатного мыла и промытого НКВ. Эксперимент для каждого из вариантов проводили на трех образцах. Образцы были взяты с установки получения таллового масла.

Состав ЛТЭ, образующейся на установке разложения сульфатного мыла представлен на рисунке 1.

На установке разложения сульфатного мыла ЛТЭ выгружается периодически по мере накопления. При большом содержании лигнина в мыле промежутки между выгрузками сепаратора сокращаются. Количество остановок при переработке сульфатного мыла без промывки может достигать 4-5 в месяц. В производственных условиях отмечено, что промывка сульфатного мыла значительно снижает объем образующейся эмульсии. Количество разгрузок сепаратора снизилось до 2-3 в месяц, а, следовательно-

но, количество смолистых веществ, возвращаемых в щелок на сжигание, снизилось, как минимум, в 2 раза.

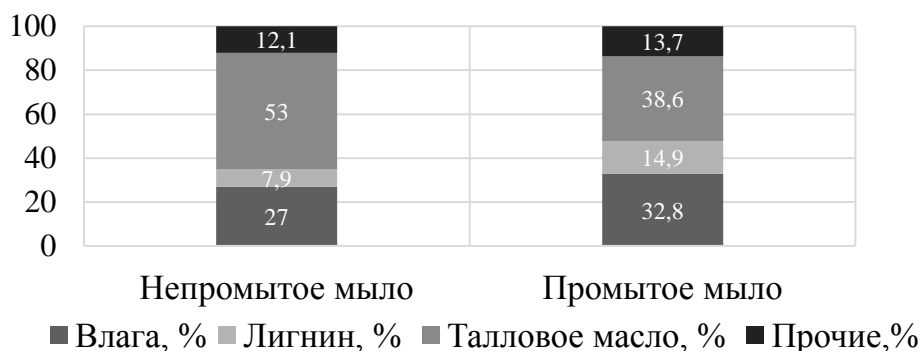


Рис.1. Состав лигно-талловой эмульсии

Таким образом, промывка сульфатного мыла не только способствует решению экологической задачи - снижению загрязненности сточных вод предприятия смолистыми веществами и уменьшению объема газовых выбросов восстановленной серы, но и имеет экономический эффект – получение дополнительного количества таллового масла – все эти аспекты соответствуют принципу наилучших доступных технологий.

#### Список литературы

1. Bohannon, J., Evaluation of soap recovery efficiency from black liquor – analytical tools. TAPPI J. 22(4): 234(2023). <https://doi.org/10.32964/TJ22.4.234>.
2. Foran C.D. Tall Oil Soap Recovery. Arizona Chemical Company, Savannah, GA 31402, 2008, 49 p.
3. Johansson A. Purification of sulphate soap // Internat. Tall Oil Symposium. Imatra, Finland. 1983. p.99-109.
4. Селянина С.Б., Боголицин К.Г., Янгляева Н.Ж. Роль лигнина в устойчивости лигниновой фазы // Лесн.журн.2000. №3. С.123-129.
5. Фейгус, Э.И., Храменков, Б.А., Сбор сульфатного мыла и работа выпарных станций в условиях замкнутой системы водопотребления// Целлюлоза Бумага Картон, 1994, вып. 11-12, с.16-18.

## УЧЕТ РОЛИ ЛЕСОВ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ В СОКРАЩЕНИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

**Е. А. Сурина**

*Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия*

*Мировое сообщество констатирует факт изменения климата. Северные регионы подвергнутся наибольшему изменению. Система мероприятий ведения лесного хозяйства в управляемых должна быть направлена на повышение устойчивости лесов, сокращение площади погибших насаждений.*

## CONSIDERING THE ROLE OF FORESTS IN ACHIEVING CARBON NEUTRALITY IN REDUCING GREENHOUSE GAS EMISSIONS

**E.A. Surina**

*Northern research institute of forestry, Arkhangelsk, Russia*

*The world community is recognizing the fact of climate change. Northern regions will undergo the greatest changes. The system of forest management measures in managed forests should be aimed at increasing the sustainability of forests, reducing the area of dead forests.*

В 2023 году Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) выпустила 6-й доклад об оценке изменения климата (AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023) [1]. В отчете говорится о том, что возможностей для сдерживания глобального потепления на уровне ниже 1,5 °C становится все меньше, а риск стихийных бедствий из-за изменения климата все выше. Архангельская область входит в число территорий, где последствия изменения климата могут иметь наиболее серьезные для лесных экосистем.

Указом Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 "О сокращении выбросов парниковых газов" поставлена цель ограничить к 2030 году выбросы парниковых газов до 70 % от уровня 1990 года (не более 2162,4 млн. тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента) [2]. Данный целевой показатель является основой определяемого на национальном уровне вклада Российской Федерации в реализацию Парижского соглашения от 12 декабря 2015 г. Согласно данным национального доклада о кадастре парниковых газов в 2021 году совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в России составили 2156,6 млн. тонн CO<sub>2</sub>-экв. без учета сектора землепользования, изменения в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) и 1671,8 млн

тонн CO<sub>2</sub>-экв. с учетом ЗИЗЛХ. По сравнению с 1990 годом – базовым годом РКИК ООН и Киотского протокола, в 2021 году совокупные антропогенные выбросы парниковых газов снизились на 45,9 % с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 31,9 % – без его учета.

В 2021 году Правительство утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [3]. В рамках определенного целевого сценария станет возможным рост экономики при уменьшении выбросов парниковых газов. К 2050 году их чистая эмиссия снизится на 60 % от уровня 2019-го и на 80 % от уровня 1990 года. Дальнейшая реализация этого сценария позволит России достичь углеродной нейтральности к 2060 году. Кроме того, предпринимаются максимальные усилия, направленные на снижение выбросов парниковых газов, а также на увеличение абсорбции парниковых газов (поглотителями и накопителями) и иных климатически активных веществ. Согласно Указу Президента РФ от 26 октября 2023 г. № 812 "Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации" [4] меры, обеспечивающие:

- а) повышение энергетической эффективности во всех отраслях экономики;
- б) развитие использования возобновляемых и альтернативных источников энергии с низким уровнем выбросов парниковых газов;
- в) осуществление климатических проектов, в том числе в области лесного хозяйства, направленных на сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение их поглощения, повышение качества поглотителей и накопителей парниковых газов.

