

РАР-FOR 2018

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ В. А. ЧУЙКО

Часть II



Санкт-Петербург
12 ноября 2018

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

PAP-FOR 2018



Материалы

Международной научно-технической конференции
молодых ученых, специалистов в области
целлюлозно-бумажной промышленности,
посвященной памяти В. А. Чуйко

(Санкт-Петербург, 12 ноября 2018 года)

Часть II



PAP-FOR
■ RUSSIA ■

Санкт-Петербург
2018

УДК 676

ББК 65.9(2)304.18

М 341

Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, специалистов в области целлюлозно-бумажной промышленности, посвященной памяти В.А. Чуйко (Санкт-Петербург, 12 ноября 2018 года) / сост. А.Г. Кузнецов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – Часть II. – 129 с.

ISBN 978-5-91646-158-9

В сборнике материалов помещены доклады научно-технической конференции, представленные студентами, аспирантами, молодыми учеными и специалистами, ведущими фундаментальные и прикладные научные исследования. Конференция посвящена проблемам современного состояния целлюлозно-бумажной промышленности.

Представленные доклады освещают три основные тематики:

- технологии и оборудование ЦБП;
- охрана окружающей среды и энергосбережение;
- проблемы применения профессиональных стандартов; условия внедрения наилучших доступных технологий.

Сборник предназначен для тех, кто интересуется современными технологиями и методами исследования в различных отраслях науки.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна в качестве материалов научно-технической конференции.

Материалы конференции печатаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-91646-158-9

© Высшая школа технологии
и энергетики СПбГУПТД,
2018

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ЧУЙКО

(14.01.1937 – 13.05.2018)

Председатель правления РАО «Бумпром», генеральный директор Архангельского ЦБК (1972 – 1979) и Братского ЛПК (1983 – 1989), заместитель министра лесной промышленности СССР (1979 – 1991)

Владимир Алексеевич родился 14 января 1937 года в Воронеже. После окончания Киевского Политехнического института работал на Архангельском ЦБК, где прошел путь от варщика до гендиректора.

В 1979 году Владимир Чуйко был назначен заместителем министра целлюлозно-бумажной промышленности СССР, а затем после объединения министерств – заместителем министра лесной и целлюлозно-бумажной промышленности СССР. На этой должности он провел большую работу по организации деятельности отрасли. Пост замминистра совмещал с должностью руководителя Братского ЛПК.

В 1993–1995 годах занимал пост первого заместителя председателя государственной компании «Рослеспром», затем – первого заместителя председателя государственного комитета по лесной промышленности РФ. В

Российской инженерной академии Чуйко создал секцию Лесотехнических технологий, академиком-секретарем которой он и был до последних дней своей жизни.

В 1999 г. В.А. Чуйко возглавил Российскую ассоциацию организаций и предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (РАО «Бумпром»). Под его руководством РАО «Бумпром» вошел в международный совет лесных и бумажных ассоциаций (ICFPA) и в 2014 году провел в Санкт-Петербурге совместное заседание ICFPA и ФАО ООН. Под руководством В.А. Чуйко был создан Совет по профессиональным квалификациям в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности России, в рамках работы которого были разработаны и внедрены профессиональные стандарты по многим профессиям рабочих и инженерно-технических работников, началось формирование системы отраслевых центров оценки квалификаций.



**Переработка корьевых отходов целлюлозно-бумажного производства
методом пиролиза**

Processing of measles waste from pulp and paper production by pyrolysis

А.А. Александрович, Е.Н. Громова

A. Aleksandrovich, E. Gromova

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

В докладе рассматривается возможность утилизации кородревесных отходов целлюлозно-бумажного производства путем пиролиза с получением горючего пиролизного газа и образованием угля. Приводятся сведения о составе и теплотворной способности коры различных пород древесины, описываются стадии пиролиза и оборудование, в котором осуществляется процесс.

The report discusses the possibility of utilization of waste from the pulp and paper industry by pyrolysis with the production of pyrolysis gas fuel and the formation of coal. The information about the composition and calorific value of the bark of different types of wood, describes the stage of pyrolysis and the equipment in which the process is carried out.

Ключевые слова: корьевые отходы, пиролиз, утилизация.

Keywords: feed waste, pyrolysis, utilization.

Для производства целлюлозно-бумажной продукции, соответствующей стандартам качества, древесину перед технологической переработкой предварительно подвергают окорке в специальных устройствах – окорочных барабанах. Образующиеся таким образом корьевые отходы на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности традиционно утилизируются путем их сжигания в топках различного конструктивного исполнения. Главные недостатки коры как вторичного топлива – высокая влажность и неравномерный фракционный состав, поэтому перед их загрузкой в топочное устройство производится подготовка кородревесных отходов. Снижение влажности происходит в прессах, а фракционирование – в рубительных машинах.

Кора представляет собой многослойную ткань древесины, состоящую из корки и луба. В общем объеме древесины кора занимает у хвойных пород 8-12 % и 12-20 % у лиственных.

Элементный состав кородревесных отходов и их теплотворная способность зависят как от породы древесины, так и от возраста, места произрастания и т.д. Приблизительный состав и теплота сгорания коры приведены в таблице.

Одним из перспективных методов использования кородревесных отходов на предприятиях ЦБП является их утилизация путем пиролиза. Принцип работы пиролизных установок основан на явлении пиролиза – термического разложения веществ сложного химического состава без участия дополнительных реагентов.

При чистом пиролизе распад закладки топлива происходит без доступа воздуха в реторте, далее пиролизные газы собираются в ресивер (накопитель) и используются для различных целей. Однако необходимо отметить, что КПД чистого пиролиза не очень высок, так как при остывании пиролизных газов часть горючих компонентов осаждается.

В зависимости от температуры протекания процесса разложения древесины различают следующие виды пиролиза:

- Полукоксование, или низкотемпературный пиролиз. Такой процесс протекает при температуре 500 °С. При этом выделяется максимальное количество твердого остатка и жидких пиролизных продуктов и минимальное количество пиролизного газа.
- Среднетемпературное коксование, или среднетемпературный пиролиз. Процесс осуществляется при температурах от 500 до 1000 °С. В этом случае снижается количество коксового остатка и жижки и увеличивается выход пиролизного газа.
- Коксование, или высокотемпературный пиролиз. Температура процесса свыше 1000 °С. В ходе высокотемпературного пиролиза достигается наибольший выход пиролизного газа.

Элементный состав и теплота сгорания рабочей массы коры и древесины при влажности 55 % [1]

Показатели	Обозначения	Кора	Древесина
Влажность	$W_t^r, \%$	55,0	55,0
Зольность	$A^r, \%$	1,6	0,45
Сера	$S^r, \%$	0,17	-
Углерод	$C^r, \%$	22,7	22,7
Водород	$H^r, \%$	2,6	2,7
Азот	$N^r, \%$	-	0,30
Кислород	$O^r, \%$	17,9	18,8
Низшая теплота сгорания	Q_i^r	7157,5 (1708)	7039 (1680)

Показатели	Обозначения	Кора	Древесина
	кДж/кг, (ккал/кг)		
Высшая теплота сгорания	Q_s^r , кДж/кг, (ккал/кг)	8637,3 (2061,4)	9032,8 (2155,8)

Температурные условия протекания процесса высокотемпературного пиролиза превышают температуру плавления большинства составляющих кородревесных отходов, поэтому можно судить о наибольшей эффективности именно такого процесса. Кроме того, при температуре протекания пиролиза свыше 1500 °С наблюдается повышение скорости реакции и процента выхода газовой составляющей. Также в процессе коксования отмечается значительное снижение объема шлакообразования по сравнению с полукоксованием. Таким образом, утилизация кородревесных отходов путем высокотемпературного пиролиза позволяет получить максимальное количество горючего пиролизного газа и избежать применения ресурсозатратных технологий дальнейшей переработки угольного остатка.

Принципиальная схема процесса пиролиза представлена на рисунке.

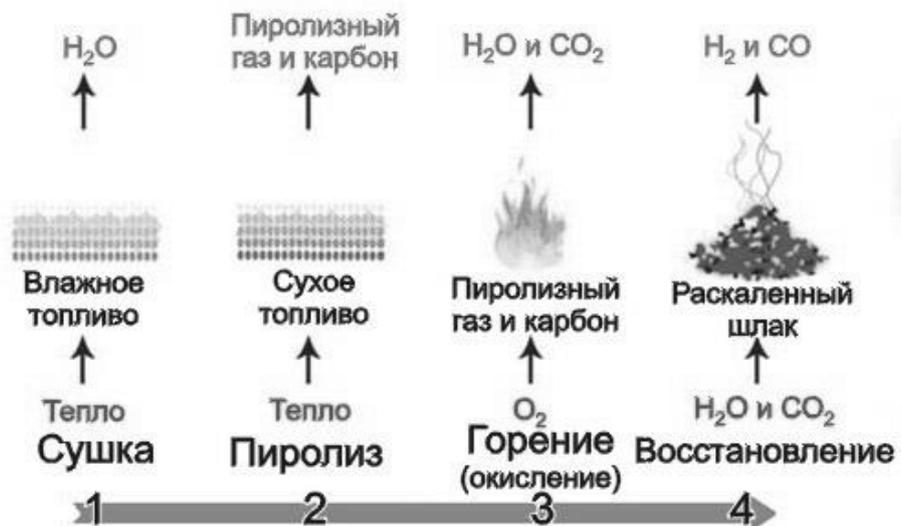


Рисунок 1 – Принципиальная схема пиролиза

1. Первый этап — сушка древесины при температуре 130-155 °С. На этом этапе происходит снижение влагосодержания кородревесных отходов. Для более качественного протекания последующего процесса содержание влаги в топливе не должно превышать 40 %.
2. Второй этап — начало разложения древесины, которое происходит при температуре 155-280 °С. Процесс разложения сопровождается интенсивным выделением летучих веществ и уксусной кислоты.

3. Третий этап — испарение и образование наибольшего количества продуктов разложения. Такие процессы протекают при температуре 280-455 °С. В процессе разложения древесины выделяется значительное количество теплоты, пиролизного газа, уксусной кислоты и метанола.
4. Четвертый этап — прокаливание древесного остатка, этот процесс реализуется при температуре 455-560 °С также за счет подвода тепла извне. Заключительная стадия пиролиза, здесь происходит образование тяжелой смолы и завершается процесс формирования древесного угля [2].

Процесс пиролиза древесины и кородревесных отходов осуществляется в ретортах, которые разделяются по принципу действия на: непрерывный, периодический и полунепрерывный процесс, а по принципу обогрева — реторты с внутренним или наружным обогревом [2].

Аппараты полунепрерывного действия наиболее широко применяются в промышленности. Закладка топлива в реторты осуществляется через определенные промежутки времени небольшими порциями, что позволяет производить непрерывный отбор образующегося пиролизного газа. Остаток процесса пиролиза – древесный уголь выгружается из аппарата периодически, по мере накопления в нижней части.

Пиролизные установки представляют собой аппараты, в которых тепло передается от теплоносителя к древесине при непосредственном контакте, вследствие принудительной подачи теплоносителя (горячих топочных газов) внутрь камеры. В ретортах с наружным или внутренним обогревом все 4 этапа пиролиза протекают одновременно.

В установках с внутренним обогревом пиролиз протекает более равномерно по толщине слоя топлива, а образующиеся летучие вещества совместно с потоком теплоносителя своевременно удаляются из аппарата. Однако основной недостаток в работе таких установок полунепрерывного действия – низкая концентрация продуктов разложения в парогазовой смеси по сравнению с ретортами с внутренним обогревом.

Представляется целесообразным утилизировать кородревесные отходы ЦБП путем пиролиза в вертикальных непрерывно действующих ретортах. В таких аппаратах процесс пиролиза протекает непрерывно, загрузка кородревесных отходов и удаление охлажденного древесного угля осуществляется периодически, по мере образования. Использование в качестве теплоносителя смеси топочных газов, получаемых при сжигании газообразного топлива и неконденсирующихся газов, образующихся внутри реторты, позволит снизить энергоемкость пиролизных установок.

Реторта представляет собой стальной цилиндр высотой до 25 м, с внутренним диаметром 2,5 - 2,9 м и толщиной стенок 15 мм. Загрузка

кородревесных отходов осуществляется через загрузочное устройство сверху, а удаление образовавшегося угля – через нижний разгрузочный люк. Для выхода образовавшихся летучих веществ и ввода теплоносителя предусматриваются специальные патрубки, а также специальный подвод охлаждающих газов для снижения температуры в зоне охлаждения угля. Для более равномерного распределения теплоносителя по сечению реторты и охлаждения угля внутри нее устанавливаются два усеченных конуса из листовой стали: в зоне подвода теплоносителя и в зоне отвода нагретых газов. Равномерная усадка слоя топлива и угля в нижней части реторты обеспечивается за счет установки по центру подвешенного или неподвижного конуса, задерживающего движение столба коры и угля. Также в результате установки дополнительных поверхностей уменьшается давление на выгрузное устройство.

Таким образом, технологический процесс, протекающий в вертикальных ретортах, объединяет процессы сушки и пиролиза кородревесных отходов, охлаждения и конденсации жидких продуктов, охлаждения газа и угля, получения теплоносителя.

Выход продуктов пиролиза значительно колеблется в зависимости от размера фракций коры, температуры процесса, его продолжительности, влажности топлива. В среднем для хвойных пород древесины выход составляет: угля 35-40 %, жижки 47-50 %, пиролизных газов 15-23 %. При этом выход уксусной кислоты для хвойных пород равен 2,6-3 %, для лиственных – от 4 до 8 %. [3]

Список литературы

1. Жучков П.А. Тепловые процессы в целлюлозно-бумажной промышленности. – М., 1978.
2. Исхаков Т.Д. Энерго- и ресурсосбережение при утилизации отработанных деревянных шпал методом пиролиза / Т.Д. Исхаков, А.Н. Грачев, В.Н. Башкиров, Р.Г. Сафин // Известия вузов. Проблемы энергетики. № 11-12. 2008. с. 16-20.
3. Клинков А.С., Беляев П.С., Однолько В.Г. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015.

Агрегативная устойчивость частиц сульфатного мыла в растворах ПАВ
Aggregative stability of sulfate soap particles in the solutions of surfactants

О.С. Андранович, Л.Р. Трегелева, Е.Ю. Демьянцева

O.S. Andranovich, L.R. Tregeleva, E.Yu. Demyantseva

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Для интенсификации процесса выделения сульфатного мыла было рассмотрено введение неионогенного поверхностно-активного вещества (НПАВ) отечественного производства. Добавка ПАВ к сульфатному мылу повышает его гидрофобность, тем самым ускоряя процесс агрегации молекул сульфатного мыла. Скорость седиментации частиц сульфатного мыла при этом возросла в 12 раз.

Данный процесс выделения сульфатного мыла может стать основой для разработки энергосберегающей инновационной технологии производства вторичных продуктов как одного из направлений биорефининга.

The addition of a Russian produced nonionic surfactant was considered to intensify the process of sulphate soap extraction. Addition of surfactant to sulphate soap increases its hydrophobicity, thereby improving the aggregation of the sulphate soap molecules. The rate of sedimentation of sulphate soap particles increased by a factor of 12. This process of sulphate soap extraction can become a basis for developing an energy-efficient innovative technology for the secondary products manufacturing. It can be the one of the areas of biorefining.

Ключевые слова: сульфатное мыло, черный щелок, неонол 9-6

Keywords: sulphate soap, alkali black liquor, neonol 9-6

В настоящее время одним из важнейших факторов успешной деятельности отечественных предприятий целлюлозно-бумажной отрасли является внедрение конкурентоспособных наилучших доступных технологий, основанных на применении универсальных реагентов, способствующих интенсификации производственных процессов на всех этапах получения основного и вторичного продуктов, а также разработка и реализация экологической стратегии развития ресурсосберегающих технологий.

Возрастает интерес к разработке и внедрению наилучших доступных технологий (НДТ) в целлюлозно-бумажном производстве. Задачами, которых является интенсификация производственного процесса с получением продукции высочайшего качества с максимальным выходом вторичного

продукта при меньших расходах. Это возможно при внедрении био-рефайнинга древесины, то есть производства продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой комплексной механическо-химической переработки лесных ресурсов [1].

К такой продукции относится получение побочного продукта сульфатцеллюлозного производства – сульфатного мыла и продуктов на его основе: биологически - активных добавок, таллового масла, канифоли и др. В то же время компоненты сульфатного мыла ухудшают процесс обезвоживания щелоков, в связи с его высокой способностью к пенообразованию, в результате чего снижается эффективность упаривания, а подчас выводится из строя оборудование за счет загрязнения выпарных конденсатов компонентами черного щелока, которые пригорают к стенкам выпарных аппаратов [2,3]. На сегодняшний день, используемые методы выделения сульфатного мыла, не особо эффективны. Из щелока максимально выделяют 50 % мыла (из грубодисперсной фракции), а остальное молекулярно- и коллоидно-растворенное мыло так и остается в растворе щелока. В настоящее время актуальной задачей производства побочных продуктов целлюлозно-бумажных комбинатов является разработка методов выделения их из растворов, путем регулирования агрегативной и седиментационной неустойчивости компонентов отработанных щелоков [4]. Известно, что исследуемые растворы представляют собой гетерогенную систему с преимущественным содержанием наночастиц, которые при понижении температуры агрегативно неустойчивы. В результате коагуляции образуются соединения, состоящие из лигнина, производных углеводной части и смолы [5].