ФБУ «СевНИИЛХ» были изучены прогнозные результаты изменения климата для северной и средней тайги, полученные на основании ансамбля моделей Проекта сравнения совместных моделей 3 (МГЭИК). Согласно Специальному докладу МГЭИК «Сценарии выбросов», было выбрано три сценария: А2, А1В, В1. Установлено, что за исключением самого мягкого сценария для северной тайги, во всех случаях следует ожидать примерно с середины этого века превышение отдельных климатических показателей, характерных для ареала преобладающей формации еловых лесов (см. табл. 1), что повлечет за собой ухудшение санитарного состояния, высокую подверженность лесов любым негативным влияниям (снеголом, снеговал, ветровал, повреждение вредителями, болезни леса, изменение уровня грунтовых вод), а также существенному росту пожарной опасности. Все это вы-

разится в росте площади погибших лесов, в первую очередь от пожаров и неблагоприятных погодных условий и почвенно-климатических факторов.

На протяжении всего прогнозируемого периода 2046-2064 гг. увлажненность территории района исследования может быть от хорошей до избыточной, повышая риски гибели лесных экосистем. В отдельные месяцы может выпадать критически малое количество осадков, а в другие месяцы – наоборот.

Таблица 1. Результаты расчетов будущих изменений климата для ельников Европейской территории России

Показатели	Сценарии SRES		
	A2	A1B	B1
Северная тайга			
Средняя годовая температура воздуха	⊘	⊘	✓
Сумма температур выше 5 °С	⊘	⊘	✓
Сумма температур выше 10 °С	⊘	⊘	✓
Продолжительность вегетационного периода	✓	✓	✓
Средняя тайга			
Средняя годовая температура воздуха	⊘	⊘	⊘
Сумма температур выше 5 °С	⊘	⊘	⊘
Сумма температур выше 10 °С	⊘	⊘	⊘
Продолжительность вегетационного периода	⊘	⊘	⊘

Примечание: ⊘ – превышение показателей; ✓ – сохранение в естественных пределах.

Анализ данных, собранных в районе интенсивного усыхания ельников Архангельской области показал, что в отдельные годы в мае наблюдались довольно высокие температуры воздуха и малая величина осадков. Высокие температуры при дефиците осадков или слабой активности корневой системы на начало вегетации в сочетании с интенсивной транспирацией ели могут способствовать процессу усыхания.

Путем использования методики эмпирико-статистического моделирования растительной зональности установлен сдвиг растительных зон с юга на север (см. рисунок). Наблюдается тенденция трансформирования хвойных лесов к хвойно-лиственным, что особо ярко будет выражено для средней тайги. Рост сомкнутости крон в северной тайге приведет к снижению сучковатости стволов ели, что повысит сортность древесины.



Смещение растительных зон с юга на север должно способствовать повышению продуктивности лесов на территории средней и северной тайги, росту лесистости северной тайги, однако наряду с этим прогнозируется снижение устойчивости коренных насаждений.

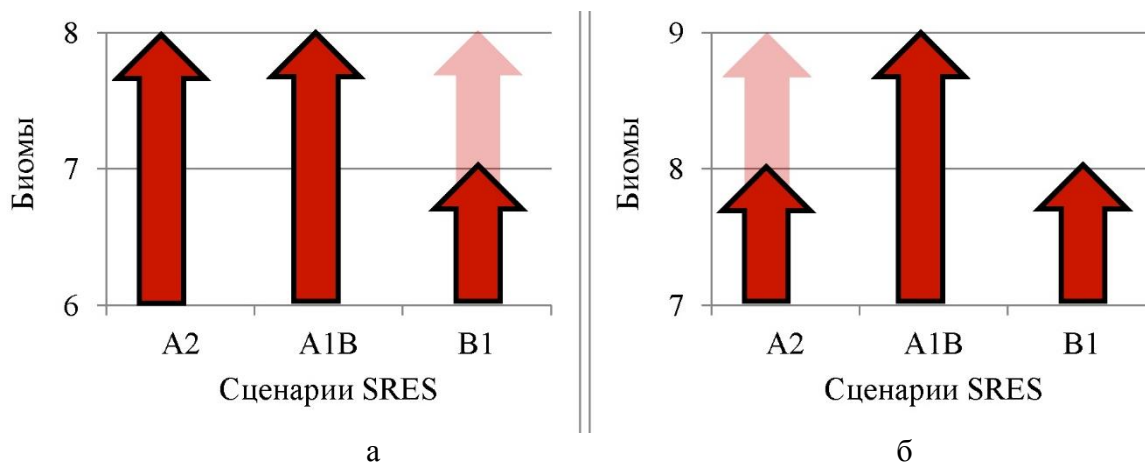


Рис. 1. Изменение растительных зон на период 2046-2064 гг.: а – северная тайга; б – средняя тайга (б – северная тайга; 7 – средняя тайга; 8 – южная тайга; 9 – подтайга (смешанный лес), светлым контуром выделены возможные варианты развития событий)

Согласно п. 1 статьи 1 Лесного Кодекса РФ лесное законодательство и иные регулирующие лесные отношения нормативные правовые акты основываются, в том числе и на устойчивое управление лесами, сохранение биологического разнообразия лесов, повышение их потенциала. Соответственно, система мероприятий ведения лесного хозяйства в управляемых лесах на основе изученных моделей нового поколения для сценариев роста парниковых газов должна быть направлена на повышение устойчивости лесов, сокращение площади погибших насаждений:

в рамках устойчивого лесопользования – проекты, способствующие увеличению поглощения парниковых газов за счёт интенсивного использования и воспроизводства лесов;

в рамках программ защитного лесоразведения на безлесных землях лесного фонда (ранее покрытых лесом), а также на сельскохозяйственных землях (полезащитное и противоэрозионное лесоразведение).

Это могут быть климатические проекты (Федеральный закон "Об ограничении выбросов парниковых газов" от 02.07.2021 № 296-ФЗ) [5]. Минприроды разработало проект поправок в Лесной кодекс, регулирующий создание в России лесоклиматических проектов. Документ вводит

определение понятия «лесоклиматический проект». Это проекты, реализующиеся как на землях лесного фонда, так и на землях, к ним не относящихся, и направленные на сокращение выбросов парниковых газов и увеличение их поглощения.

1. Лесоклиматический проект может предусматривать:
2. Лесоразведение.
3. Лесовосстановление.
4. Предотвращение рубки/предотвращение конверсии земель.
5. Предотвращение пожаров/иных антропогенных (природных)

нарушений.

6. Лесные плантации.