В результате возникает стабилизированная система лигнин-смола, для ее дестабилизации необходимо ввести специальные деэмульгирующие добавки, например, поверхностно-активные вещества. Добавление ПАВ будут способствовать усилению мицеллообразования сульфатного мыла, тем самым увеличивается дисперсная часть, которую в дальнейшем можно будет выделить путем коагуляции.

В связи с этим целью данной работы является повышение седиментационной неустойчивости сульфатного мыла в водных растворах при добавлении деэмульгирующей добавки на основе поверхностно-активного вещества неионогенного типа. В качестве такого вещества в работе был использован ПАВ отечественного производства. Предварительно проведенные исследования коллоидно-химических характеристик данного вещества показали его высокие адсорбционные способности для смещения стабилизационного слоя на поверхности раздела фаз в системе и разрушения эмульсии.

Введение в раствор неионогенного ПАВ неонола 9-6 позволило увеличить дисперсную часть раствора сульфатного мыла. Практически 98-99 % растворенного вещества находится в гетерогенном состоянии. Для доказательства агрегативной неустойчивости исследуемых систем сульфатного мыла при воздействии поверхностно-активного вещества методом динамического светорассеяния был определен гидродинамический размер частиц дисперсной фазы растворов сульфатного мыла. Результаты представлены на рисунке 1.

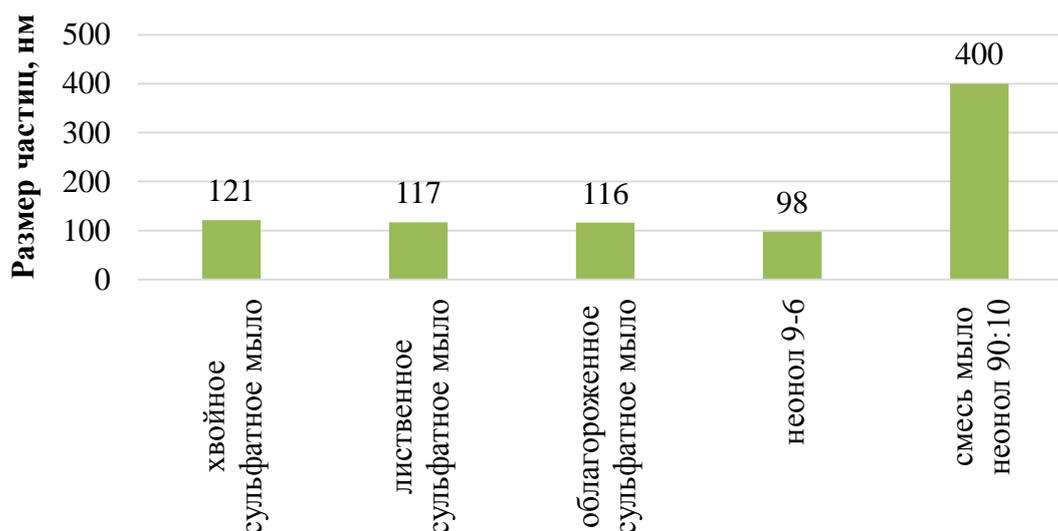


Рисунок 1 – Средний размер частиц растворов хвойного, лиственного, облагороженного сульфатного мыла в водных растворах

Была проведена приближенная оценка степени агрегации мицелл сульфатного мыла, данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели молекулярной массы и степени агрегации для хвойного, лиственного и облагороженного сульфатного мыла, и смеси

Компоненты	Молекулярная масса	Степень агрегации
Хвойное сульфатное мыло	$2,25 \cdot 10^9$	$7,40 \cdot 10^6$
Лиственное сульфатное мыло	$2,04 \cdot 10^9$	$6,29 \cdot 10^6$
Облагороженное сульфатное мыло	$1,98 \cdot 10^9$	$6,39 \cdot 10^6$
Смесь 90:10	$81,38 \cdot 10^9$	$257,96 \cdot 10^6$

Степень агрегации была рассчитана как отношение молекулярной массы сульфатного мыла к молекулярной массе структурной составляющей (олеат и абиетат натрия).

Как видно из данных таблицы отсутствие нейтральных веществ в облагороженном сульфатном мыле способствует ассоциации молекул. Добавка неонола 9-6 вследствие гидрофобизации раствора увеличивает агрегативную способность мыла в десятки раз, повышая при этом скорость седиментации

частиц дисперсной части по приблизительной оценке в 12 раз. Это позволит ускорить процесс отстаивания сульфатного мыла из отработанных щелоков.

Выводы

- Обнаружено, что добавка неонола 9-6 увеличивает дисперсную долю до 98-99 %, степень агрегации молекул и скорость седиментации коллоидных частиц.
- Неионогенное поверхностно-активное вещество неонол 9-6 может быть предложено в качестве дезмульгирующей добавки в отработанные щелока сульфат-целлюлозных предприятий для выделения сульфатного мыла.

Список литературы

1. Аким Г.Л. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – СПб.: Политехника, 2003. - 424 с.
1. 2.Литучина Т.Ф. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки. – Екатеринбург, 2005. – 211 с.
2. Carrp S. Проблемы в лесной и лесоперерабатывающей промышленности. – Paper, 1993. - №6 (218). - С. 34-36.
3. Мосягин В.И. Вторичные ресурсы целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности. - М.: Лесная промышленность, 1987. – 200 с.
4. Лысогорская Н.П., Демьянцева Е.Ю., Клюбин В.В. О гетерогенности водно-щелочных растворов сульфатного лигнина и смолы древесины Коллоидный журнал, 2002, Т.64, № 3. - С. 427-429.

Влияние низкотемпературной обработки целлюлозы на гидрофильные и сорбционные свойства целлюлозного волокна

**Influence of low-temperature processing of cellulose
on the strength of the paper sheet**

В.С. Антонова, И.И. Осовская

V.S. Antonova, I.I. Osovskaja

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД, г. Санкт-Петербург

Исследовано влияние главных факторов процесса замораживания: температуры, времени низкотемпературной обработки и концентрации воды на физико-химические свойства целлюлозы. Методами калориметрии, сорбции паров воды, измерением средней степени полимеризации выявлены оптимальные условия модификации целлюлозы с целью развития капиллярно-пористой структуры, повышения связеобразующей способности целлюлозного волокна. Показана корреляция полученных закономерностей с физико-механическими испытаниями опытных отливок.

The influence of the main factors of the freezing process: temperature, time of low-temperature treatment and water concentration on the physical and chemical properties of cellulose was studied. Methods of calorimetry, water vapor sorption, the measurement of the average degree of polymerization revealed the optimal conditions for the modification of cellulose for the development of capillary-porous structure, increasing the bond-forming ability of cellulose fiber. Shows the correlation of obtained patterns with physical and mechanical testing of the experimental castings.

Ключевые слова: целлюлозное волокно, модификация, низкотемпературная обработка, капиллярно-пористая структура, гидрофильность.

Keywords: cellulosic fiber, modification, the low temperature, capillary-porous structure, hydrophilicity.

Химическая и структурная модификация полимеров с целью улучшения и придания им новых свойств является одним из основных современных направлений исследования в области химии и технологии целлюлозно-бумажного производства [1]. Сложная структура кристаллических и разупорядоченных зон, наличие энергетически неравноценной системы водородных связей во многом определяют сорбционные, гидрофильные и бумагообразующие свойства целлюлозных композитов. Система водородных

связей, подвижность и регулярность взаимного расположения макромолекул целлюлозы, существующих в природном полимере, можно изменить путем физических или химических воздействий. При подготовке волокнистого полуфабриката к использованию в технологических процессах важное значение имеют способы модифицирования структуры целлюлозного волокна без изменения химического строения. Одним из таких способов направленного изменения субмикроскопической структуры целлюлозного волокна является замораживание влажной целлюлозной массы. Характер изменений физической структуры целлюлозы, подвергнутой низкотемпературной обработке, изучался в ряде работ [1-8]. Экспериментальные и теоретические результаты, приведенные в этих работах, посвящены, в основном, определению количества незамерзающей воды в различных целлюлозных полуфабрикатах при постоянной продолжительности воздействия [2]. О влиянии структуры поверхности целлюлозного волокна на водоудерживающую способность целлюлозы (ВУС) указано в работах [9-10].

Методами низкотемпературной калориметрии [2] и ЯМР [3, 4] показано повышение гидратации целлюлозы, содержащей более 100 % воды при многократном замораживании. Однако гидрофильные и бумагообразующие свойства целлюлозы с влагосодержанием менее 100 % при однократной низкотемпературной обработке резко снижаются. Одновременно уменьшается степень полимеризации и механическая прочность бумаги [2-4]. Неудачные попытки исследователей улучшить гидрофильность и прочность бумаги при низкотемпературной обработке влажных целлюлозных волокон обусловлены отсутствием оценки роли фактора времени на данный процесс [2-4]. Впервые влияние продолжительности низкотемпературной обработки на гидрофильность и бумагообразующие свойства целлюлозы было рассмотрено и опубликовано в работах [6, 7].

Задачей наших исследований является развитие этих работ, получение новых экспериментальных данных с целью выявления закономерностей и механизма процесса замораживания целлюлозных волокон при использовании их в реальной технологии.

Объектом исследования служила сульфатная беленая целлюлоза из лиственных пород древесины.

В качестве методов исследования были использованы: калориметрический метод определения интегральной теплоты взаимодействия модифицированной целлюлозы с водой (ΔH), Тепловые эффекты (ΔH) исследованы при 298 К на калориметре с изотермической оболочкой, относительная погрешность измерений – 2 %. Подготовка влажных целлюлозных волокон для калориметрических исследований имеет ряд

особенностей методического характера, подробно изложенных в работах [11, 12]. С целью сохранения структуры целлюлозы после замораживания обезвоживание образцов для калориметрических измерений выполняли методом инклюдирования, т.е. методом замены растворителя: ацетон–этанол–н-гексан. Для других методов исследования образцов после замораживания-оттаивания дополнительной обработки не требовалось [12]. Снятие изотерм десорбции (A , г/г) проводилось статическим методом в широкой области относительных давлений паров воды (P/P_0). Среднюю степень полимеризации определяли по вязкости растворов целлюлозы в железовиннонатриевом комплексе при температуре 298 К на вискозиметре Уббелюде, относительная погрешность – 5 %. Растворимость целлюлозы, сорбция прямого зеленого триазокрасителя (a , мг·г⁻¹), физико-механические испытания опытных отливок проводились по общепринятым методикам [13].

Низкотемпературная обработка проводилась в сосуде Дьюара, заполненном охлаждающим агентом (смесью сухого льда и ацетона или жидким азотом). В сосуд Дьюара помещали запаянный в герметичную емкость образец целлюлозы с известным равновесным влагосодержанием. По истечении заданного времени целлюлозу извлекали и после оттаивания исследовали ее физико-химические и физико-механические свойства. После хранения обработанной целлюлозы в течение суток изменения изучаемых свойств не наблюдали. К такому же выводу пришли авторы работы [5], изучая влияние замораживания на прочность суспензии волокон древесной целлюлозы.

Калориметрические измерения и изотермы сорбции паров воды выявили прямую зависимость измеряемых величин от условий низкотемпературной обработки: времени (τ), температуры (T), влажности (W). Исследования показали влияние времени замораживания на энтальпии взаимодействия целлюлозы с водой; максимальное увеличение ΔH зависит от температуры замораживания и составляет 8 с при 77 К и 30 с при 195 К. Наибольшее увеличение теплоты гидратации характерно для высокоскоростного замораживания (при 77 К). При высокоскоростном замораживании образование большого числа микрокристаллов способствует формированию мелкопористой структуры целлюлозного волокна, доступной для проникновения жидкости. В результате величины ΔH и сорбция паров воды выше для целлюлозы, подвергнутой быстрому замораживанию. Снижение тепловых эффектов при времени замораживания меньше оптимального обусловлено протекающей одновременно миграцией молекул воды к центрам льдообразования, приводящей к высвобождению поверхностных гидроксильных групп макромолекул целлюлозы, способных к межмолекулярному взаимодействию. Следствием этого процесса является образование водородных связей,

снижающих сорбцию паров воды и тепловой эффект взаимодействия целлюлозы с водой.

Полученные результаты были использованы для формирования условий при получении опытных отливок.

Установлено минимальное содержание воды (30-35 %), достаточное, чтобы подвижность полимерных цепей была высока, а промежутки между цепями достаточными для группирования молекул воды и зарождения льда. Известно, что при этой концентрации воды аморфная фаза полимера находится в высокоэластическом состоянии [14]; при влажности ниже 30 % вследствие снижения внутримолекулярной подвижности звеньев целлюлозы и уменьшения пространства для образования тетраэдрической структуры льда увеличения объема пор не происходит.

Результаты физико-механических испытаний имеют ярко выраженный экстремальный характер зависимости прочности бумаги от времени замораживания, отражающий наличие противоположно действующих процессов, а именно, улучшение связеобразующей способности волокна, обусловленное увеличением объема тончайших субмикроскопических пор и капилляров, ранее недоступных для воды, и снижение связеобразующей способности целлюлозы с увеличением времени замораживания и образованием волокон с более дефектной структурой. За счет разной скорости релаксации напряжений в поверхностных и внутренних слоях волокна образуются трещины, понижающие его прочность. [14]

Основные выводы

1. Установлена зависимость условий низкотемпературной обработки (времени, температуры, влажности) на гидрофильность, сорбционную и связеобразующую способность целлюлозного волокна.
2. Результаты физико-механических испытаний показали увеличение прочности опытных отливок при высокоскоростном замораживании (77 К) при оптимальных условиях низкотемпературной обработки целлюлозы.
3. Работа может быть использована для разработки способа получения флафф-целлюлозы с повышенными абсорбционными свойствами и при получении бумаги аэродинамическим способом формования.

Список литературы

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб. Политехника, 2005. – 423 с.
2. Кленкова Н.И. Замораживание целлюлозных волокон // Журн. прикл. химии. 1954. Т. 27, № 4 – С. 433-437.
3. Фляте Д.М., Грунин Ю.Б. Исследование влияния замораживания на состояние связанной воды в волокнах целлюлозы // Журн. прикл. химии. 1974. Т. 47, № 12 – С. 2739-2741.
4. Грунин Ю. Б., Грунин Л. Ю., Таланцев В. И., Сафин Р. Г., Просвирников Д. Б. Исследование влияния замораживания на состояние связанной воды в волокнах древесной целлюлозы // Вестник Казанского технологического университета. 2014. С. 46-48.
5. Рейзиньш Р.Э., Лака М.Г. Влияние замораживания на предел сдвиговой прочности суспензий древесной целлюлозы // Химия древесины. 1980. №5 – С. 16-21.
6. Osovskaya I. Effect of Low-temperature pretreatment of celluloses on their. // Cellucon-93, Lund, 1993.
7. Osovskaya I., Poltoratsky G. // Colloid & Polymer Science. 1993. V.93. – P.43.
8. Грунина Н. Г., Винокурова Р. И.. Анализ влияния низкотемпературных воздействий на состояние связанной воды в целлюлозе // Вестник МарГТУ. Лес. Экология. Природопользование. 2007. №1. С. 52-54.
9. Ioelovich M. Heat effect of interaction between cellulose and various polar liquids // SITA. 2011. Vol. 13, N1. P. 35–44.
10. Malm E, Bulone V, Wickholm K, Larsson PT, Iversen T. The surface structure of well-ordered native cellulose fibrils in contact with water. Carbohydrate Research 2010; 345 97-100.
11. Osovskaya I.I., Baikova V.S., Avakumova A.V. Effectiveness of ozone and chlorine dioxide treatment on the properties of sulfonated deciduous pulp // Fibre Chemistry. 2015. Vol. 47, No. 3. P. 161-165.
12. Осовская И.И., Байкова В.С. // Химия растительного сырья. 2015. №1 – С. 175-180.
13. Оболенская А.В., Щеголев В.П., Аким Г.А., Аким Э.Л., Кассович Н.А., Емельянова И.З. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1965. 411 с.
14. Аким Э.Л. Обработка бумаги (основы химии и технологии обработки и переработки бумаги и картона). – М.: Лесная промышленность, 1979. – 232 с.

**Создание лабораторной установки
по исследованию работы солнечного коллектора
Creation of the apparatus for study of a solar collector**

Д.А. Апетенок, В.Ю. Лакомкин

D.A. Apetenok, V.Yu. Lakomkin

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Солнечный коллектор – это устройство, служащее для нагрева жидкости солнечными лучами. Коллектор используется во всех солнечных системах теплоснабжения. В соответствии с заданием нами была создана экспериментальная установка "Солнечный коллектор". Для того чтобы определить облученность солнечного коллектора измеряют расход и температуру воды в нем. Определяют температуры воздуха и поверхности коллектора. Далее составляют уравнение теплового баланса, из которого находят облученность. Собранную нами экспериментальную установку можно использовать в качестве лабораторной работы по курсу "Энергосбережение".