Плюсы:

1. Реестр углеродных единиц.
2. Сведения о количестве углеродных единиц.
3. Достижение целевых показателей по сокращению выбросов парниковых газов (*от создания новых технологий в лесном хозяйстве в части использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов*).

Проблемы и риски:

Следует понимать, что любой проект – это долгосрочная работа в соответствии с определенными стандартами и подготовкой проектной документации. Что касается Архангельской области, пока нет эталонных объектов, на основании которых можно было бы спрогнозировать ожидаемые результаты. За последние годы не проводились исследования по оценке углерододепонирующей роли лесов, а также мониторинг парниковых газов на лесных землях и иных категориях земель, в том числе отсутствует оценка успешности того или иного лесохозяйственного мероприятия (в том числе лесовосстановительные мероприятия) по поглощению лесными экосистемами CO<sub>2</sub>. Имеется ряд исследований с разрозненными и разобщенными данными. Существует целесообразность проведения комплексных исследований с долгосрочной перспективой с привлечением современной лаборатории и оборудования, совершенствуя методические подходы по количественному определению объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов (Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 "Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов").

Кроме того, отмечается нехватка теоретических и практических навыков как грамотно реализовать климатические проекты, многие просто

не владеют нормативно-правой базой и методиками проведения работ. В таком случае, потребуется повышение квалификации сотрудников.

### Список литературы

1. Сайт Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
2. Указ Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 "О сокращении выбросов парниковых газов".
3. Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р "Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года".
4. Указ Президента РФ от 26.10.2023 № 812 "Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации".
5. Федеральный закон "Об ограничении выбросов парниковых газов" от 02.07.2021 № 296-ФЗ.

## ОТХОДЫ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ЦЕННЫЙ ВТОРИЧНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ЭКОНОМИКИ

**В.А. Сухопаров, О.Н. Оруджова**

*Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия*

*Отходы целлюлозно-бумажного производства имеют различный химический состав и физико-химические характеристики, поэтому их можно использовать в бытовых и промышленных целях. Рассмотрены основные и неосновные источники отходов целлюлозно-бумажного производства (отходы от расходных материалов – одежды бумагоделательных машин), показаны возможные схемы их применения.*

## WASTE PULP AND PAPER PRODUCTION AS A VALUABLE SECONDARY RESOURCE FOR THE ECONOMY

**V.A. Sukhoparov, O.N. Orudzhova**

*Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia*

*Pulp and paper production wastes have different chemical composition and physico-chemical characteristics, so they can be used for domestic and industrial purposes. The main and non-main sources of pulp and paper production waste (waste from consumables - clothes of paper machines) are considered, possible schemes of their use are shown.*

На целлюлозно-бумажных комбинатах на разных участках технологического процесса образуются различные типы твердых отходов и шлама. Отходы образуются при заготовке древесины и на самих этапах производства целлюлозы и бумаги. Кроме того, большое количество различных видов отходов образуется в результате химической рекуперации, очистки сточных вод и методов производства бумаги из вторичного сырья.

К отходам, образующимся в основном технологическом цикле целлюлозно-бумажного производства, относятся кора, опил, скоп, чистые несортированные древесные отходы, образующиеся в ходе переработки древесины.

Среди различных факторов, влияющих на вид и количество образующихся отходов целлюлозно-бумажных комбинатов, является тип производственного процесса и внедренные технологии очистки сточных вод. Отходы целлюлозно-бумажного производства в основном включают отходы различных стадий, такие как древесные остатки и частицы песка, черный щелок и осадки сточных вод.

Можно выделить два источника поступления отходов очистки сточных вод. Основную часть составляют первичные осадки всего производственного процесса, а те, которые образуются во вторичном

отстойнике, классифицируются как биологические осадки. Кроме того, осадок от очистки воды рассматривается как осадок флокуляции. Обезвоживающий осадок от производства вторичной бумаги, который содержит в основном мельчайшие волокна и частицы, является еще одним источником отходов. Основные источники отходов различных стадий целлюлозно-бумажного производства приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные источники отходов различных стадий целлюлозно-бумажного производства

Тип отходов	Источник отходов
Черный щелок	Сульфатный процесс
Остатки древесины, коры	Химические и механические методы производства целлюлозы
Отсев и другие отбраковки	Подготовка сырья для бумагоделательной машины, сульфатный процесс
Осадок мелких целлюлозных волокон	Очистка сточных вод
Биологический шлам	Очистка сточных вод биологическим методом
Осадок от удаления краски	Очистка вторичной бумаги от краски

Отходы целлюлозно-бумажного производства имеют различный химический состав и физико-химические характеристики, поэтому их можно использовать в бытовых и промышленных целях. Большинство этих отходов в основном состоят из древесных компонентов и используются в качестве топлива или источников энергии. Некоторые из них можно использовать в строительстве в качестве альтернативных строительных материалов. В таблице 2 приведены некоторые возможные схемы применения основных отходов целлюлозно-бумажного производства.

Помимо основных источников отходов различных стадий целлюлозно-бумажного производства имеются и отходы от использования расходных материалов производственного цикла – одежды картоноделательных и бумагоделательных машин – сукон и сеток.

Для изготовления сукон применяют полимерные материалы – полиамиды (нейлон, капрон, силон и т. д.), полиэфиры (диолен, терилен, лавсан и т. д.) и полиакриды (долан, редон, уралон и т. д.). Полиамидные волокна имеют высокую прочность при растяжении и изгибе, высокую износостойкость и устойчивость к действию щелочей.

Таблица 2. Некоторые возможные схемы применения основных отходов целлюлозно-бумажного производства

Тип отходов	Схема применения отходов
Черный щелок	При сжигании выделяется энергия для сульфатного завода
Опилки	Мебельное производство, для утепления строительных конструкций
Шлам-лигнин	Компост в сельском хозяйстве
	Энергия в целлюлозно - бумажном производстве
	Цементная основа в строительстве
Зола-уноса	Строительный материал с отличными связующими свойствами
	Внесение изменений в почву в сельском и лесном хозяйстве
	Вязущий материал в строительстве
Осадок	Удобрение в сельском хозяйстве
	Очистка сточных вод
Известковый шлам	Удобрение в сельском хозяйстве
	Производство строительных материалов
	Химическая стабилизация

Основными требованиями к основе сукна являются достаточная прочность в машинном направлении, низкая сжимаемость, обеспечивающая достаточный объём порового пространства в зоне прессования, высокая проницаемость [1]. Основа сукна обычно состоит из кручёных монофиламентных нитей в поперечном направлении и кручёных моно- или мультифиламентных нитей в продольном направлении. Однослойные сукна применяют при прессовании с контролируемым давлением. Двух- и трёхслойные сукна имеют больший объём порового пространства, чем однослойные. В последние годы широкое применение получили ламинатные сукна, в которых основа состоит из двух независимых слоев. Доля каркаса у ламинатных сукон составляет 50–75 % [1].

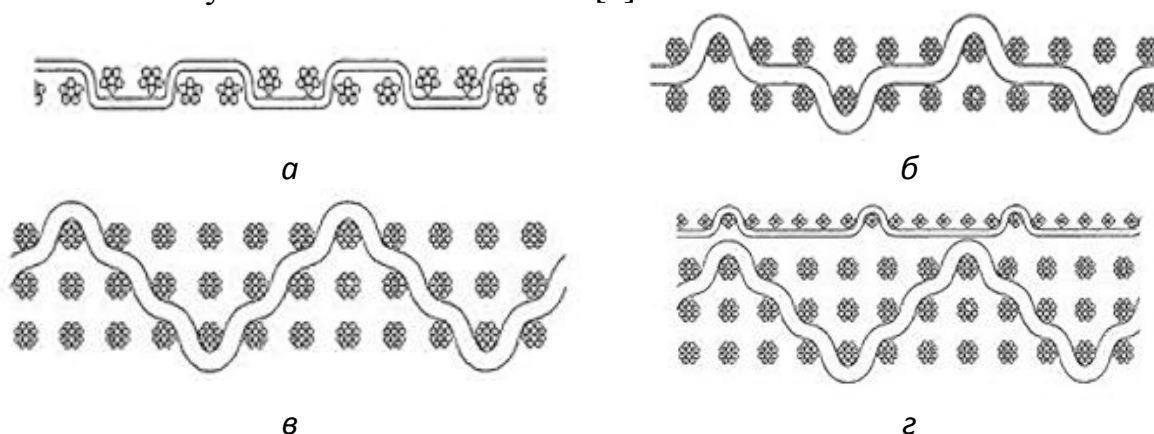


Рис. 1. Типы основы сукна: *а* – однослойная; *б* – двухслойная; *в* – трёхслойная; *г* – основа ламинатного сукна

Исследования показали, что отработавшие срок сукна, являясь отходами целлюлозно-бумажного производства, имеют достаточно хорошие механические, физические и гидравлические характеристики [2], позволяющие использовать их, например, при строительстве лесовозных дорог в качестве геосинтетического материала, использовать в качестве утеплителя промышленных зданий и сооружений [3]. Для целлюлозно-бумажного комбината использование отработанных сукон в строительстве решает проблему утилизации данных отходов, позволяет снизить затраты на вывоз отходов на полигон, снижается экологическая нагрузка региона. Для дорожного строительства использование отработанных сукон, например, при строительстве лесовозных дорог, позволяет снизить затраты на дорожно-строительные материалы, увеличить прочность дорожной конструкции, что в конечном итоге приведет к снижению себестоимости лесопродукции, являющейся основным сырьем для производства целлюлозы.

#### Список литературы

1. Машины для производства бумаги и картона / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина – СПб.:Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 646 с.
2. Оруджова О.Н. Совершенствование конструкций лесовозных дорог с гибкими геотекстильными прослойками: диссертация кандидата технических наук: 05.21.01, РГБ ОД, 9 10-7/3058). Архангельск: ФГАОУ Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. 23 с.
3. Сухопаров В.А., Оруджова О.Н. Альтернативные материалы при проектировании конструкций для вертикального озеленения / Прорывные научные исследования: проблемы, пределы и возможности: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2023 г., г. Иркутск). Уфа: Аэтерна. 2023. С. 35-37.

## **РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОБЯЗАННОСТЬ ИЛИ ПРЕИМУЩЕСТВО?**

**А.М. Торцев**

*Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО»*

*Использование природных ресурсов регионов зачастую оказывает негативное воздействие на водные экосистемы. Рыбохозяйственный мониторинг позволяет выполнить не только требования природоохранного законодательства, но и оценить фактически наносимый водным биоресурсам вред. В исследовании рассматриваются несколько направлений рыбохозяйственного мониторинга. Показаны преимущества их проведения для хозяйствующего субъекта.*

## **WATER ECOSYSTEM MONITORING: A RESPONSIBILITY FOR THE PULP AND PAPER INDUSTRY OR AN ADVANTAGE?**

**A.M. Tortsev**

*Northern Branch of VNIRO Federal State Budgetary Educational Institution*

*The exploitation of regional natural resources often has a negative impact on aquatic ecosystems. Monitoring of water ecosystems is a requirement of environmental legislation. In addition, the monitoring results make it possible to assess the actual harm caused to water biological resources. The research examines several areas of monitoring. The benefits of monitoring for a business entity are presented.*

Социально-экономическое развитие региона и сохранение природы должны быть взаимоувязаны, поскольку окружающая среда, экономика региона, здоровье человека и экологическое благополучие населения находятся в неразрывном единстве. На природу постоянно оказывается негативное антропогенное воздействие, которое приводит к изменениям компонентов природной среды, трансформации экосистем, ухудшению качества и истощению природных ресурсов, в том числе водных биологических ресурсов (далее — водных биоресурсов). Как показывает практика, производство различных работ на рыбохозяйственных водоемах, как правило, оказывает многофакторное негативное воздействие на их биоценозы. Оно проявляется как в виде прямого воздействия (гибель рыб в насосах водозаборов, земснарядов, гидромониторов), при поступлении в водные объекты летальных концентраций загрязняющих веществ, так и воздействия косвенного — при утрате нерестовых, нагульных, зимовальных участков, ухудшении условий обитания водных биоресурсов, трансформа-



ции кормовой базы рыб (потеря продукции фитопланктона, зоопланктона и бентоса) [1].

Проблема оценки экологических последствий хозяйственной деятельности не проста, поскольку еще недостаточно изучена связь негативного воздействия техногенных факторов на состояние водной биоты, особенно в количественном отношении. Сложность и неполная предсказуемость природных процессов, несовершенство методологии вынуждают опираться преимущественно на метод экспертных оценок [2]. Отсюда неизбежно вытекает приближенный характер результатов, выполненных расчетов. Рыбохозяйственный мониторинг - одно из средств реальной оценки негативного воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания. Этот вид мониторинга является составной частью производственного экологического мониторинга и направлен на получение фактических данных о воздействии хозяйственной деятельности на водные биоресурсы и среду их обитания.