Solar collector is a device that serves to heat water by a solar energy flux and is a component of any solar heating system. In accordance with the assignment, we have created an experimental installation for studying – the "Solar collector". To determine the surface irradiance of the solar collector the measurements of the flow rate and temperature of water in the collector, as well as measurements of air and the collector surface temperature are performed. Then the irradiation is found using the heat balance equation. The installation assembled may be used in training laboratories on the course of energy-saving technology.

Ключевые слова: солнечный коллектор, лабораторная работа, энергосбережение.

Keywords: solar collector, training laboratory, energy saving.

В наше время солнечная энергетика является быстро развивающейся отраслью промышленности. Темпы ее роста, составляют около 37 % ежегодно. В Германии темпы роста солнечной энергетики составляют около 70 % [1].

Чаще всего солнечные лучи используются для получения тепла и горячего водоснабжения (ГВС). Солнечные водонагревательные установки (СВУ) наиболее распространены в "теплых" странах.

Конструкции СВУ разнообразны, а солнечный коллектор является одним из представителей (рис. 1).

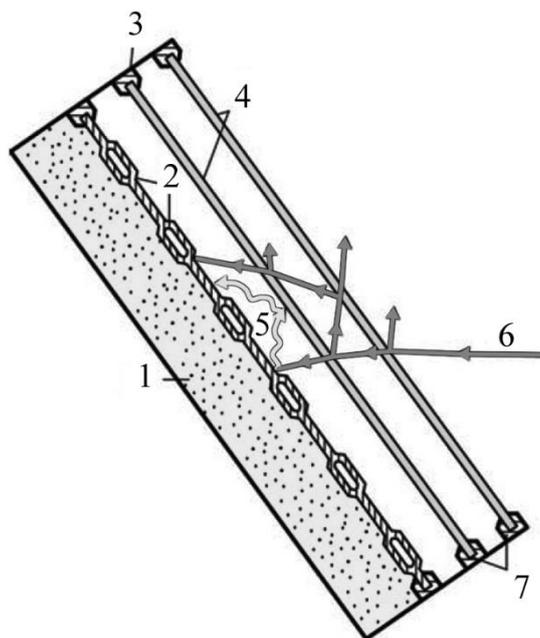


Рисунок 1 – Схема "плоского" солнечного коллектора: 1 – изоляция; 2 – лучевоспринимающая поверхность; 3 – кожух; 4 – стекло; 5 – излучение лучевоспринимающей пластины; 6 – солнечные лучи; 7 – уплотнитель

Солнечный коллектор – агрегат, служащий для нагрева воды солнечным излучением. Он часто используется в системах теплоснабжения. Солнечный коллектор включает защитное стекло, лучепоглощающую панель, трубки для циркуляции воды и изоляцию.

В коллекторе происходит поглощение солнечных лучей и передача их энергии воде.

Уравнение теплового баланса коллектора можно записать в виде:

$$k_f \cdot F \cdot (\tau_{\text{пов}} \cdot \alpha \cdot E - (t_{\text{п}} - t_{\text{о.с.}}) / R_{\text{п}}) = L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}),$$

где $t_{\text{к}}$ и $t_{\text{н}}$ – конечная и начальная температура воды;

ρ – плотность воды;

c – теплоемкость воды;

L – объемный расход воды;

k_f – коэффициент перехода солнечной энергии, показывающий долю тепла, передаваемого воде;

$\tau_{\text{пов}}$ – коэффициент пропускания излучения стеклом;

α – коэффициент поглощения излучения поверхностью коллектора;

F – площадь освещаемой поверхности коллектора;

E – облученность поверхности солнечного коллектора;

$t_{\text{п}}$ и $t_{\text{о.с.}}$ – температуры поверхности коллектора и окружающего воздуха;

$R_{\text{п}}$ – термическое сопротивление приемной поверхности коллектора.

В соответствии с планом НИР нами была создана экспериментальная установка "Солнечный коллектор" (рис. 2).

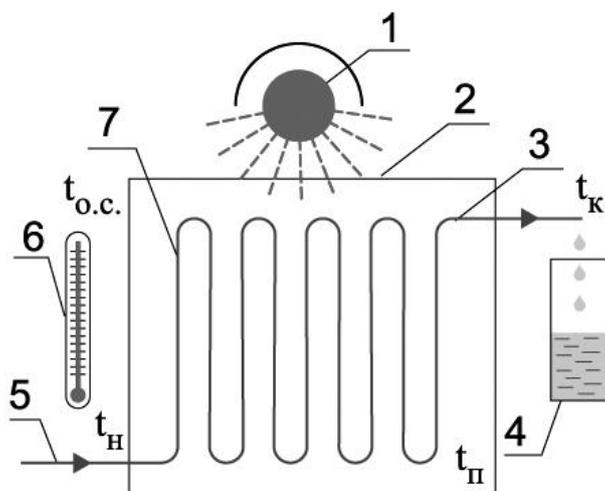


Рисунок 2 – Схема установки: 1 – лампа (имитирующая солнце); 2 – кожух коллектора; 3 – слив воды из коллектора; 4 – мензурка; 5 – подача воды в коллектор; 6 – термометр; 7 – трубки коллектора

Если нам известны расход и температура воды в коллекторе, температура воздуха и поверхности коллектора, мы можем составить уравнение теплового баланса [2]. Из полученного балансового уравнения можно выразить облученность E ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

Собранную нами экспериментальную установку можно использовать в качестве лабораторной работы по курсу "Энергосбережение".

Список литературы

1. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 2014. – 216 с.
2. Хахалева Л.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: пособие для проведения лабораторного практикума / сост. Хахалева Л.В. – Ульяновск, 2017. – 21 с.

Термическая обработка осадков сточных вод

Heat treatment of sewage sludge

Д.А. Астапенко, Е.Н. Громова

D. Astapenko, E. Gromova

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД, г. Санкт-Петербург

В докладе приводятся данные о химическом составе и физических свойствах осадков городских сточных вод. Рассматриваются различные способы сушки осадков и некоторые конструктивные особенности применяемых сушильных установок.

The report presents data on the chemical composition and physical properties of urban wastewater sludge. Various methods of sludge drying and some design features of the drying plants used are considered.

Ключевые слова: сточные воды, осадок, сушильные установки, термическая обработка.

Keywords: waste water, sludge, drying plants, heat treatment.

Результатом очистки сточных вод является большое количество осадков, загрязненных токсичными веществами, склонных к загниванию.

Средняя влажность осадков составляет около 96 %. При уплотнении удаляется 60 % воды, при механическом обезвоживании – 25 %, а при сушке – 10-15 % от общего влагосодержания. При этом объем осадка уменьшается в 2,5-3 раза [1]. Необходимо отметить, что физические свойства напрямую зависят от влажности осадка. Осадок из первичных отстойников представляет собой жидкую текучую массу из жидкой грязи и влажной земли.

По своему составу осадок сточных вод в значительной степени зависит от вида промышленных сточных вод и типа осадка (таблица).

Кроме того, в составе осадка и активного ила содержатся фосфор и азот, которые можно использовать в качестве кормовых добавок (рыбная или мясокостная мука, соевый шрот) и удобрения. Однако наличие токсичных веществ в составе осадков различного типа не всегда позволяет использовать их в таком качестве.

Достаточно часто в составе осадка сточных вод содержатся и тяжелые металлы, которые способны в небольших дозах оказывать положительное воздействие на живые организмы. Но при высоких концентрациях наблюдается нарастание токсического воздействия в геометрической прогрессии. Например, осадок с большим содержанием железа целесообразно использовать в

торфяных почвах, известь улучшает кислые почвы и обеспечивает их буферность (увеличивается срок действия удобрения) [2].

Химический состав осадков сточных вод [1]

Типы осадков	Зольность, %	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	С, %	Н, %	S, %	N, %	O ₂ , %
Сырой осадок первичных отстойников	25-35	22,5-30	25-30	14-18- 25-30	5,4- 87,8	4,5- 8,7	0,2- 7,0	1,8-8	7.6-31,4
Избыточный активный ил	20-30	40-45	18-20	4-7-10	44- 75,8	5,8- 8,2	0,9- 2,7	3,3- 9,8	12,5-43,2
Примечание – Химический состав осадков приведен в процентах от массы сухого вещества осадков.									

Органические соединения в осадках могут рассматриваться как энергообразующие вещества. Их теплотворная способность зависит от элементарного состава сухого вещества, влагосодержания и соответствует количеству кислорода, потребляемого при полном окислении органической части вещества, т.е. пропорциональна химической потребности в кислороде (ХПК).

Теплофизические свойства осадков зависят от способа их обработки. Так например, низшая теплота сгорания осадка после первичных отстойников составляет 18 - 22 МДж/кг, а активного ила – 15 - 18 МДж/кг в пересчете на сухое вещество.

Качественная переработка и утилизация осадков сточных вод в виде конечного продукта является основной задачей термической обработки.

Современная технологическая схема обработки осадков в общем виде включает следующие стадии: уплотнение (сгущение), стабилизацию органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизацию ценных продуктов, ликвидацию.

Термическую сушку применяют для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод. Рассмотрим некоторые способы сушки, применяемые в настоящее время.

1. Конвективная сушка

Сушильный агент (топочные газы, горячий воздух, перегретый пар и т.д.) с температурой от 500 до 800 °С передает тепловую энергию кеку, за счет чего происходит испарение влаги. Основное преимущество таких установок – это

небольшие габариты и пониженная энергозатратность, вследствие снижения расхода электроэнергии на транспортирование отходящих газов.

2. Барабанные сушилки

Основные элементы: барабан, загрузочная камера, соединенная с топкой и выгрузочная камера. Барабан устанавливается под наклоном 3-4 градуса по отношению к горизонту, частота его вращения 1,5-8 об/мин. Влажность осадка, во избежание прилипания к внутренней поверхности, должна составлять не более 50 %. Для отсоса отработавших газов устанавливается вентилятор. Схема барабанной сушилки представлена на рис. 1. В таких установках равномерное распределение материала, подвергаемого сушке, по сечению барабана обеспечивается за счет установки специальных насадок, а для предотвращения образования крупных фракций осадка предусматриваются цепные устройства в начале и в конце сушильной установки.

Барабанные сушильные установки позволяют обеспечить конечную влажность осадка, не превышающую 20-30 %. При таком содержании влаги из осадка полностью удаляются патогенные микроорганизмы и гельминты [3].

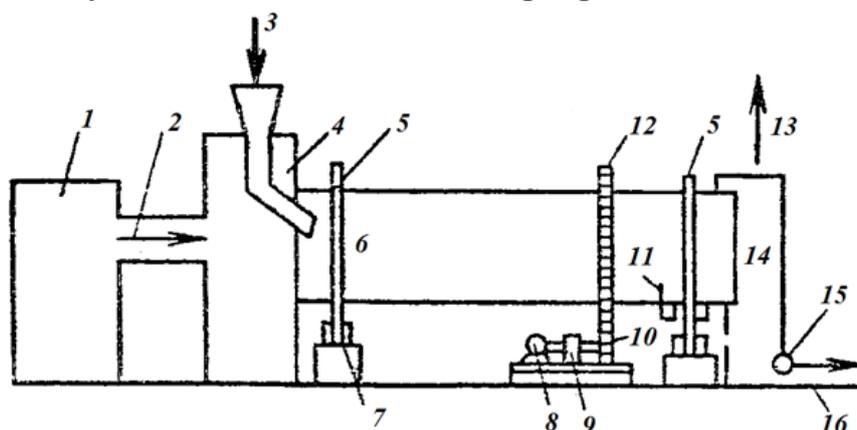


Рисунок 1 - Схема барабанной сушильной установки: 1 – топка; 2 – топочные газы; 3 – подача кека; 4 – загрузочная камера; 5 – бандаж; 6 – барабан; 7 – опорные ролики; 8 – электродвигатель; 9 – редуктор; 10 – ведущая шестерня; 11 – упорные ролики; 12 – зубчатый венец; 13 – отработавшие газы; 14 – выгрузочная камера; 15 – шлюзовый затвор; 16 – выпуск сухого осадка

3. Сушилки со встречными струями

Сушильные установки такого типа предусматривают образование газовой взвеси, состоящей из частиц осадка и сушильного агента (как правило, уходящих дымовых газов). Такая взвесь осуществляет встречное движение внутри установки по соосным горизонтальным трубам. В результате столкновения разнонаправленных струй происходит перемешивание сушеного материала и увеличение концентрации частиц осадка в зоне сушки.

При влажности исходного осадка 75 - 80 % и сухого продукта 25 - 30 % скорость истечения газов из сопла сушильной установки составляет 250 –

300 м/с при температуре газов 750 – 800 °С. Температура уходящих газов 150 – 170 °С [3].

4. Вакуумные сушилки

Применение вакуумных установок возможно лишь в случае использования в качестве сушильного агента сырого осадка первичных отстойников, активного ила или их смеси. Также важную роль в их работе играет влагосодержание осадка, который должен быть предварительно обезвожен, например на центрифугах.

Принцип работы вакуумных сушильных установок предусматривает создание разрежения внутри установки с помощью вакуум-насосов и системы обогрева. Процесс сушки осуществляется при температуре водяного пара в обогревающих рубашках 150 °С. Максимальная температура осадка, при которой происходит дегельминтизация осадка, составляет 85 °С. Образовавшийся в процессе сушки пар поступает в барометрический конденсатор и в виде конденсата направляется на очистные сооружения. Сухой осадок с температурой 30 - 40 °С выгружается на конвейер и подается в бункер сухого осадка.

Цикл вакуум-сушки осадков составляет 5 - 10 часов и зависит от начальной влажности осадков и их состава [3]. Технологическая схема вакуум-сушки представлена на рис. 2.

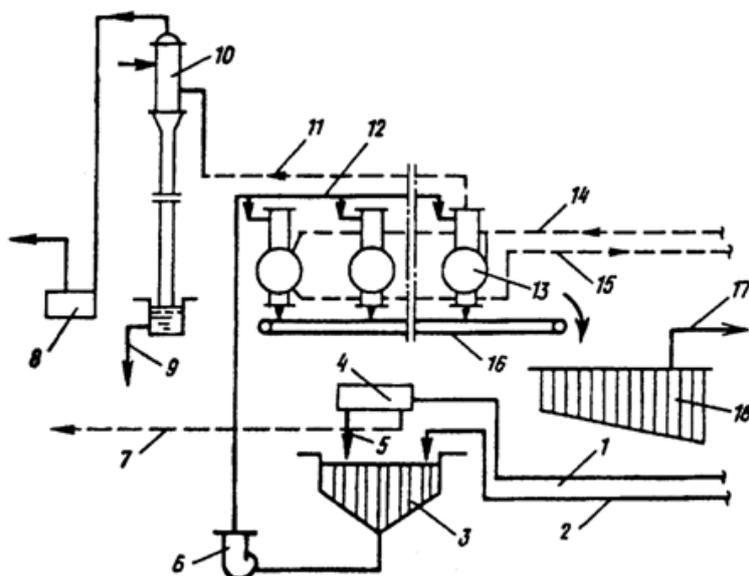


Рисунок 2 – Технологическая схема вакуум-сушки осадков: 1 – уплотненный избыточный активный ил; 2 – сырой осадок из первичных отстойников; 3 – резервуар-смеситель; 4 – центрифуга; 5 – центрифугированный активный ил; 6 – насос для подачи осадка в сушилку; 7 – фугат в аэротенки; 8 – вакуум-насос; 9 – конденсат вторичного пара; 10 – барометрический конденсатор; 11 – вторичный пар в конденсатор; 12 – исходный осадок в сушилки; 13 – вакуум-сушилки; 14 – пар от котельной; 15 – конденсат в котельную; 16 – конвейер сухого осадка; 17 – сухой осадок; 18 – бункер сухого осадка

Таким образом, основной задачей при проектировании и эксплуатации такого рода установок для термической обработки осадка сточных вод является обеспечение экономического эффекта и рационального использования ресурсов. Выбор конкретного типа сушильной установки осуществляется путем составления технико-экономического обоснования.

Список литературы

1. Дмитриев В.Д., Коровий Д.А., Кораблев А.И. Водоснабжение, канализация и газоснабжение. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: справочник – СПб.: Стройиздат, 2007.
2. Цыбина А.В., Дьяков М.С., Вайсман Я.И. Перспективное направление утилизации продуктов термической обработки осадков сточных вод в производстве керамических строительных материалов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-2. – С. 265-270.
3. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. Тепломассообменное оборудование предприятий (сушильные установки): учебное пособие. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2016.

**Создание лабораторной установки по исследованию теплообмена
при сушке целлюлозы**

**Creation of a laboratory unit for the study of heat and mass transfer
during the drying of cellulose**

А.Ю. Васильев, В.Ю. Лакомкин

A.Yu. Vasiliev, V.Yu. Lakomkin

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

В России целлюлоза часто сушится на цилиндрических пресспатах, за рубежом используются конвективные установки. Для исследования теплообмена при конвективной сушке нами была создана аэродинамическая труба, снабженная нагревателем из нихромовой спирали. В трубе расположена камера куда помещается подставка с отливкой из целлюлозы. Для моделирования процесса испарения влаги со свободной поверхности (соответствующего первому периоду сушки) на дно камеры можно налить воду. Аэродинамическую трубу можно использовать в качестве лабораторной работы по курсу "Сушильные установки".

In Russia, cellulose is often dried on cylinder press, while the convective plants are usually used abroad. To study heat and mass transfer during convective drying, we created an aerodynamic tube equipped with a heater made of the nichrome spiral. The camera with cellulose casting on the stand is placed inside the tube. To simulate the moisture evaporation from the free surface (corresponding to the first drying period), water can be poured onto the chamber bottom. The wind tunnel can be used in training laboratories on the course "Dryers".

Ключевые слова: конвективная сушка, теплообмен, лабораторная работа

Keywords: convective drying, heat and mass transfer, training laboratory

Целлюлоза – это основное сырье для производства бумаги, бездымного пороха, санитарно-гигиенических изделий и даже пищевых продуктов (вареных колбас).

Вопросам сушки целлюлозы не придается такого большого значения, как например, сушке бумаги (ведь целлюлоза всего лишь полуфабрикат).

Однако, при производстве товарной целлюлозы (на продажу) могут возникнуть проблемы с сушкой [1].

В России целлюлоза производится, в основном, на устаревших пресспатах, а за границей используются конвективные установки. При этом различные фирмы (Metso, Andritz) предлагают свои варианты сушильных установок [2].

Для исследования тепломассообмена при конвективной сушке нами была создана экспериментальная установка (рис. 1).

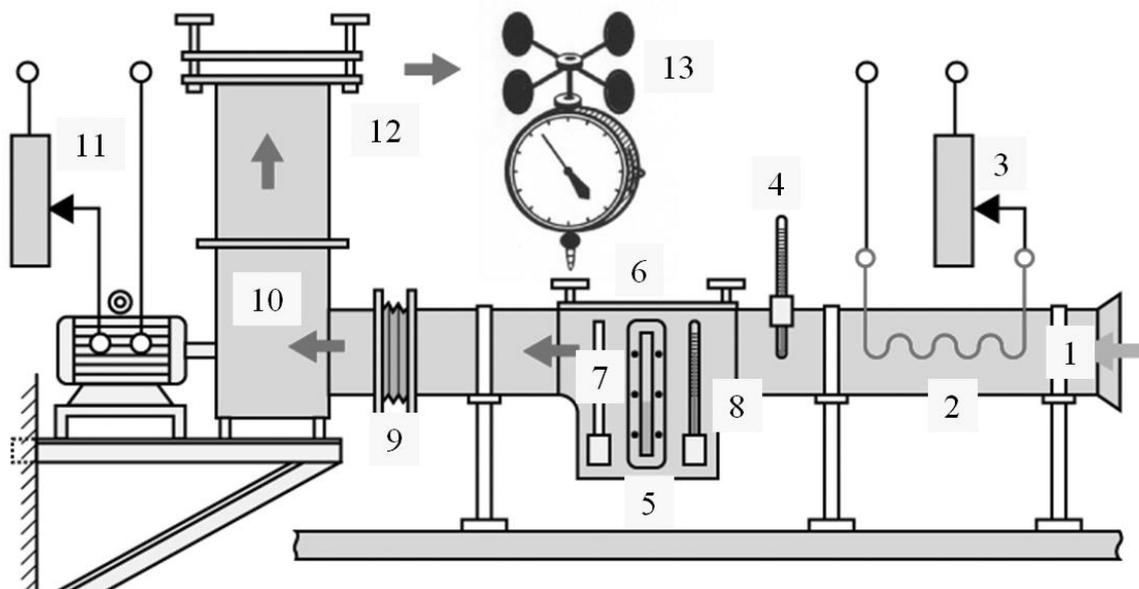


Рисунок - 1. Схема экспериментальной установки: 1 - аэродинамическая труба; 2 - нагреватель; 3 - ЛАТР для нагревателя; 4 - термометр для измерения температуры воздуха; 5 - рабочая камера; 6 - крышка камеры; 7 - водоуказательное стекло; 8 - термометр для измерения температуры воды; 9 - брезентовая вставка; 10 - центробежный вентилятор; 11 - ЛАТР для вентилятора; 12 - регулирующая заслонка; 13 - анемометр цифровой

Установка представляет собой аэродинамическую трубу (1) снабженную нагревателем из нихромовой спирали (2). Мощность нагревателя регулируется при помощи лабораторного автотрансформатора ЛАТР'а (3). Температура воздуха измеряется при помощи термометра (или термопары 4).

Посредине аэродинамической трубы расположена рабочая камера (5) с крышкой (6).

В камеру можно помещать специальную подставку, на которой закрепляется отливка из целлюлозы.

Для моделирования процесса испарения влаги со свободной поверхности (соответствующего первому периоду сушки) на дно камеры можно налить воду.

Для этих опытов камера снабжена водоуказательным стеклом (7) и термометром (8), чтобы измерять соответственно уровень воды и ее температуру.

Аэродинамическая труба, посредством брезентовой вставки (9), соединена с центробежным вентилятором (10), закрепленным на раме, на стене.

Скорость вращения крыльчатки вентилятора регулируется при помощи ЛАТР'а (11).

Выхлопной патрубок вентилятора соединен с вертикальным воздухопроводом, который снабжен регулирующей заслонкой (12).

Скорость воздуха на выходе из воздуховода измеряется цифровым анемометром М-95-ЦМ (13).

Собранную нами экспериментальную установку можно использовать в качестве лабораторной работы по курсу "Сушильные установки".

Список литературы

1. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. Тепломассообменное оборудование предприятий (Сушильные установки): учеб. пособие / ВШТЭ СПб ГУПТД. СПб. 2016. - 143 с.
2. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. Гидродинамика и тепломассообмен в газодисперсных потоках: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. 2017. - 57 с.

**Получение нанокompозита
микрoкpисталлическая целлюлоза - диоксид титана**

Producing of nanocomposite microcrystalline cellulose – titanium dioxide

С.А. Горбачев¹, А.М. Булкина¹, И.И. Осовская¹,
М.А. Листратенко², Н.Н. Химич²

S.A. Gorbachev, A.M. Bulkina, I.I. Osovskaya, M.A. Listratenko, N.N. Khimich

¹Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

²Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург

Разработан синтез нанокompозита на основе микрoкpисталлической целлюлозы (Cotton linters. USA) и диоксида титана (в форме анатаза). Комплексом физико-химических методов исследования: рентгенографический анализ, статический метод сорбции паров воды, измерение фотокаталитической активности – изучены свойства полученного органо-неорганического гибрида. Показаны перспективы дальнейшего изучения и практического использования полученного гибрида.

The synthesis of the nanocomposite based on microcrystalline cellulose (Cotton linters, USA) and titanium dioxide (tetraisopropoxytitanium from Aldrich) has been developed. A set of physicochemical methods of investigation: X-ray analysis, a static method of water vapor sorption, measurement of photocatalytic activity, viscosimetric method – was used for studying of properties of the obtained organo-inorganic hybrid. The prospects of further study and practical use of the resulting hybrid were shown.

Ключевые слова: целлюлоза, нанокompозит, диоксид титана, полимеры, сорбция, фотокатализ.

Keywords: cellulose, nanocomposite, titanium dioxide, polymers, sorption, photocatalysis.

В настоящее время материалы из целлюлозы активно применяют для формирования разнообразных наноструктур: нанокристаллов, нановолокон и нанокompозитов. Нанокompозиты могут быть полностью основаны на целлюлозе, могут включать наночастицы металлов, иметь органическую матрицу из химически модифицированной целлюлозы [1-5]. Международный рынок нанопродукции огромен. Более 160 миллиардов долларов – стоимость товаров, выпущенных во всем мире в 2017 году с использованием новейших, только что

созданных нанотехнологий. Происходит заметное применение нанопродуктов в медицине и фармакологии. По прогнозам экспертов к 2020 году многие идеи, которые сегодня находятся на стадии исследований, будут реализованы в коммерческих продуктах. В данный момент развитие нанотехнологий тормозится вследствие недостаточных знаний о закономерностях процессов производства и применения твердых нанокомпозитов. Отсюда появляется необходимость в фундаментальных исследованиях, цель которых установить возможности получения и использования таких нанодисперсных веществ, в которых матрицей в нанокомпозиционных материалах являлась бы целлюлоза.

Новым в работе является синтез органо-неорганического гибрида на основе микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) и диоксида титана. Наночастицы оксида титана получали золь-гель методом в присутствии капроновой кислоты из тетраизопропоксититана, который при температуре 200 °С перестраивается в диоксид титана в форме анатаза. Синтез нанокомпозита МКЦ-оксид титана осуществлялся следующим образом: готовилась смесь тетраизопропоксититан $C_{12}H_{28}O_4Ti$ и порошковой МКЦ. Экспериментально показано преимущество использования декана в качестве инертной дисперсионной среды. Реакционную смесь загружали в тефлоновый вкладыш автоклава, помещали в печь на 5 часов при температуре 200 °С. Исследования показали, что эта температура является оптимальной. При температуре выше 210 °С происходит частичное разложение (обугливание) порошка, при температурах ниже 150 °С реакция идет крайне медленно. Через 5 часов прокаливание прекращали, смесь извлекали из автоклава, отфильтровывали через фильтр Шотта, промывали гексаном. Полученный порошок подвергали рентгенографическому анализу. Для доказательства образования нанокомпозита МКЦ-оксид титана сняты рентгенограммы полученного порошка, исходной микрокристаллической целлюлозы и наночастиц оксида титана. Рентгенографический анализ проведен на дифрактометре рентгеновском Rigaku Corporation SmartLab 3 [6-9]. Полученные рентгенограммы представлены на рис. 1 - 3.

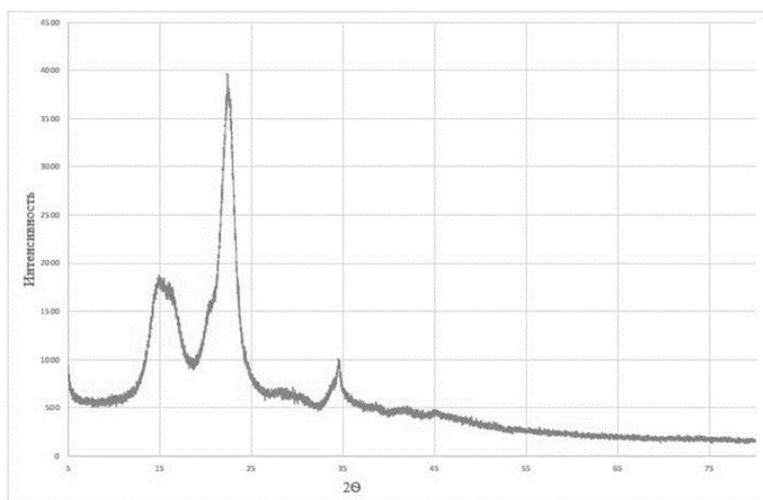


Рисунок 1 - Рентгенограмма исходной МКЦ

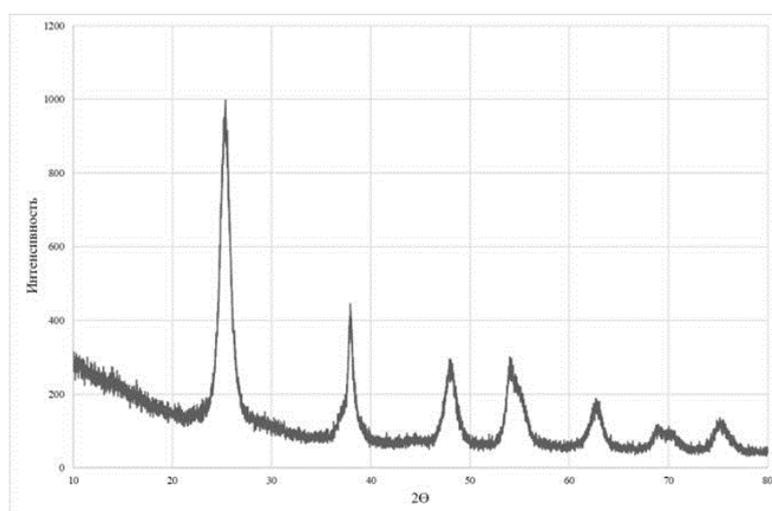


Рисунок 2 - Рентгенограмма наночастиц оксида титана

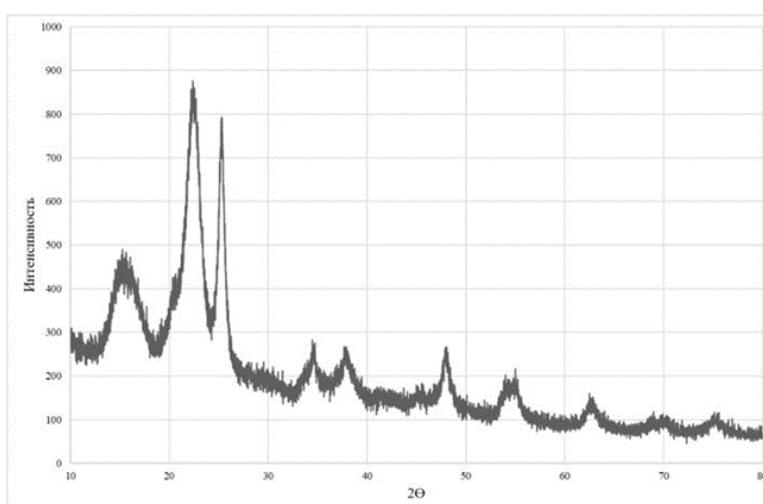


Рисунок 3 - Рентгенограмма нанокompозита МКЦ – оксида титана

Как видно из этих рисунков, на рентгенограмме нанокompозита целлюлоза – оксид титана видны рефлексии, которые характерны как для МКЦ, так и для частиц оксида титана. Это является одним из доказательств

образования нового соединения – гибрида МКЦ–TiO₂. Рентгенограммы рассчитывались в программе OriginPro: степень кристалличности исходной МКЦ равна 94 %, а степень кристалличности обработанной МКЦ – 86 %.

Вторым доказательством образования новой химической структуры является изменение величины сорбции паров воды микрокристаллической целлюлозы и полученного гибрида. Снятие изотерм сорбции паров воды проводилось статическим методом в вакуумных камерах в широком диапазоне P/P_0 при постоянной температуре 25 °С. Полученные результаты представлены на рис. 4.

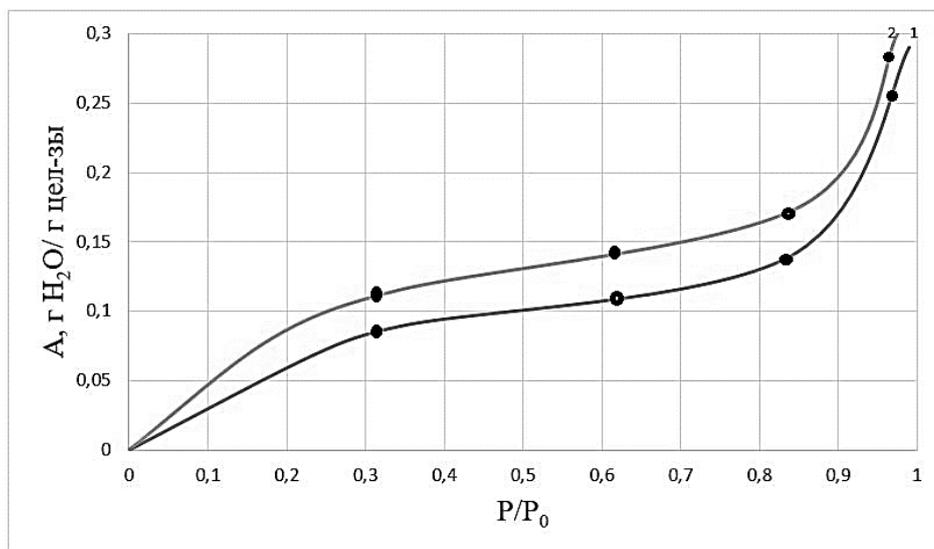


Рисунок 4 – Изотермы сорбции паров воды: 1 – кривая сорбции МКЦ, 2 – кривая сорбции гибрида МКЦ – TiO₂

Другим доказательством образования нанокompозита МКЦ–TiO₂ является исследование фотокаталитической активности полученного гибрида, которое показало, что введение в микрокристаллическую целлюлозу наночастиц оксида титана влияет на фотокаталитическое окисление красителя. Под действием светового излучения фотокатализаторы способны эффективно работать, что говорит о возможности использования солнечного света для проведения разнообразных химических процессов. Известно, что фотокаталитическое окисление может разрушить практически любые органические вещества до неорганических, что говорит об эффективном использовании композита для очистки окружающей среды [10-15]. В эксперименте источником солнечного света являлась ультрафиолетовая лампа со светофильтром, имитирующим солнечный свет. В качестве красителя использовали водный раствор метиленового голубого. Концентрация красителя 1 г-экв/л. Эксперимент состоял из следующих шагов: была собрана установка, состоящая из ультрафиолетовой лампы, реакционного реактора, электромагнитной мешалки, термостата и холодильника для охлаждения ультрафиолетовой лампы. Образец

нанокompозита МКЦ–TiO₂ помещали в реакционный сосуд с водным раствором красителя метиленового голубого, систематически проводили отбор проб, интервал отбора составлял 5 минут. Композит под действием ультрафиолетового излучения окисляет краситель, что ведет к понижению интенсивности его окраски. Кинетика фотокаталитического окисления красителя представлена на рис. 5. В ходе эксперимента установили, что разработанный нанокompозит способен практически в 10 раз снизить концентрацию красителя за 30 минут.