Таким образом, целью исследования является анализ направлений рыбохозяйственного мониторинга водной экосистемы и практическое использование его результатов.

Норма о необходимости проведения рыбохозяйственного мониторинга, как части производственного экологического контроля, установлено законодательством в сфере сохранения водных биоресурсов и среды их обитания [3]. При этом до настоящего времени не установлены требования к содержанию программ такого мониторинга (за исключением проведения оценки эффективности рыбозащитных устройств), что затрудняет как разработку программы, так и ее согласование.

Опыт разработки программ рыбохозяйственного мониторинга и практика их согласования позволяет выделить следующие элементы такой программы:

1. Мониторинг состояния акватории, ледового покрова, берегов водных объектов, состояния и режима использования водоохраных зон и прибрежных защитных полос. Данный вид мониторинга может осуществляться самостоятельно хозяйствующим субъектом и направлен на проверку соблюдения требований рыбохозяйственного и водного законодательства.

2. Мониторинг состояния природных вод. Проведение наблюдений, в основном, за концентрациями взвешенных веществ и нефтепродуктов при проведении дноуглубительных работ у причалов, по очистке от затопленной древесины плотостоянок. При наличии аккредитованной химической

лаборатории или привлечении на договорной основе соответствующих организаций крупные предприятия проводят такой мониторинг самостоятельно.

3. Мониторинг состояния кормовой базы водных биологических ресурсов. Данный вид мониторинга весьма актуален на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, поскольку производство целлюлозы является водоемким технологическим процессом. В ходе забора воды происходит гибель фито- и зоопланктона. Круглогодичное наблюдение за численностью и биомассой планктонных организмов, а также определение продукционного коэффициента позволяет установить фактически нанесенный ущерб водной экосистеме. При этом также происходит снижение издержек хозяйствующего субъекта на возмещение вреда, нанесенного окружающей среде.

4. Мониторинг состояния водных биологических ресурсов. Направленность данного вида мониторинга обусловлена необходимостью определения видового состава ихтиоценоза в районе проведения работ, мест нереста и нагула рыб. В основном, данный вид мониторинга необходим при проведении работ в пойменной зоне водных объектов. В подавляющем большинстве случаев, его проведение привязано к безледовому периоду.

5. Мониторинг эффективности рыбозащитных функций водозаборов. Это единственное направление мониторинга, где есть четкие требования к содержанию программы проведения исследований, условиям проведения работ и содержанию результатов [4]. Это направление мониторинга позволяет определить эффективность установленных рыбозащитных устройств на водозаборных оголовках на соответствие установленным требованиям. Работы проводятся в 4 сезона года и сопряжены с весьма трудоемкими процессами мечения рыбы и проведения исследований в нескольких этапах.

В связи с изложенным, отмечаем, что необходимость осуществления рыбохозяйственного мониторинга определена требованиями нормативно-правовых актов, а проведение большинства видов мониторинга требует от хозяйствующего субъекта определенных финансовых, организационных и временных издержек. С одной стороны, хозяйствующий субъект исполняет требование природоохранного законодательства о необходимости наблюдения за воздействием на водную экосистему, с другой — предприятие получает репрезентативные данные о состоянии водной биоты и оценку фактического воздействия на ее состояние. Как показывает опыт проведения мониторинга, хозяйствующие субъекты, используя результаты исследова-

ний (включая круглогодичные), сокращают издержки на возмещение вреда, наносимого водным биоресурсам и среде их обитания. Так, в практике проведения такого вида работ снижение издержек составило 30 %, или 187 тыс. руб. на каждый миллион кубометров водных ресурсов, изъятый из реки. В другом случае издержки сократились в 5 раз на момент проведения мониторинговых работ [5; 6]. Считаем, что проведение мониторинга несет в себе преимущества для хозяйствующего субъекта, в том числе в свете усиления требований к внедрению в практику корпоративного управления ESG-принципов.

### Список литературы

1. Торцев А.М. Система факторов антропогенного воздействия на ихтиофауну бассейна реки Северная Двина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 4. С. 606–619. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-606-619>.
2. Белоусова А.Н. Актуальные вопросы теории и практики возмещения вреда, причиняемого водным биоресурсам: Монография / Под общ. ред. А. Н. Белоусова. - М.: Эдитус, 2018. 296 с.
3. Постановление Правительства РФ от 29.04.2013 г. № 380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания» / Сборник законодательства Российской Федерации, № 20, 20.05.2013, ст. 2476.
4. Свод правил СП 101.13330.2023 «СНИП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения». 2023. 170 с.
5. Студёнов И. И., Торцев А. М. Практическая реализация мер по сохранению водных биоресурсов на целлюлозно-бумажном производстве: результаты и их применение // Экология и пром-сть России. 2020. № 24. С. 66-71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-11-66-71.
6. Торцев А.М., Студёнов И.И. Результаты рыбохозяйственного мониторинга в низовьях реки Северная Двина и их применение при оценке негативного воздействия на водные биоресурсы // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13. № 2. С. 248-256. DOI: 10.25283/2223-4594-2023-2-248-256.

## ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ В ЦБП

**О.Н. Тюкавина, Д.Ю. Корепин**

*Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия*

*Обсуждаются направления регулирования углеродного следа. Создавая карбоновые фермы путем посадки быстрорастущих гибридов тополей, целлюлознобумажные комбинаты, могут стать не только углерод нейтральными, но и при достижении возраста спелости тополевыми насаждениями использовать их как сырье для своего производства.*

## OPPORTUNITIES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE CLIMATE AGENDA IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY

**O.N. Tyukavina, D.Yu. Korepin**

*Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia*

*The directions of carbon footprint regulation are discussed. By creating plantations for carbon dioxide sequestration by planting fast-growing poplar hybrids, pulp and paper mills can not only become carbon neutral, but also use poplar plantations as raw materials for their production when they reach adulthood.*

Вопрос глобального потепления и влияние на него человечества дискуссионен. В последние годы проблема антропогенного воздействия на климат перешла из научной плоскости в экономическую и внешнеполитическую. Экономика России попала под введение карбонового налогового сбора. После подписания Парижского климатического соглашения в 2019 году возникла необходимость углеродного регулирования для защиты российских товаропроизводителей. Посредством лесовосстановления можно проводить секвестрацию углерода. Но можно не только регулировать свой углеродный след, но и получать колоссальные доходы от депонирования углерода на основе углеродного бюджета лесов или создания карбоновых ферм от продажи углеродных (карбоновых) квот, кредитов [1].