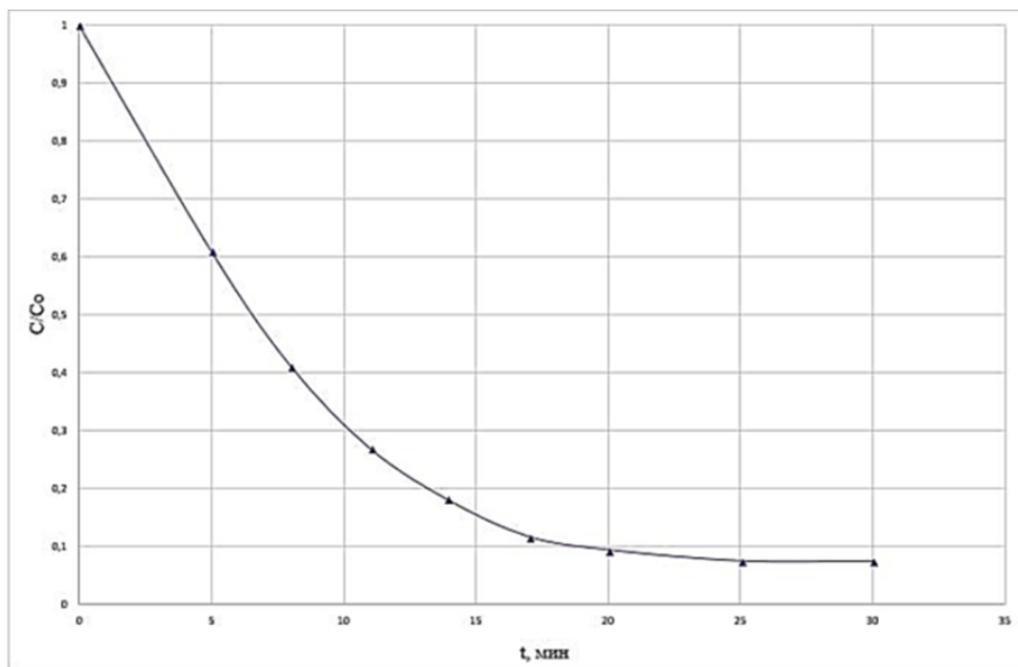


Рисунок 5 - Кинетика фотокаталитического окисления метиленового голубого под действием нанокompозита МКЦ – TiO₂: C₀ – исходная концентрация красителя, C – концентрация красителя в процессе разложения

Основные выводы

1. Разработан синтез органо-неорганического гибрида МКЦ–TiO₂.
2. Тремя независимыми методами показано образование нанокompозита микрокристаллическая целлюлоза – диоксид титана.
3. Наличие фотокаталитической активности делает возможным использование гибрида для очистки воды от органических примесей.

Список литературы

1. Алешина Л.А., Гуртова В.А., Мелех Н.В. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокompозитов на их основе. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. – 240 с.
2. Leppanen K., Andersson S., Torkkeli M., Knaapila M., Kotelnikova N., Serimaa R. X-RAY scattning study on the structure of wood, pulp and microcrystalline cellulose // Cellulose.2009. Vol.16, N6. Pp. 999-1015.

3. El-Sakhawy M., Hassan M.L. Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues // *Carbohydrate Polym.* 2007. Vol.67. Pp. 1-10
4. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: учебник. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. - 624 с.
5. Thygesen A., Oddershede J., Lilholt H., Thomsen A.B., Stahl K. On the determination of crystallinity and cellulose content in plant fibres // *Cellulose.* 2005. N12. Pp. 563-576.
6. Powder diffraction. Theory and practice / ed. R.E. Dinnebier, S.J.L. Billinge. – RSC Publishing, 2008. – 583 p.
7. Tsybula S.V., Cherepanova S.V., Kryukova G.N. Diffraction analysis of the microstructure of materials // *Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg/* - 2004. – P.93-123.
8. Ошурина Л.А. Рентгеноструктурный и электронно-микроскопический анализ: учеб. пособие. Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р. Е. Алексева. - Нижний Новгород, 2010.
9. Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. - М. Изд-во иностранной литературы, 1961. - 364 с.
10. Daghri R., Drogui P., Robert D. Modified TiO₂ for environmental photocatalytic applications: a review // *Industrial & Engineering Chemistry Research.* – 2013. – V.52. – №. 10. – P. 3581-3599.
11. Verdier T. et al. Antibacterial activity of TiO₂ photocatalyst alone or in coatings on E. coli: the influence of methodological aspects // *Coatings.* – 2014. – V. 4. – №.3. – P. 670-686.
12. Zhu J., Zäch M. Nanostructured materials for photocatalytic hydrogen production // *Current Opinion in Colloid & Interface Science.* - 2009. – V.14. – P. 260–269
13. Костин А.С. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Математическое моделирование и оптимизация процесса получения наночастиц диоксида титана золь-гель методом. - М.: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2005. С. 17-26.
14. Lazar M.A., Varghese S., Nair S.S. Photocatalytic water treatment by titanium dioxide: recent updates // *Catalysts.* – 2012. - V. 2. - № 4 – P. 572-601.
15. Тихонов В. А., Лановецкий С. В., Ткачева В. Э.// Исследование фотокаталитической активности высокодисперсного диоксида титана. Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, №9. С 134-135.

**Оценка экологического влияния производства наноцеллюлозы
методом HefCel**

**Environmental impact assessment of nanocellulose production
using HefCel method**

Иван Девяткин, Катарина Хохенталь, Яакко Пере

Ivan Deviatkin, Catharina Hohenthal, Jaakko Pere

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Espoo, Finland

Производство наноцеллюлозы методом HefCel приводит к выбросам парниковых газов в размере 0,82 кг CO₂-экв. на 1 кг наноцеллюлозы по сухому веществу. В зависимости от используемого сырья и энергии, данное значение может варьироваться в пределах 0,59-1,57 кг CO₂-экв. Наноцеллюлоза может быть использована для замещения бутилакрилата в производстве красок. Производство бутилакрилата сопряжено с выбросами 3,98 кг CO₂-экв. парниковых газов, поэтому его замещение позволило бы сократить выбросы на 60-85 % от базового варианта.

Production of nanocellulose using the HefCel method results in reduction of greenhouse gas emissions by 0.82 kg CO₂-eq. per 1 kg of nanocellulose (dry matter). Depending on the raw materials and energy sources used, this value could range 0.59-1.57 kg CO₂-eq. Nanocellulose could be used to replace butyl acrylate in the production of paints. Production of butyl acrylate is associated with emissions of 3.98 kg CO₂-eq. greenhouse gases; therefore, its substitution could reduce the emissions of the baseline scenario by 60-85 %.

Ключевые слова: наноцеллюлоза, HefCel, оценка жизненного цикла, ОЖЦ, углеродный след

Keywords: nanocellulose, HefCel, life cycle assessment, LCA, carbon footprint

Введение. Течение времени и возрастающие потребности общества оказали неизбежное влияние на целлюлозно-бумажную промышленность (ЦБП). Ведение конкурентоспособного бизнеса в секторе ЦБП в настоящее время подразумевает выявление максимальных возможностей получения высокоценных продуктов при переработке древесины. Так в последние десятилетия стала активно продвигаться концепция биорефайнинга (от англ. *biorefinery*) по аналогии с нефтеперерабатывающими заводами (англ. *oil*

refinery). Их целью является получения топлива, электроэнергии, тепла и других продуктов с высокой добавленной стоимостью [1].

Одним из таких продуктов являются нанофибриллы целлюлозы или наноцеллюлоза. По одному из определений наноматериалов, наноцеллюлозой называется любой материал, один из размеров которого не превышает 100 нм. Производство наноцеллюлозы возможно из любого сырья, содержащего лигнин. Среди методов ее производства наиболее распространены механические, химические, либо ферментативные методы [2].

Последний метод - ферментативный - был активно исследован в техническом исследовательском центре Финляндии VTT (англ. *VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.*). В ходе исследований был запатентован процесс ферментативного получения наноцеллюлозы под названием HefCel (от англ. *High-consistency Enzymatic Fibrillation of Cellulose*) [3]. Данный метод позволяет получить наноцеллюлозу в повышенным содержанием сухого вещества (20-40 %) по сравнению с аналогичными процессами (1-2 %). Производство наноцеллюлозы данным методом включает в себя роспуск целлюлозы, ее ферментирование, инактивация ферментов, промывка и обезвоживание. Готовый продукт изображен на рис. 1.

Целью данной работы являлась оценка экологического воздействия ферментативного производства наноцеллюлозы методом HefCel. Данное исследование мотивировано тем, что применение данного метода призвано сократить негативное воздействие на окружающую среду по сравнению с другими методами.

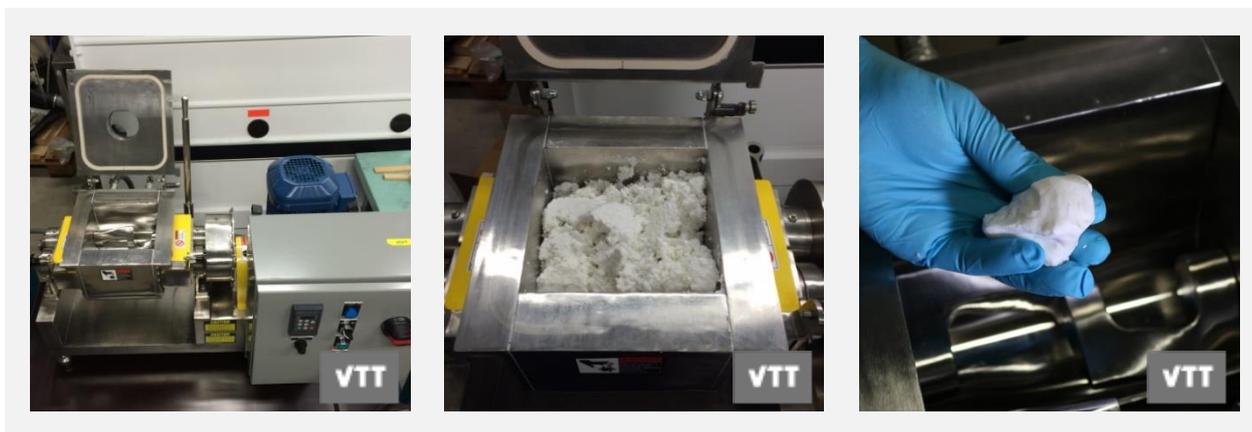


Рисунок 1 - Внешний вид наноцеллюлозы, получаемой с применением технологии HefCel

Методы анализа. Оценка экологического воздействия процесса HefCel была выполнена с использованием метода оценки жизненного цикла (ОЖЦ), регулируемого международными стандартами ISO 14040 и ISO 14044, которые были закреплены в нормативной базе российского законодательства аналогичными стандартами ГОСТ Р ИСО 14040-2010 и ГОСТ Р ИСО 14044-

2007. По сравнению с другими методами, ОЖЦ оценивает экологическое воздействие на протяжении всего жизненного цикла продукта, тем самым предотвращая возможную манипуляцию результатами исследования, которая возможна за счет сокрытия данных об экологическом воздействии на стадиях, не включенных в анализ.

Стандарты ISO 14040 и ISO 14044 выделяют четыре стадии ОЖЦ: 1) определение цели и области применения; 2) инвентаризационный анализ; 3) оценка воздействия; 4) интерпретация. Стоит отметить, что данные стадии не являются последовательными в обязательном порядке и могут чередоваться в зависимости от поставленных задач и возможностей по их достижению. Кратное описание метода в отечественной литературе изложено в работе Девяткина [4], в то время как в зарубежной литературе работа Финнведэна [5] привлекла наибольшее внимание.

Определение цели и области применения. В основу данной работы легли первичные данные лабораторных исследований метода HefCel. Это обеспечивает наиболее точные результаты ОЖЦ. Функцией данной системы является производство наноцеллюлозы ферментативным методом HefCel, а функциональной единицей является один килограмм произведенной наноцеллюлозы по сухому веществу. На рис. 2 указаны границы изучаемой системы и стадии продукта, включенные в данное исследование. Как видно, данная ОЖЦ включает воздействие от самого процесса HefCel, а также от производства всего требуемого сырья и выработки электро- и тепловой энергии. Изученная система также включает в себя производство бутилакрилата, т.к. он может быть замещен наноцеллюлозой при производстве красок, что приведет к сокращению выбросов от его производства.

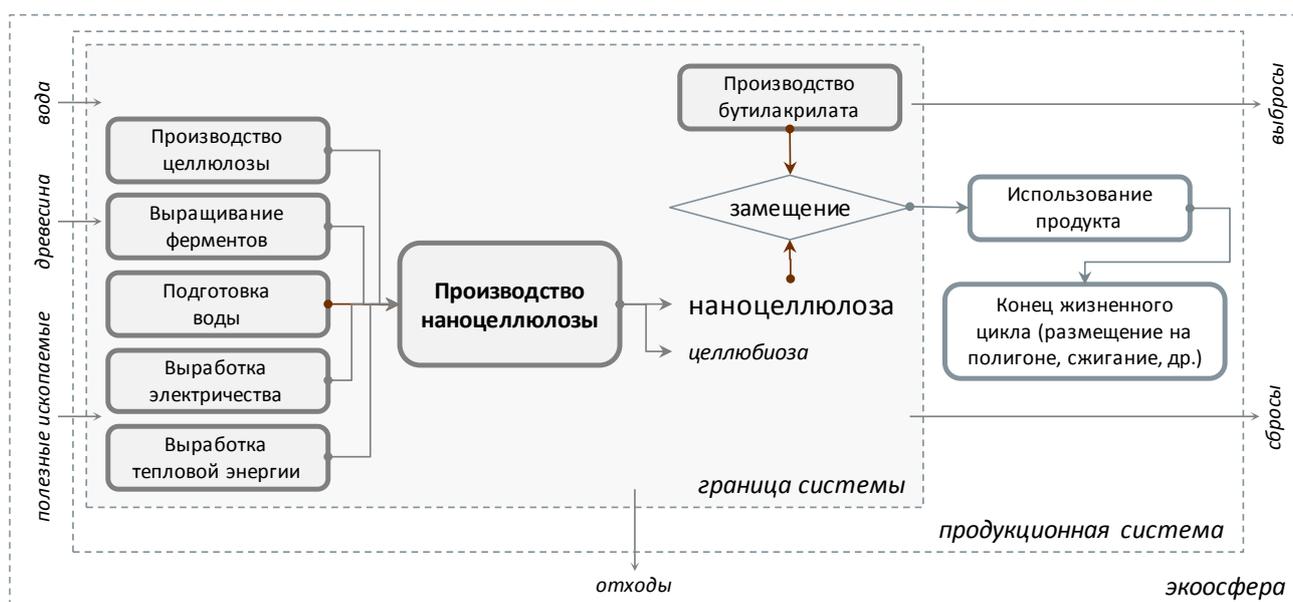


Рисунок 2 - Граница изученной и производственной систем по отношению к экосфере

Стадии использования наноцеллюлозы и ее конечного жизненного цикла не были рассмотрены в данной работе ввиду отсутствия данных по данным процессам. Более того, учитывая биологическое происхождение наноцеллюлозы, ее сжигание на мусоросжигательном заводе не окажет значительного влияния на выбросы парниковых газов, т.к. диоксид углерода от сжигания материалов биологического происхождения является частью естественного цикла углерода в природе.

Инвентаризационный анализ. Для проведения экологической оценки, данные о потреблении сырья и энергии, а также количественные данные о выбросах, сбросах и образовании отходов как в самом процессе ферментативного производства наноцеллюлозы, так и процессов расположенных выше в производственно-сбытовой цепи. Данные о самом процессе получения наноцеллюлозы были получены в ходе лабораторных анализов, в то время как данные об остальных процессах были собраны из литературы и специфической базы инвентаризационных данных Ecoinvent версии 3.4 [6].

Данный процесс заключается в ферментной обработке целлюлозы используя механическое перемешивание с низким потреблением энергии для усиления фибриллирования целлюлозы. Количество добавляемых ферментов и условия процесса выбираются с учетом снижения степени разрушения целлюлозы и одновременным увеличением выхода нанофибрилл. Более подробно данный процесс NefCel изложен в патенте [7].

Оценка воздействия жизненного цикла. Из нескольких возможных областей экологического воздействия, в данной работе рассматривается только влияние процесса на изменение климата посредством выброса парниковых газов. Данное влияние зачастую называют потенциалом глобального потепления (ПГП) (англ. *global warming potential*). В данной работе ПГП был рассчитан с применением характеристических коэффициентов, разработанных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (англ. *Intergovernmental Panel on Climate Change*) в рамках работы над четвертым экспертным отчетом (англ. *Assessment report 4*) [8]. ПГП рассчитывается путем перемножения характеристических факторов на количества выбросов парниковых газов. Некоторые из газов, влияющих на ПГП и их характеристические факторы, перечислены в таблице.

Некоторые характеристические факторы для расчета ПГП [8]

Название парниковых газов	Химическая формула	Характеристические факторы
Диоксид углерода	CO ₂	1
Метан	CH ₄	25

Название парниковых газов	Химическая формула	Характеристические факторы
Заись азота	N ₂ O	298
Хлорофторуглерод-11	CCl ₃ F	4 750
Хлорофторуглерод-12	CCl ₂ F ₂	10 900
Хлорофторуглерод-13	CClF ₃	14 400
Галон-1301	CBrF ₃	7 140
Гексафторид серы	SF ₆	22 800

Результаты. Результаты данного исследования показали, что производство 1 кг наноцеллюлозы ферментативным методом HefCel сопряжено с выбросами 0,82 кг CO₂-экв. парниковых газов. Удельное влияние каждого из входящих потоков изображено на рис. 3. Как видно, производство целлюлозы - главного сырья, используемого в процессе - оказывает наибольшее влияние на ПГП (65 %), а на долю выработки электричества приходится 23 %. Стоит отметить, что производство ферментов, которые являются своего рода биологическими катализаторами фибриллирования целлюлозы, приводит к образованию лишь 1 % выбросов всех парниковых газов.

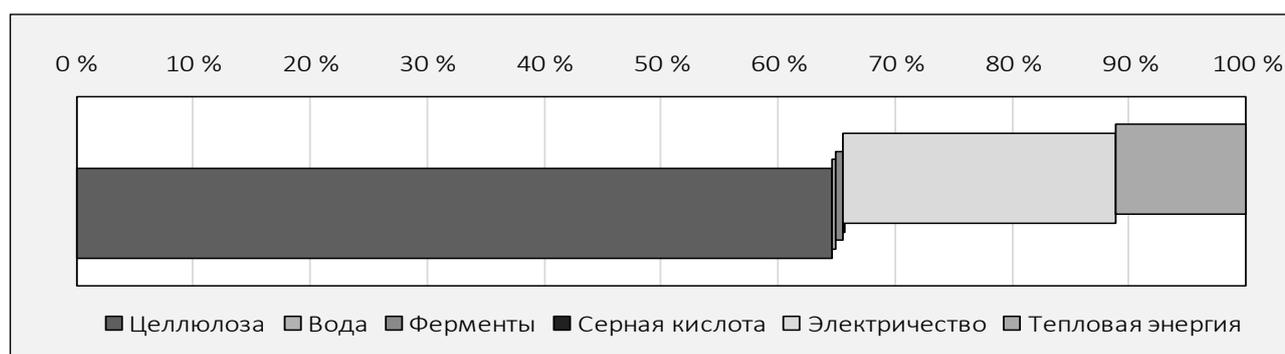


Рисунок 3 - Удельное влияние входящих потоков, требуемых для производства наноцеллюлозы методом HefCel

Учитывая новизну процесса и возможные изменения в количестве и типах используемого сырья и энергии, были изучены различные сценарии. Результаты показали, что выбросы парниковых газов могут варьироваться в пределах 0,59-1,57 кг CO₂-экв. При этом, доля влияния производства целлюлозы увеличивается до 86 % в сценарии с наименьшими ПГП. В тоже время, влияние производства ферментов может увеличиться до 34 % в сценарии с наибольшими выбросами.

Сравнение с альтернативными продуктами. Одним из заявленных преимуществ изученного метода HefCel является пониженное потребление электричества по сравнению с механическим методом. Однако, данное преимущество нивелируется повышенным потреблением тепла, необходимого для поддержания оптимальной температуры для ферментов. Сравнение выбросов парниковых газов приведено на рис. 4.

Как видно, ПГП nanoцеллюлозы, приготовленной методом HefCel, в референтном сценарии и nanoцеллюлозы, приготовленной механическим способом, практически одинаковы. Однако стоит отметить, что nanoцеллюлоза HefCel имеет значительно более низкий ПГП, по сравнению с бутилакрилатом - химикатом, применяемым при производстве красок, который может быть заменен nanoцеллюлозой. Его ПГП составляет практически 4 кг CO₂-экв.

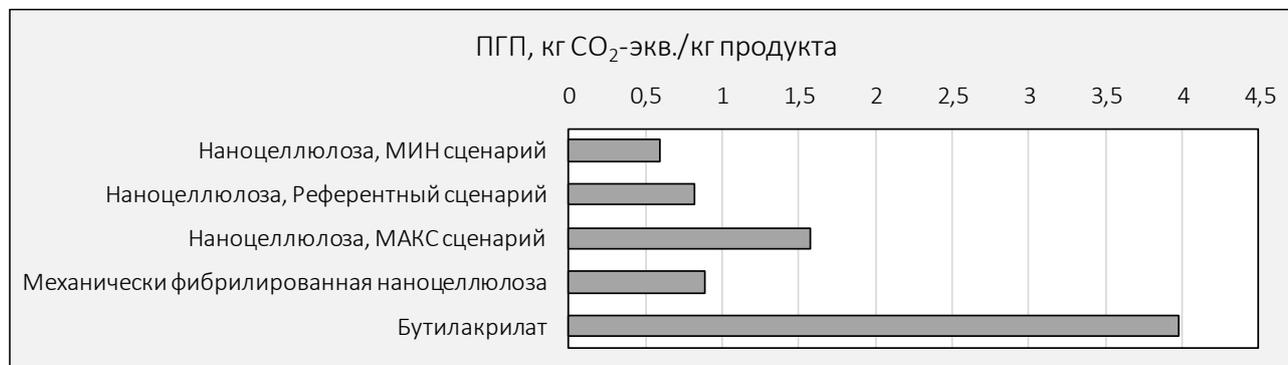


Рисунок 4 – Вклад в глобальное потепление производств nanoцеллюлоз, изготовленных различными методами, и бутилакрилата

Выводы. Анализ экологического влияния производства nanoцеллюлозы ферментативным методом HefCel показал, что такое производство оказывает незначительное влияние на окружающую среду, в частности на изменение климата. Использование данного материала в производстве красок с целью замещения бутилакрилата приведет к значительному сокращению выбросов парниковых газов при производстве красок. Дальнейшие исследования стоит сфокусировать на уточнении используемых материалов и энергии, т.к. их выбор оказывает существенное влияние на результаты ОЖЦ.

Благодарность. Авторы выражают свою благодарность Business Finland за предоставленное финансирование для проведения данных исследований в рамках программы New Business from Research Ideas.

Список литературы

1. Ragauskas A.J. The Path Forward for Biofuels and Biomaterials // Science (80-.). 2006. Vol. 311, № 5760. P. 484–489.
2. Mondal S. Preparation, properties and applications of nanocellulosic materials // Carbohydr. Polym. Elsevier, 2017. Vol. 163. P. 301–316.
3. Kangas H., Pere J., Qvintus P. High-consistency enzymatic fibrillation (HefCel) – a cost-efficient way to produce cellulose nanofibrils (CNF) // Adv. Mater. - TechConnect Briefs 2016. 2016. P. 181–183.
4. Девяткин И.Е., Хорттанайнен М. Применение метода оценки жизненного цикла для оценки экологического воздействия // Энергетика, Экология и Бизнес: тезисы докладов Международной научно-практической

конференции обучающихся и преподавателей ВУЗов / ed. Липатов М.С., Шевчук Е.Д. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. P. 7–9.

5. Finnveden G. et al. Recent developments in Life Cycle Assessment // J. Environ. Manage. 2009. Vol. 91, № 1. P. 1–21.
6. Wernet G. et al. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology // Int. J. Life Cycle Assess. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2016. Vol. 21, № 9. P. 1218–1230.
7. Hiltunen J., Kemppainen K., Pere J. Process for producing fibrillated cellulose material, PCT patent application WO2015/092146. 2015.
8. IPCC. 2.10.2 Direct Global Warming Potentials - AR4 WGI Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing [Electronic resource]. 2007. URL: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html (accessed: 31.08.2018).

**Зависимость катионной потребности от содержания анионных
полиэлектролитов в макулатурном сырье**

**Dependence of the cationic demand on the content of
anionic polyelectrolytes in waste paper**

И.М. Жилинский, И.И. Осовская

I.M. Zhilinsky, I.I. Osovskaja

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Измерен показатель катионной потребности (КП) на различных участках производства гофрокартона из макулатуры марки МС-5Б. Измерения показателя КП показывают концентрацию анионных загрязнений в массном потоке и влияние их на качество готовой продукции. Разработаны методы снижения катионной потребности посредством введения в массный поток специальных катионных добавок.

The indicator of cationic demand (KP) at different sections of corrugated cardboard production from waste paper of grade MS-5B is measured. Measurements of the KP index show the concentration of anionic contaminants in the mass flow and their influence on the quality of the finished product. Methods have been developed for reducing the cationic demand by introducing into the mass flow special cationic additives.

Ключевые слова: макулатурное сырье, катионная потребность, анионные полиэлектролиты, качество продукции.

Keywords: waste paper, cationic demand, anionic polyelectrolytes, product quality.

На современных этапах развития промышленности, в настоящее время, человечество столкнулось с такой проблемой как утилизация отходов жизнедеятельности и сохранение окружающей среды. Целлюлозно-бумажная промышленность не является исключением. Основным в производстве бумаги и картона становится вторичное сырье, а именно макулатура. Ее использование, стабильно возрастает и становится повсеместным. Преимуществами такого сырья, прежде всего, является: дешевизна относительно полуфабрикатов из древесины, экономия затраченных энергетических ресурсов на 1 тонну готовой продукции, низкая стоимость строительства соответствующих предприятий и затрат при их эксплуатации. Применение макулатуры значительно сокращает использование лесных и водных ресурсов, что положительно влияет на окружающую среду, и так же происходит утилизация отходов соответствующих пред-

приятый и использованных в жизнедеятельности человека бумажно-картонных изделий. Макулатурное волокно, в отличие от первичного целлюлозного волокна, характеризуется пониженными бумагообразующими свойствами, наличием большого количества разнообразных загрязнений, таких как полиэтилен, скотч и так далее. Это сказывается на физико-механических показателях и качестве готовой продукции, а также долговечности используемого оборудования. Поэтому главными целями подготовки бумажной массы из макулатуры являются восстановление бумагообразующих свойств волокон и удаление загрязнений путем применения различных технологий, оборудования (установки тонкого и грубого сортирования бумажной массы) и вспомогательных химикатов [1-4].

В настоящее время производство бумаги и картона происходит в нейтральной или слабощелочной среде. В связи с этим особое внимание стало уделяться такому понятию как «катионная потребность», характеризующему количество анионных загрязнений в потоке бумажной массы бумагоделательной машины (БДМ). Ранее производство бумаги и картона происходило в кислой среде и для нейтрализации отрицательного заряда использовался сульфат алюминия, так как он при попадании в поток создавал избыточную анионную потребность [2]. Полный отказ от его использования привел к тому, что анионные загрязнения стали накапливаться в водообороте БДМ. Это привело к снижению эффективности работы химикатов и снижению сроков службы одежды машины, а также явилось причиной дефектов бумажного полотна, увеличения расхода химикатов относительно норм и снижения качества готовой продукции [4].

Особенно заметно влияние катионной потребности при производстве картона для плоских слоев гофрированного картона, бумаги для гофрирования из вторичного сырья марки МС-5Б, где имеется высокое содержание всевозможных анионных полиэлектролитов [4].

Целью данного исследования явилось снижение катионной потребности посредством введения специальных химикатов: катионного крахмала (Динадин CS 537) и катионного полиэлектролита (ВПК-402). Результаты измерений КП представлены в табл. 1 и получены из двух параллельных опытов. Характеристика работы БДМ представлена в табл. 2.

Таблица 1 – Результаты обследования технологического потока

№ п/п	Катионная потребность, экв/моль (после дисковых мельниц)	Катионная потребность, экв/моль (бак постоянного уровня)	Катионная потребность, экв/моль (напорный ящик)
1	-640	-560	-530
2	-620	-550	-510

Таблица 2 – Характеристика работы БДМ

Продукция	Скорость, м/мин	Расход крахмала, кг/т	Расход «ВПК 402», кг/т	Расход АКД, л/час	Композиция, %
Картон «К-2», 125 г/м ²	125	6	0,1	15,5	до потребителя-25 после потребителя-75

Как видно из табл. 1, введение катионного крахмала (Динадин CS 537) в массный поток снижает КП на 12 %, а катионного полиэлектролита (ВПК-402) – на 6,3 %.

Основные выводы

1. Измерены показатели катионной потребности в технологическом потоке БДМ для производства картона для плоских слоев гофрированного картона и бумаги для гофрирования из макулатурного сырья МС-5Б.
2. Показана некоторая эффективность использования химикатов для снижения катионной потребности в технологическом потоке БДМ.
3. Перспективы дальнейших исследований мы видим в оптимизации процесса и в поиске более эффективных вспомогательных химикатов, снижающих КП.

Список литературы

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб. Политехника, 2005. – 423 с.
2. Смолин А.С., Шабиев Р.О., Яккола П. Исследование дзета-потенциала и катионной потребности волокнистых полуфабрикатов // Химия растительного сырья. 2009. №1. С. 177–184.
3. Жилинский И.М., Осовская И.И. Влияние качества макулатуры на свойства бумаги и картона для гофрирования // Международный академический вестник. 2017. №1. С. 15-17.
4. Смолин А.С., Шабиев Р.О. Комплексные исследования электроповерхностных свойств в гидросуспензиях растительных волокон // Лесн. журн. 2011. № 6. С. 124–133. (Изв. высш. учеб. заведений)

Упрочнение композиционных материалов на основе стеклянных волокон
Strengthening of composite materials based on glass fibers

В.К. Дубовый, Н.А. Криницин, Г.А. Суслов

V.K. Dubovy, N.A. Krinitsin, G.A. Suslov

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

В данной статье рассматриваются вопросы формирования прочности сорбционных композитных материалов на основе микротонких стеклянных волокон с добавлением цеолитов и с использованием в качестве связующего полиядерных комплексов алюминия и поливинилспиртовых волокон. Представленные результаты исследования свидетельствуют о существенном увеличении прочности материала с 30%-м содержанием цеолита при добавлении в композицию 30 % полиядерных комплексов алюминия и 2 % поливинилспиртовых волокон.

This article discusses the formation of strength of sorption composite materials based on Microfine glass fibers with the addition of zeolites and using polynuclear complexes of aluminum and polyvinyl alcohol fibers as a binder. The presented results of the study indicate a significant increase in the strength of the material with 30% zeolite content when adding 30 % of polynuclear complexes of aluminum and 2% polyvinyl alcohol fibers to the composition [1].

Ключевые слова: прочность, цеолиты, ПВС, стеклянные волокна, полиядерные комплексы алюминия

Keywords: strength, zeolites, PVA, glass fibers, polynuclear complexes of aluminum

Стекловолокнистые композиционные материалы обладают такими ценными свойствами как – негорючесть, устойчивость к агрессивным средам, электро-, тепло- и звукоизоляционные свойства, стойкостью к биологическому воздействию. С использованием данных волокон существует возможность получения сорбционных материалов специального назначения. Однако стеклянные волокна не обладают способностью к связеобразованию, а материалы на их основе – недостаточной технологической прочностью. Для решения данной проблемы существует возможность использовать в качестве связующих полиядерные комплексы алюминия и поливинилспиртовые волокна (ПВС) [2].

С помощью методов электронной микроскопии была исследована структура полученных образцов сорбционных композитных материалов на основе микротонких стеклянных волокон диаметром 0,25 мкм. Результаты свидетельствуют о равномерном распределении в материале цеолита, поливинилспиртовых волокон и полиядерных комплексов алюминия с образованием нанотонкой капиллярно-пористой структуры (рис. 1) [3].

Методом двухфакторного планирования эксперимента были проведены исследования влияния композиций материала на прочностные характеристики образцов. В качестве переменных факторов были выбраны процентные содержания полиядерных комплексов алюминия и цеолита.

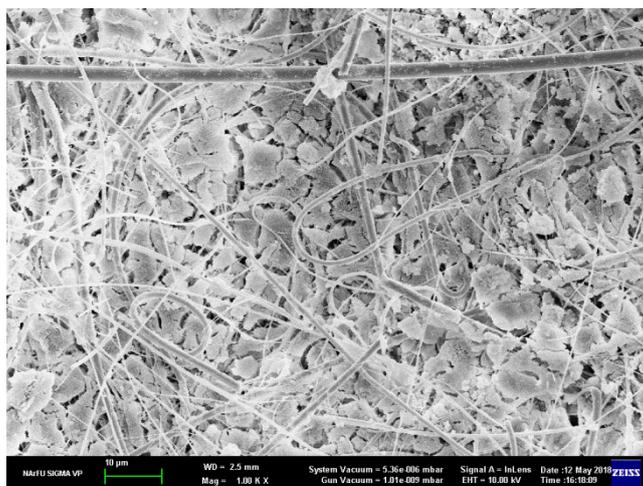


Рисунок 1 – Микрофотография структуры композитного материала на основе стеклянных волокон

На рис. 2 представлены зависимости предела прочности при растяжении образцов от процентного содержания цеолита и полиядерных комплексов алюминия. При отсутствии солей алюминия и добавлении 10 % цеолита прочность снижается в 2,5 раза. Дальнейшее увеличение процентного содержания цеолита до 30 % не ведет к изменению прочности [4].