Карбоновыми фермами называют различные сельскохозяйственные методы, направленные на поглощение углекислого газа из атмосферы и его дальнейшей фиксации на длительные периоды времени. Реализуются карбоновые фермы многими путями: озеленение огромных вырубленных пространств деревьями, максимально эффективно фиксирующими углерод из атмосферы или плантации специальных растений. Продукция от таких ферм должна оставлять наименьший «экологический след» и ни в коем случае не должна использоваться как топливо [2].

Причем тополь особенно подходит для секвенирования углерода (Рабочий доклад IPC/10).

Согласно Отчету Международной ассоциации исследователей бореальных лесов (IBFRA Insight Process (Peter Högberg 2020-11-26) интенсивно управляемые леса по сравнению с нативными демонстрируют наибольшее поглощение углерода из атмосферы, как в накопленном лесном запасе углерода, так и в лесной продукции. Пожары, очаги болезней и вредителей в лесу способствуют поступлению углерода в атмосферу. Старовозрастные леса согласно климаксной теории производят органики столько, сколько и потребляют, урожай равен нулю, следовательно, депонирования углерода не происходит. Максимальными возможностями депонирования отличаются средневозрастные насаждения. Леса и лесное хозяйство могут способствовать депонированию углекислого газа из атмосферы путем увеличения запаса углерода в лесных экосистемах; путем заготовки леса для производства продукции, имеющий длительный срок использования; путем заготовки топливной древесины для замещения ископаемого топлива.

Методики создание тополевых плантаций с целью получения древесины в короткие сроки известны [3]. Опыт создания плантаций тополей в условиях интродукции существует в Дендрологическом саду СевНИИЛХ. Согласно источникам научно-технической информации по США, вложения в создание тополевых плантаций за 40 лет обеспечивают доходы на уровне 14 % в год.

Применение древесины тополя в целлюлознобумажной промышленности обсуждается уже давно. В 1997 г. Херсонский ЦБК частично работал за счет сырья тополевых плантаций. Промышленные плантации быстрорастущих пород (в основном тополя) во Франции созданы на площади 250 тыс.га, в Италии – 205,0 тыс. га, в Испании – 160,0 тыс. га, в Венгрии – 150,0 тыс. га, в США – 82,0 тыс. га. В Германии к 2007 г. площадь плантаций достигла 500,0 тыс. га [4]. К концу 2003 г. в Австралии площадь плантационных насаждений составила 1,66 млн. га [5].

Следовательно, создавая карбоновые фермы путем посадки быстрорастущих гибридов тополей, целлюлознобумажные комбинаты могут стать не только углерод нейтральными, но и при достижении возраста спелости тополевыми насаждениями использовать их как сырье для своего производства. Своевременно создавая новые плантации, предприятия смогут осуществить непрерывный процесс и по связыванию углерода, и по пополнению сырьевой базы.

### Список литературы

1. Степанова Ю.Н., Щербин А.О. Депонирование углерода лесами России, как составляющая экономического роста // Сборник трудов конференции «Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства». Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2021. С. 378-383.
2. Легалов Д.А., Волкова Н.А. Карбоновые фермы и полигоны // Сборник трудов конференции «Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе». Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. С. 369-372.
3. Сарсекова Д.Н. Выращивание плантационных тополевых культур на юго-востоке Республики Казахстан // Аграрный весник Урала. 2009. С. 45-48.
4. Кривошея А.Н., Саможенков В.М., Абрегов О.Х., Хатукай М.Х. Необходимость, опыт и проблемы создания плантаций быстрорастущих пород // Новые технологии. 2006. Вып.1. С. 1-3.
5. Плантации и инвестиции // Российская лесная газета. 2004. №29 (55), июль.

## ВОПРОСЫ ВОЗМЕЩЕНИЯ УЩЕРБА, ПРИЧИНЕННОГО ЛЕСНЫМ ЭКОСИСТЕМАМ

**Н.А. Черных, Ю.И. Баева**

*МГИМО МИД России, Москва, Россия*

*Дана краткая характеристика современного состояния лесных ресурсов Российской Федерации. Проведен анализ основных подходов к оценке ущерба, причиненного лесным экосистемам, и способам его возмещения. Значительное внимание уделено правовому регулированию в данной области. Систематизированы основные методики расчета ущерба лесам, основанные на нормативных документах.*

## ISSUES OF COMPENSATION FOR DAMAGE CAUSED TO FOREST ECOSYSTEMS

**N.A. Chernykh, Yu.I. Baeva**

*MGIMO University, Moscow, Russia*

*A brief characterization of the current state of forest resources of the Russian Federation is given. The main approaches to the assessment of damage to forest ecosystems and methods of its compensation are analyzed. Considerable attention is paid to the legal regulation in this area. The main methods of calculating of forest damage based on normative documents are systematized.*

Проблемы охраны окружающей среды и контроля над ее состоянием с каждым годом приобретают все большее значение. Хозяйственная деятельность человека является потенциальным источником негативного воздействия на все компоненты окружающей природной среды: атмосферный воздух, почвенный покров, поверхностные и подземные воды, растительный и животный мир. Любое антропогенное воздействие на окружающую среду может причинить ей вред. Воздействие на природную среду от функционирующих предприятий целлюлозно-бумажной промышленности осуществляется по многим направлениям: выбросы вредных веществ в атмосферу, сброс в водные объекты сточных вод, образование отходов производства и связанная с этим организация мест для их хранения. Факт и степень негативного влияния на компоненты окружающей среды обусловлены, в первую очередь, устаревшими технологиями и несовершенными, с экологической точки зрения, технологическими процессами. Так как целлюлозно-бумажное производство непосредственно связано с использованием лесных ресурсов, то его часто рассматривают как заключительный этап в системе ведения лесного хозяйства.

Российская Федерация принадлежит к наиболее обеспеченным лесами странам. По данным Федерального агентства лесного хозяйства, общая площадь лесных земель составляет 894,04 млн га (по состоянию на 1 января 2023 года) [1]. В их структуре преобладают эксплуатационные леса, занимающие 50,9% площади; на защитные и резервные леса приходится 26,7% и 22,4% соответственно. Наибольшие доли эксплуатационных лесов характерны для Уральского, Приволжского и Северо-Западного федеральных округов, наименьшие – Южного и Северо-Кавказского (рис. 1).