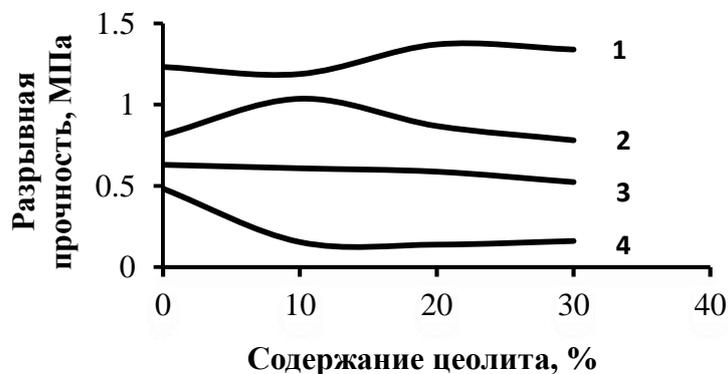


Рисунок 2 – Влияние процентного содержания полиядерных комплексов алюминия и цеолита на предел прочности

Добавление в композицию в качестве связующего 10 % $AlCl_3$ в пересчете на Al_2O_3 ведет к увеличению прочности сорбционного материала при содержании в композиции до 20 % цеолита. Дальнейшее увеличение процентного содержания цеолита уменьшает прочность материала.

Увеличение в композиции содержания хлорида алюминия с 20 до 30 % по Al_2O_3 дает прирост прочности в 1,5 раза, при этом содержание цеолита до 30 % оказывает меньшее влияние на прочность при прочих равных условиях. Это связано с особенностями структуры материала и вкладом трех составляющих в формирование прочности: водородных сил связи, сил Ван-дер-Вальса и сил трения [5].

Список литературы

1. Дубовый В.К. Стекланные волокна. Свойства и применение. СПб.: Нестор, 2003. 130 с.
2. Щербак Н.В., Дубовой Е.В., Лоренгель М.А., Смолин А.С. Моделирование композиции сепараторной бумаги из минерального и растительного сырья для повышения прочности и впитывающей способности // Лесн. журн. 2018. № 1. С. 120–129. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.120
3. Дубовый В.К. Бумагоподобные композиционные материалы на основе минеральных волокон: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2006. 370 с.
4. Дубовый В.К. Фильтровальные материалы на основе минеральных волокон для сверхтонкой очистки газовоздушных сред: дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГЛТА, 1998. 174 с.
5. Безлаковский А.И., Дубовый В.К., Сысоева Н.В., Коваленко В.В. Связеобразование в системе «минеральное волокно–минеральное связующее» // Материалы XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Волгоград, 2011. С. 32.

Структурно-морфологические свойства целлюлозы из бамбука **Structural and morphological properties of bamboo pulp**

Х.М. Кхоа, А.А. Масленникова, Е.О. Окулова, Я.В. Казаков

H.M. Khoa, A.A. Maslennikova, E.O. Okulova, Ya.V. Kazakov

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск

Проведены исследования структурно-морфологических свойств волокон целлюлозы из бамбука *Vambusa blumeana*, полученных сульфатным способом, с применением автоматического анализатора волокна L&W Fiber Tester. Установлено, что, по сравнению с лиственной целлюлозой, волокна бамбука более длинные (1,8 против 1,0 мм), с меньшей шириной (17 против 25,8 мкм), более изогнутые (фактор формы 87,5 против 92,5) и имеют больше изломов (0,42 против 0,29).

The structural and morphological properties of bamboo pulp fibers, obtained by sulfate cooking, using an automatic fiber analyzer L&W Fiber Tester was studied. It has been found that, compared to hardwood pulp, bamboo fibers are longer (1.8 to 1.0 mm), with a smaller width (17 to 25.8 μm), more curved (form factor 87.5 versus 92.5) and have more kinks (0.42 vs. 0.29).

Ключевые слова: волокно, бамбуковая целлюлоза, структурно-морфологические свойства, фракционный состав.

Keywords: fiber, bamboo pulp, structural and morphological properties of fibers, fractional composition.

В рамках расширения сотрудничества Российской Федерации со странами азиатского региона, возможно расширение сырьевой базы Российской ЦБП за счет использования экономически выгодных волокнистых полуфабрикатов, произрастающих в странах Дальнего востока. Бамбук является самым быстрорастущим растением на земле, и есть определенный мировой опыт его использования в ЦБП. В настоящее время в мировом производстве целлюлозы из бамбука потребляется около 7-8 млн. тонн сырого бамбука. В том числе в Китае ежегодно потребляется 1,6-1,8 млн. тонн, в Индии – более 1,6 млн. тонн бамбука [1].

Бамбук представляет собой высокоствольный быстро развивающийся древесный злак. Для изучения нами был взят бамбук *Vambusa blumeana*, вид

вырастает до 25 м в высоту и до 15 см в диаметре, произрастает плотными скоплениями в тропическом или субтропическом климате и выдерживает температуру до -1°C , родом он из Индонезии-Малайзии.

В лаборатории инновационно-технологического центра «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» САФУ нами были получены образцы сульфатной целлюлозы из бамбука *Bambusa blumeana* по режиму варки, характерному для лиственной древесины. Условия варки: гидромодуль 3, расход активной щелочи на варку 17 % в ед. Na_2O к а.с. древесине; температура варки 160°C , продолжительность стоянки на конечной температуре – 2 часа. Получена целлюлоза с выходом 39,5 % и числом каппа 35.

Для получения представления о форме, размерах и состоянии поверхности волокон бамбуковой целлюлозы, были получены электронные фотографии образцов из отливки неразмолотой бамбуковой целлюлозы после криофиксации и лиофильной сушки с применением сканирующего электронного микроскопа ZEISS «SIGMA VP» (рис. 1). Из фотографий следует, что волокна целлюлозы бамбука являются длинными, тонкими и сильно изогнутыми (рис. 1, а). Поверхность волокна относительно ровная, наружный слой клеточной стенки практически не поврежден (рис. 1, б).

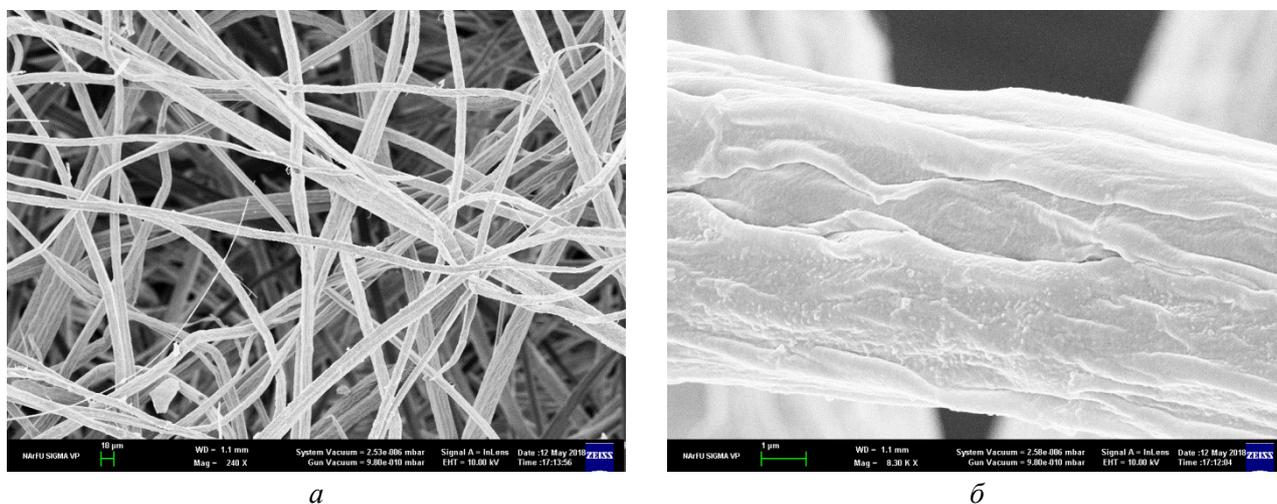


Рисунок 1 - Микрофотографии образцов бамбуковой целлюлозы (получены на электронном микроскопе Zeiss SIGMA VP): а – волокна; б – поверхность волокна

Для оценки пригодности волокнистых полуфабрикатов для изготовления определенного вида бумаги и прогнозирования механических характеристик бумаги, обычно речь идет бумагообразующих свойствах. Для характеристики бумагообразующих свойств волокнистого материала требуется определение целого ряда показателей [2, 5].

Применяемые сегодня современные анализаторы волокна позволяют в автоматическом режиме провести измерения характеристик десятков тысяч

отдельных волокон и получить гистограммы распределения длины, и ширины волокон, а также характеристик, оценивающих кривизну волокон, числа изломов на волокне, долю мелочи и т.п. [3]. Результаты представляются в виде среднего значения, гистограммы распределения характеристик и нескольких величин размеров волокон, учитывающих взвешенную, объемную или массовую долю. Такая полная характеристика целлюлозной массы должна иметь высокий прогнозирующий потенциал для определения фундаментальных и прочностных свойств технической целлюлозы [2, 4].

Структурно-морфологические свойства волокон бамбуковой целлюлозы в сравнении с лиственной целлюлозой

Характеристики	Бамбуковая целлюлоза		Лиственная целлюлоза	
	без размола	30°ШР	без размола	30°ШР
Средняя длина волокон, мм	1,82	1,66	1,04	0,98
Средняя ширина волокон, мкм	17,2	20,3	25,8	24,4
Средний фактор формы, %	87,5	84,2	92,5	91,7
Грубость, мг/м	82,2	85,3	100,5	80,2
Средний угол излома	60,5	58,0	46,0	50,5
Число изломов на мм	0,42	0,62	0,29	0,10
Число больших изломов на 1 мм	0,17	0,25	0,06	0,10
Число изломов на волокно	0,59	0,80	0,27	0,31
Число больших изломов на волокно	0,25	0,32	0,06	0,09
Средний индекс излома	1,15	1,70	0,71	0,89
Средняя длина сегмента, мм	1,43	1,11	0,91	0,84
Доля мелочи, %	2,87	4,30	2,80	3,03
Число сосудов на 100 000 волокон	65	42	680	470
Количество сосудов на грамм	4763	3235	64291	58816

Для определения бумагообразующих свойств, образцы целлюлозы были подвержены роспуску и размолу в ЦРА до степени помола 30 °ШР. Для размолы лиственной целлюлозы потребовалось 26 мин, для целлюлозы бамбука – 45 мин. Определение структурно-морфологических свойств полученного полуфабриката из бамбука выполнено с использованием автоматического анализатора волокна Fiber Tester (Lorentzen & Wettre) [3]. Результаты представлены в таблице и на рис. 2 и 3. Для сравнения представлены данные по свойствам лиственной целлюлозы из смеси осиновой и березовой древесины.

На рис. 2 представлена гистограмма, отражающая изменение исследуемых параметров в процентном соотношении. Результаты бамбуковых образцов взяты за 100 %.



Рисунок 2 - Процентное соотношение структурно-морфологических свойств бамбуковой и лиственной целлюлозы

В сравнении с лиственной, волокна целлюлозы бамбука являются более тонкими (на 20 %) и длинными (на 40 %). Как следствие, обладают большей степенью изогнутости (на 20 %), имеют больше (на 60 %) изломов, в том числе больших (на 70 %).

Из данных, представленных на рис. 3 следует, что волокна целлюлозы бамбука, являясь более длинными, более равномерно распределяются по классам длины. Однако как и у лиственной, большая часть волокна целлюлозы бамбука находится в диапазоне 0,5–2,0 мм. Средняя ширина волокон целлюлозы бамбука (рис. 4, а) постепенно увеличивается, с увеличением их длины. С увеличением длины волокна, фактор формы бамбуковых образцов снижается в более сильной степени, в отличие от лиственных (рис. 4, б), что связано с их большей длиной и меньшей шириной.

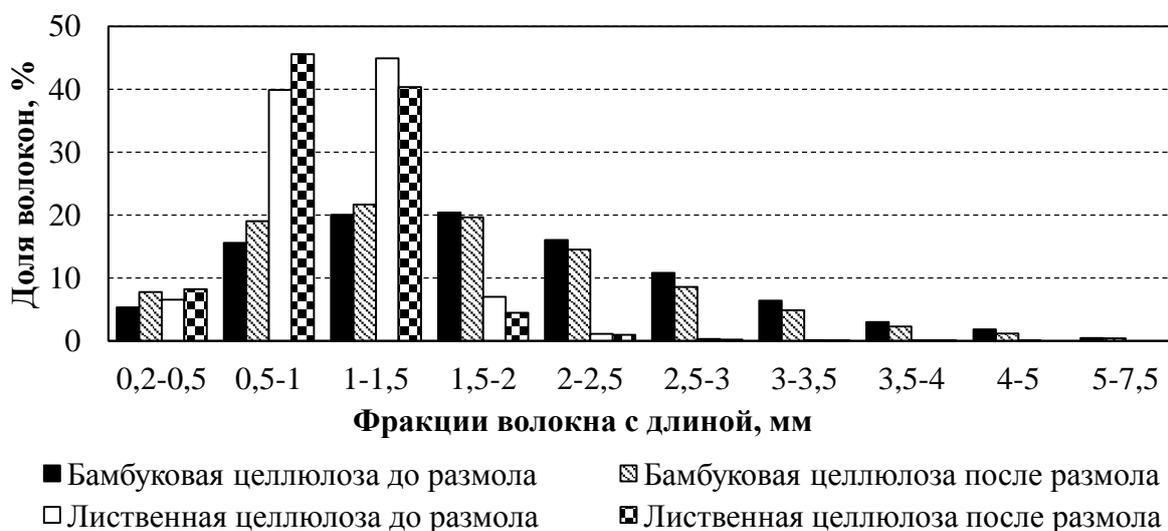
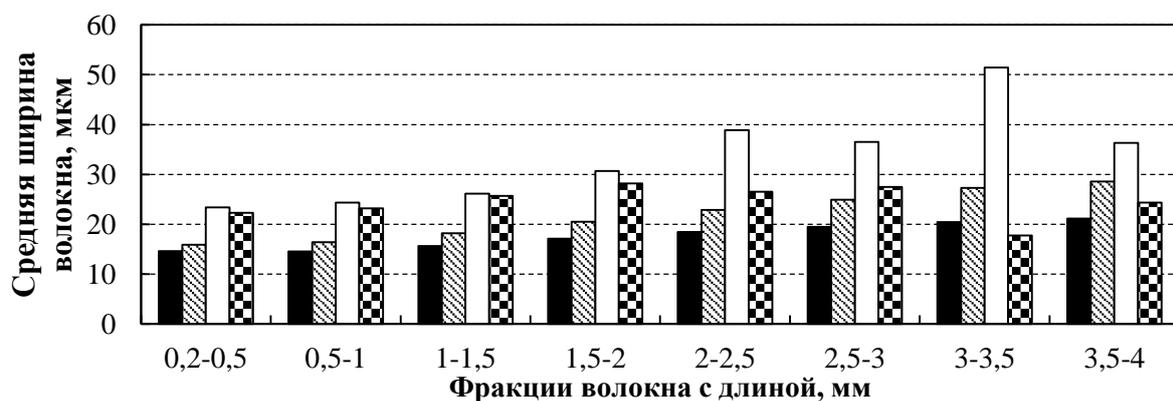
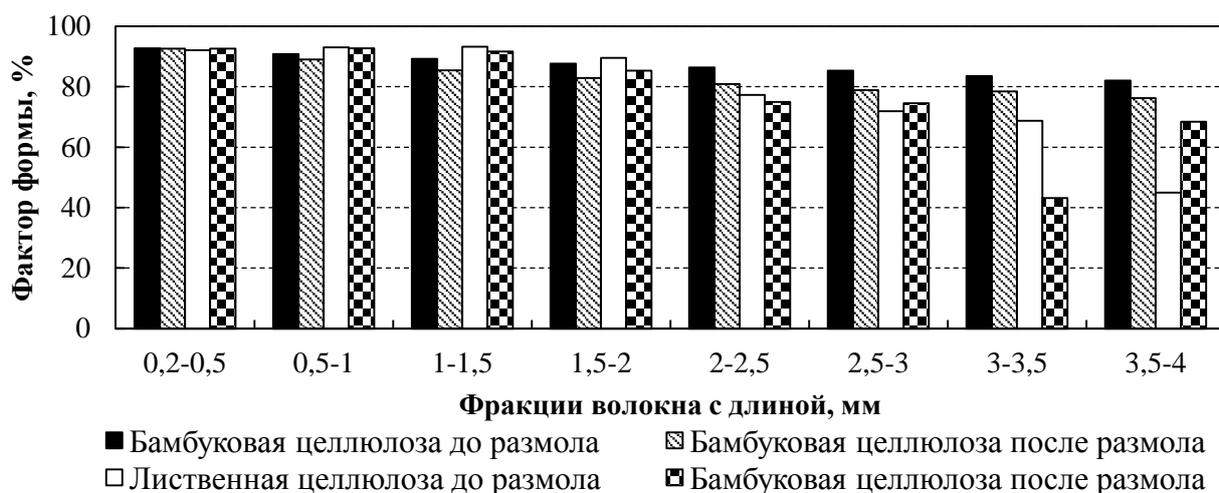


Рисунок 3 - Характеристики фракций волокна бамбуковой и лиственной целлюлозы: фракционный состав по длине волокна



a



б

Рисунок 4 - Характеристики фракций волокна бамбуковой и лиственной целлюлозы: *a* – средняя ширина волокна во фракциях; *б* – средний фактор формы (прямоизна) во фракциях

Выводы по работе

Дана характеристика структурно-морфологических свойств целлюлозы из бамбука, полученных сульфатным способом. Установлено, что, по сравнению с лиственной целлюлозой, волокна бамбука более длинные (1,8 мм против 1,0 мм), с меньшей шириной (17 мкм против 25,8 мкм), более изогнутые (фактор формы 87,5 против 92,5) и имеют больше изломов (0,42 против 0,29). Использование небеленой целлюлозы из бамбука возможно, как добавка, в композиции небеленых видов бумаги и картона для повышения эластичности и растяжимости.