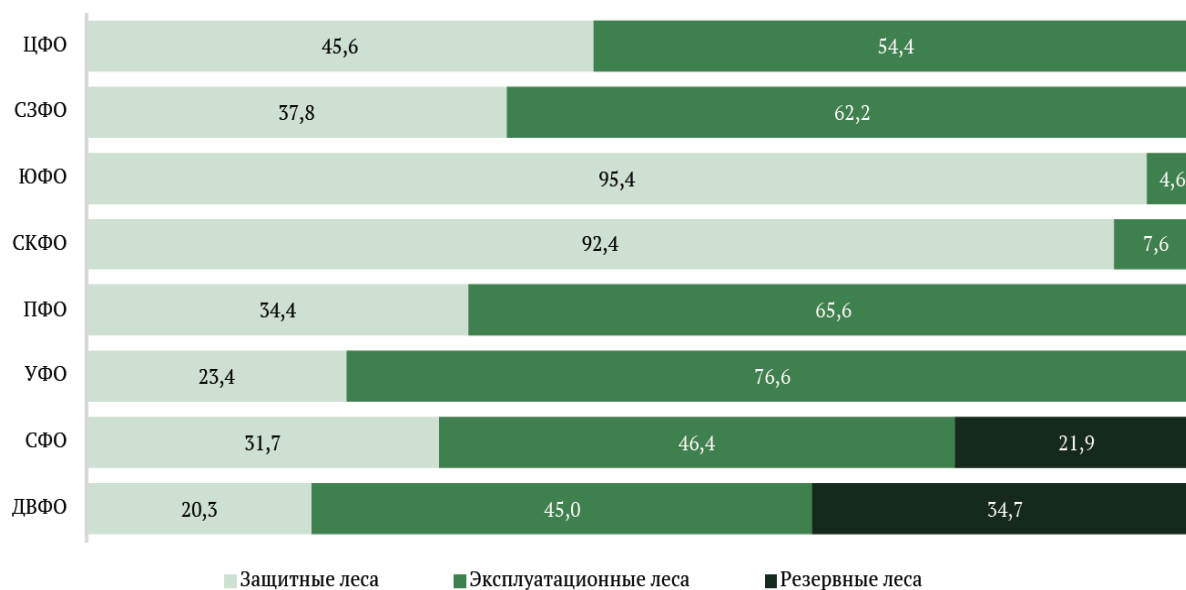


Рис. 1. Распределение площади лесных земель по целевому назначению в разрезе федеральных округов Российской Федерации в 2022 г., % [2]

С 2013 года в России в силу совместного негативного действия различных природных и антропогенных факторов отмечается тенденция к снижению общего запаса древесины лесных насаждений. Этот показатель свидетельствует о нарушениях структурной целостности и нормального функционирования лесных экосистем, что, в свою очередь, приводит к потере биологического разнообразия.

Существуют различные механизмы минимизации негативного антропогенного воздействия: правовой, экономический, идеологический, социальный, воспитательный, духовный и др. Ведущая роль при этом отводится единой государственной политике, направленной на сохранение благоприятного состояния окружающей природной среды. Для ее реализации разрабатывается система правовых норм, регулирующих отношения в сфе-



ре экологической безопасности и гарантирующих защиту экологических прав и законных интересов физических и юридических лиц.

Создание правового механизма ответственности за качество окружающей среды и возмещение экологического вреда является в настоящее время ключевой задачей, для решения которой необходимо реализовать принцип «загрязнитель платит». Слабой стороной российской природоохранной деятельности является низкая эффективность действия юрисдикционного механизма, то есть привлечения к юридической ответственности за правонарушения в сфере экологии. В последние годы количество экологических правонарушений постоянно увеличивается, что свидетельствует об отсутствии системной работы по предупреждению, раскрытию и расследованию правонарушений данного вида. Большую озабоченность вызывает высокая латентность и низкая раскрываемость экологических преступлений [3].

Согласно данным Министерства внутренних дел, наиболее часто нарушаемой статьей Уголовного кодекса Российской Федерации является ст. 260 - Незаконная рубка лесных насаждений. В 2022 году по данной статье зарегистрировано 9767 преступлений и только 3279 дел направлено в суд с обвинительным заключением или обвинительным актом; по ст. 261 УК - Уничтожение или повреждение лесных насаждений, – 522 преступления (из них 31 направлено в суд). При этом количество преступлений, зарегистрированных по ст. 247 УК - Нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов, составило 42 (из них 21 направлено в суд). Число возбужденных должностными лицами дел об административных нарушениях по ст. 8.32 КоАП - Нарушение правил пожарной безопасности в лесах, составило 2085; по ст. 8.28 КоАП - Незаконная рубка, повреждение лесных насаждений или самовольное выкапывание в лесах деревьев, кустарников, лиан, - 818; по ст. 7.9 КоАП - Самовольное занятие лесных участков, - 28; по ст. 8.30 КоАП - Уничтожение лесной инфраструктуры, а также сенокосов, пастбищ, - 1 [2].

Одной из форм юридической ответственности за экологические правонарушения является возмещение вреда, причиненного окружающей среде. Отношения по возмещению экологического вреда основаны на принципах гражданско-правовой ответственности, что предусматривает возложение на причинителя вреда бремени доказывания обстоятельств, освобождающих от ответственности (презумпция вины для предприятий — источников повышенной опасности), а также обязанность причинителя вреда возместить его в полном объеме (реального ущерба, упущенной выгоды

или недополученных доходов) независимо от привлечения к другим видам юридической ответственности.

Анализ динамики вклада различных источников в основные прямые доходы консолидированного бюджета Российской Федерации с 2015 по 2022 год указывает на увеличение в последние годы платежей по искам о возмещении вреда, причиненного окружающей среде (табл. 1) [4].

Таблица 1. Динамика поступления платежей по искам о возмещении экологического ущерба в основные прямые доходы консолидированного бюджета от природных ресурсов и природопользования в Российской Федерации, млрд руб.

Вид дохода	Годы							
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Платежи по искам о возмещении вреда, причиненного окружающей среде	1,02	1,86	2,07	1,73	2,30	2,42	151,99	76,72

В России регламентация оценки экологического ущерба осуществляется Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», федеральными методиками по расчету размера вреда, причиняемого отдельным компонентам и объектам природной среды, а также постановлениями Верховного Суда и Конституционного Суда.

В настоящее время в мире существует два основных подхода к оценке экологического ущерба:

по затратам на устранение вреда, включая компенсацию убытков третьих лиц;

по готовности людей платить за природные блага (экосистемные услуги).

В международной практике оценки экологического ущерба преобладает затратный подход, так как полученные результаты стоимостной оценки признаются судами и считаются достаточно доказательными. Дискуссии при этом в основном ведутся по вопросам объема восстановительных работ и качества окружающей среды, которое должно быть восстановлено (европейский принцип «насколько чисто должно быть чисто»).

В нашей стране широко практикуется таксовый расчет при оценке размера экологического ущерба. Данный способ удобен, так как прост в

использовании. Большинство официально признанных методик, применяемых в России, построено по таксовому принципу. Однако необходимо отметить, что в большинстве случаев он не позволяет получать объективные показатели, сопоставимые со складывающимися рыночными реалиями. Суть исчисления причиненного вреда на основе такс и методик состоит в том, что в виде стандарта определяется сумма, которую причинитель вреда обязан уплатить за каждую единицу незаконно использованного, поврежденного природного объекта или добытого природного ресурса при применении расчета по установленной методике. При этом таксы и методики устанавливаются нормативными правовыми актами.

Ниже приведен перечень основных федеральных документов, определяющих порядок оценки вреда лесам и отдельным их компонентам (действующих по состоянию на 01.05.2024 г.):

– Особенности возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства (Утверждены постановлением Правительства РФ от 29.12.2018 № 1730, с изм. на 18 декабря 2020 года);

– Таксы для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации (далее — объекты растительного мира), и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования (Утверждены приказом Минприроды России от 01.08.2011 № 658);

– Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам (Утверждена приказом Минприроды РФ от 08.12.2011 № 948; с изм. на 17 ноября 2017 г.);

– Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную Книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания (Утверждена приказом Минприроды России от 28.04.2008 № 107, с изм. на 12 декабря 2012 г.);

– О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности (Методика утверждена постановлением Правительства РФ от 22.05.2007 № 310; с изм. на 6 марта 2024 г.).

В настоящее время, несмотря на значительное количество документов, регламентирующих вопросы оценки ущерба, единые методические принципы и стандарты оценки экологического ущерба, признанные госу-

дарством, отсутствуют. Данное обстоятельство является серьезным пробелом в сфере оценки ущерба окружающей среде, приводящим к тому, что вновь созданные документы и документы, разработанные в более раннее время, содержат несовместимые методические подходы. Критерии истинности полученных результатов отсутствуют, следствием чего является получение стоимостных показателей, никак не отражающих величину причиненного ущерба. Еще одной серьезной проблемой, вытекающей из существующего положения, является невозможность оспаривания в суде экономически необоснованных такс и приемов расчета ущерба [5].

#### Список литературы

1. Данные открытого агентства // Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-ForestlandArea?ysclid=lvnqx4p8ws986196663>
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2023. 686 с.
3. Черных Н.А., Баева Ю.И. Международный опыт оценки экологического вреда // Страховое право. 2021. № 3. С. 15–32.
4. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за 2015-2022 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/)
5. Медведева О.Е. Задачи оценки экологического ущерба в Арктической зоне // Арктика и Север. 2015. № 18. С. 131–147.

### Алфавитный указатель

- Аким Э.Л. 108  
Алашкевич Ю.Д. 6, 12, 56, 64, 94  
Бабич Н.А. 50  
Баева Ю.И. 110, 191  
Берлин А.А. 108  
Богданов А.П. 44  
Боголицын К.Г. 166  
Бойцова Т.А. 121  
Бондаренко А.С. 116  
Бровко О.С. 121, 125  
Воронин В.В. 33  
Воронин И.А. 94  
Герке Л.Н. 17, 61  
Голуб О.В. 71  
Голубев С.С. 22  
Горбунова С.В. 33  
Гусакова М.А. 121, 125, 166  
Давыдов А.В. 28  
Демина Н.А. 33  
Демьянцева Е.Ю. 159  
Дубовый В.К. 159  
Дягилева А.Б. 129, 153  
Епифанов А.В. 133  
Еремин Д.П. 163  
Жаров Е.В. 39  
Жильцов Д.В. 166  
Ивахнов А.Д. 121, 125  
Ильинцев А.С. 44, 137  
Казаков Я.В. 50, 78  
Карелина А.А. 56  
Князева А.В. 17, 61  
Кобылина Т.Н. 44  
Ковалев В.И. 64  
Ковалева О.П. 142  
Кожухов В.А. 56  
Коношенков А.А. 22  
Коптев С.В. 44, 137  
Корепин Д.Ю. 188  
Коробов А.А. 22  
Красикова А.А. 125, 166  
Кряжев А.М. 71, 104, 147  
Ленивцев П.И. 153  
Луканин П.В. 108  
Лурье М.С. 6  
Лурье О.М. 6  
Лысаченкова М.М. 78  
Мазурик Д.И. 129  
Марченко Р.А. 99  
Михайлов К.Л. 84  
Мишуков Д.М. 89  
Мозгушин М.А. 133  
Морева Ю.Л. 159  
Москалюк Е.А. 125  
Наквасина Е.Н. 137  
Оруджова О.Н. 180  
Пекарец А.А. 108  
Петрова А.А. 94  
Петруничев О.В. 142  
Пристегина К.А. 163  
Прохорова А.А. 133  
Роговина С.З. 108  
Рыбников О.В. 108  
Самсонова Н.А. 125, 166  
Санжаровский А.Ю. 71  
Селиванова Н.В. 166  
Симонова Е.И. 159  
Слизикова Е.А. 99  
Слобода А.А. 121, 125  
Смирнова А.И. 129  
Старжинская Е.В. 104, 170

Сурина Е.А. 174  
Сухопаров В.А. 180  
Торцев А.М. 184  
Третьяков С.В. 28, 44,137  
Тюкавина О.Н. 188  
Федорова О.В. 108  
Фомкина А.А. 12  
Фролов А.С. 6  
Хвиюзов С.С. 166  
Черных Н.А. 110, 191  
Шуркина В.И. 99

## Организаторы конференции



АО «Архангельский ЦБК»



Союз лесопромышленников и лесэкспортеров России



Северный (Арктический) федеральный  
университет имени М.В. Ломоносова



Правительство Архангельской области



Федеральный исследовательский центр  
комплексного изучения Арктики имени академика



РАО «БУМПРОМ»