Работа выполнена на оборудовании ИТЦ «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова) при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Список литературы

1. Esther Titilayo Akinlabi. Bamboo The Multipurpose Plant / Esther Titilayo Akinlabi, Kwame Anane-Fenin, Damenortey Richard Akwada. Springer International Publishing AG, 2017.
2. Казаков Я.В., Манахова Т.Н. Бумагообразующий потенциал хвойной небеленой целлюлозы: современный взгляд через автоматический анализатор волокна. / Целлюлоза. Бумага. Картон. –2013. –№5. – С.34–39.
3. Karlsson, Nakan. Fiber Guide. Fiber analysis and process applications in the pulp and paper industry/ AB Lorentzen&Werrte. 2006. –120 p.
4. Манахова Т.Н., Казаков Я.В. Расчет параметров феноменологической модели деформирования целлюлозного материала по результатам измерений на автоматическом анализаторе волокна / Лесн. журн., 2014. №1. – С.140–147. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Кларк Дж. Технология целлюлозы (Наука о целлюлозной массе и бумаге, подготовка массы, переработка ее в бумагу, методы испытаний) / пер. с англ. А.В. Оболенской, Г.А. Пазухиной. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 456 с.

Влияние степени помола целлюлозы на водопоглощение бумаги

The impact of pulp freeness to water sorption of paper

Д.И. Малютина

D.I. Malyutina

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Статья посвящена исследованию зависимости времени размолла блененной сульфатной листовенной целлюлозы и блененной сульфатной хвойной целлюлозы на степень проклейки клеен на основе димера алкилкетена. Установлена зависимость изменения водопоглощения от степени помола. Экспериментально подтверждено, что степень проклейки бумаги ухудшается с увеличением удельной поверхности волокон, что является следствием процесса размолла.

The article is devoted to research of bleached hardwood and bleached softwood kraft pulp beating time dependence on the degree of sizing, made by adhesive based on alkyl ketene dimer. The dependence of change in a relative degree of sizing on the degree of beating is stated. It is experimentally confirmed that the degree of paper sizing deteriorates with an increase of the specific surface of fibers, which is a measure of the beating process.

Ключевые слова: целлюлоза, размол, проклейка, АКД, водопоглощение бумаги.

Keywords: pulp, beating, paper sizing, AKD, water sorption of paper.

Введение

Проблема внутримассной проклейки бумаги за двухсотлетнюю историю ее существования изучена достаточно серьезно с точки зрения химии процесса, факторов технологий, вида проклеивающих реагентов, влияния вида волокон. Поскольку процесс внутримассной проклейки сохраняет свою актуальность, исследования в этой области и поиск оптимальных технологических решений активно продолжаются и в настоящее время.

Общепринятый в настоящее время метод оценки водопроницаемости - метод Кобба, прямо оценивающий количество поглощаемой влаги за определенный промежуток времени. При широком разнообразии исследований, посвященных процессу внутримассной проклейки, практически обойден вниманием вопрос влияния процесса размолла на степень водопроницаемости в присутствии проклеивающих реагентов.

В классической литературе [1, с. 70] отмечается, что при высоких степенях помола водонепроницаемость возрастает, благодаря уплотнению структуры, снижению пористости и воздухопроницаемости.

Однако данные о влиянии степени помола на водопоглощение в присутствии проклеивающих реагентов отсутствуют. При этом процесс размола волокна должен оказывать влияния на водопоглощение, поскольку при размоле происходит значительное изменение структурных характеристик волокнистых систем (рис. 1) [2].

Поверхность волокон в начале процесса размола увеличивается медленно, а затем заметно быстрее. Что и показано на кривой изменения удельной площади поверхности целлюлозы в процессе размола в зависимости от его продолжительности (рис. 2) [2].



Рисунок 1 - Действие ножей на волокна в процессе размола

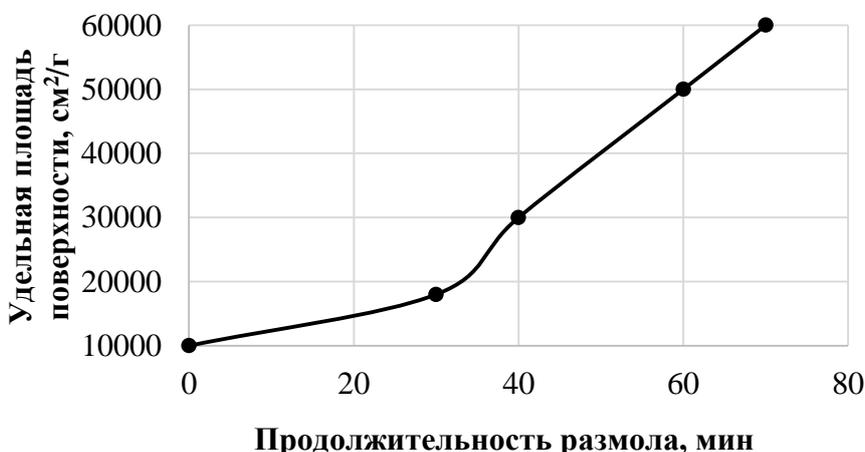


Рисунок 2- Кривая изменения удельной площади поверхности целлюлозы в процессе размола в зависимости от его продолжительности

Известно, что удельная поверхность мелочи намного превышает удельную поверхность самого волокна, а ее присутствие не только изменяет структурные и механические свойства бумаги, но и отрицательно сказывается на расходе полезных химических вспомогательных веществ. Поэтому измерение степени помола следует рассматривать только как технологический показатель общего состояния бумажной массы. Для более точной оценки

удельной поверхности следует определение относительного водоудержания при центрифугировании (WRV). Как видно из рис. 3, чем более развита удельная поверхность целлюлозы, тем выше значения водоудержания волокна. Но водоудерживающая способность начинает снижаться, это можно объяснить общей деструкцией волокна [2].

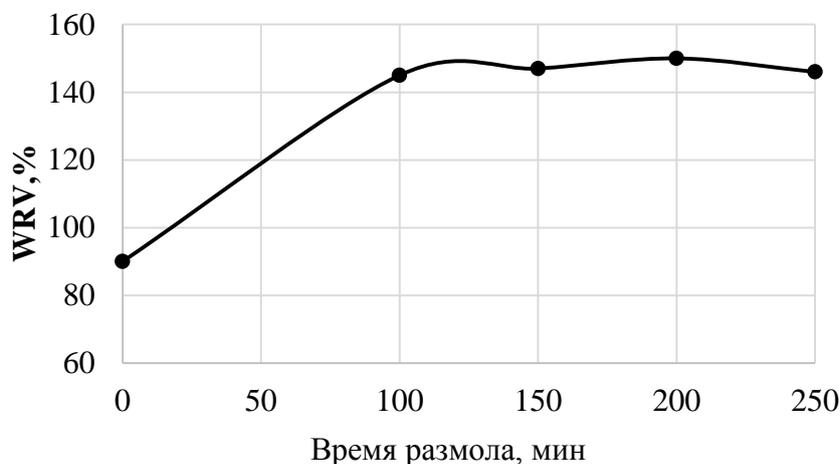
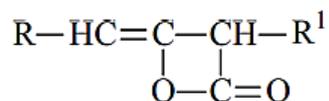


Рисунок 3 - Изменение водоудержания от времени размола

Из целлюлозно-реактивных клеев широко используется АКД (водная эмульсия воска димера алкилкетена).

Химический состав и структура димеров алкилкетена выражаются формулой [3]:



Четырехчленное лактоновое кольцо обеспечивает клей АКД функциональными группами, которые реагируют с ОН группами целлюлозы с образованием сложной эфирной связи. Точка плавления клея АКД 50-60 °С и получают его из смеси пальмитиновой (R = C16 → 60-40%) и стеариновой (R1 = C18 → 40-80%) кислот, для стабилизации частиц клея используют защитный коллоид на основе крахмала, который придает АКД нужный заряд и стабилизирует клеевую эмульсию.

Механизм проклейки бумаги клеем на основе АКД.

Основные стадии механизма проклейки:

1. Удержание клея в мокрой части машины.
2. Распределение клея по полотну, первоначально клей фиксируется на волокне за счет электростатических и водородных связей с гидроксильными группами целлюлозы (рис. 4).
3. Реализация проклейки в сушильной части машины.
4. Созревание готовой бумаги, то есть клей непосредственно соединяется с волокном.

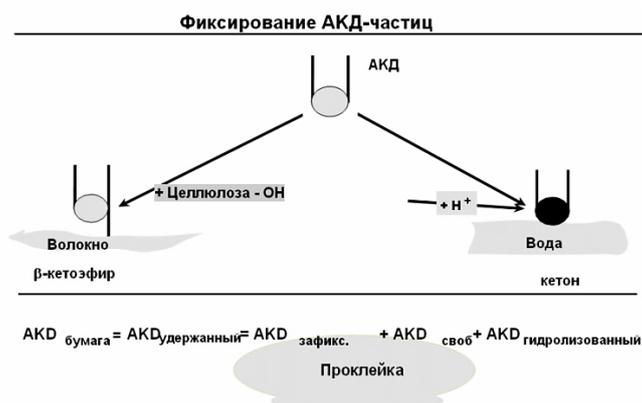
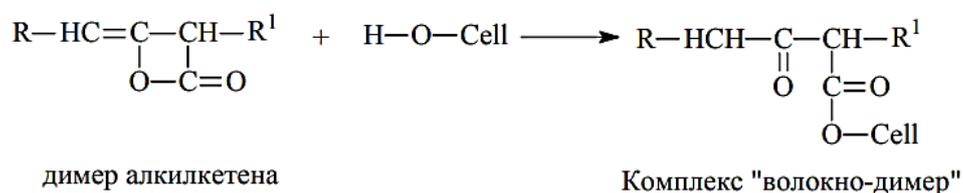


Рисунок 4 - Схема процесса проклейки бумаги и картона клеями на основе АКД

Взаимодействие между АКД и гидроксилами целлюлозы происходит по реакции [3]:



Основой процесса проклейки являются поверхностные явления.

После введения клея в водноволокнистую суспензию частицы клея осаждаются и фиксируются на поверхности волокон. Это происходит в мокрой части БДМ при отливе и обезвоживании. Дальнейшее удержание частиц клея на волокне происходит под влиянием физико-химических процессов адсорбции и электростатического взаимодействия.

Характеристика использованных материалов

Для проведения исследований использовали следующие волокнистые полуфабрикаты:

- * Сульфатная беленая лиственная целлюлоза (СФАЛБ).
- * Сульфатная беленая хвойная целлюлоза (СФАХВБ).

В соответствии с ГОСТ 14940-75 для технической сульфатной беленой лиственной целлюлозы, предназначенной для производства различных видов бумаги и картона, устанавливаются определенные показатели качества (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели качества для технической сульфатной беленой лиственной целлюлозы

№	Наименование показателя		Значение
1	Механическая прочность при размоле в мельнице ЦРА до 60°ШР	Разрывная длина	5900 м
		Сопротивление раздиранию	30 мН
2	Белизна		не менее 86%
3	Сорность		площадью свыше 0,1 до 1 мм ² включительно, не более 20

Для сульфатной беленой целлюлозы из хвойной древесины, предназначенной также для производства различных видов бумаги и картона, в соответствии с ГОСТ 9571-84 устанавливаются следующие показатели качества (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества сульфатной беленой целлюлозы их хвойной древесины

№	Наименование показателя		Значение
1	Механическая прочность при размоле в мельнице ЦРА до 60°ШР	Разрывная длина	8700 м
		Излом - число двойных перегибов	не менее 2400
2	Белизна		не менее 88%
3	Сорность		площадью свыше 0,1 до 1 мм ² включительно, не более 50

Препарат для проклейки бумаги и картона «Феносайз», или просто клей АКД «Феносайз», является водной эмульсией воска димера алкилкетена (АКД) и выпускается по ТУ 2499-004-70048729-2007 «Препарат для проклейки бумаги и картона «Феносайз». Имеет санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.01.03.249.П. 045504.06.08 от 09.06.08 г. и разрешен в качестве проклеивающего агента в производстве бумаги и картона, используемых в контакте с пищевыми продуктами. Клей «Феносайз» предназначен для проклейки бумаги и картона, изготавливаемых из целлюлозы и макулатурного сырья.

Эксперимент

Для исследования использовали древесные волокна – целлюлозу сульфатную беленую лиственную и сульфатную беленую хвойную. Для проведения испытаний образцы подготавливали, производили роспуск и размол в ЦРА, а так же определяли их степень помола в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 14363.4 (рис. 5).

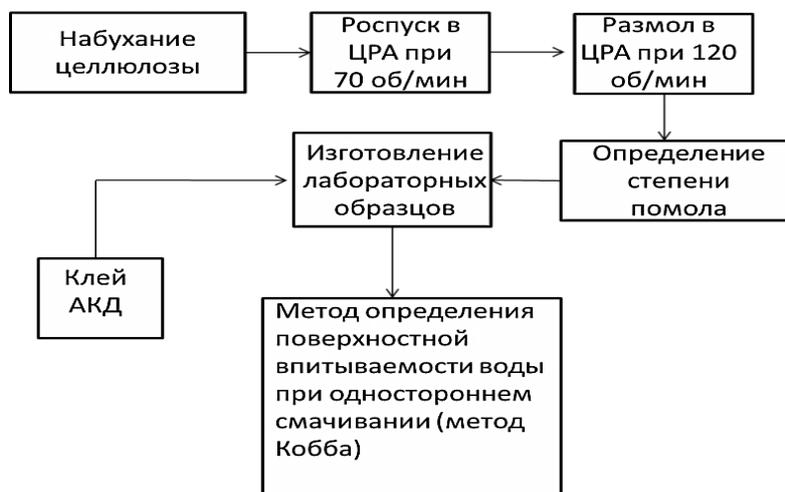


Рисунок 5 - Схема исследования целлюлозы

Подготовка бумажной массы, роспуск и размол волокнистых полуфабрикатов, а так же обработка бумажной массы проклеивающим веществом и определение поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба) производились в соответствии с действующими стандартами [4]. Результаты представлены в табл. 3 и 4. Графики зависимости степени проклейки от времени размола представлены на рис. 6 и 7.

Таблица 3 – Параметры исследуемых образцов, изготовленных из СФАХВБ

№	Степень помола	Масса		Кобб	Средняя толщина	Плотность бумаги
	°ШР	m ₁	m ₂	г/м ²	мм	кг/см ³
1	20	1,3	1,48	18	0,125	640
2	28	1,44	1,62	18	0,014	552
3	37	1,28	1,53	25	0,11	727
4	55	1,28	1,59	31	0,105	762

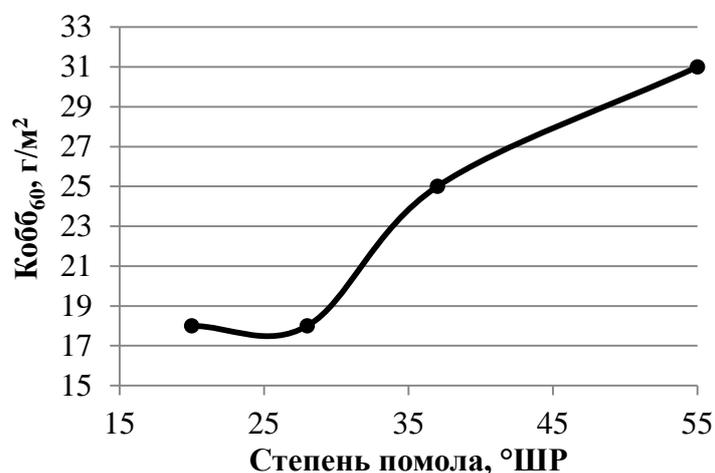


Рисунок 6 - График изменения степени проклейки от времени размола для СФАХВБ

Таблица 4 - Параметры исследуемых образцов, изготовленных из СФАЛБ

№	Степень помола	Масса		Кобб	Средняя толщина	Плотность бумаги
	°ШР	m ₁	m ₂	г/м ²	мм	кг/см ³
1	19	1,15	1,27	12	0,23	348
2	28	1,19	1,31	12	0,23	348
3	36	1,01	1,14	13	0,21	381
4	55	1,68	1,84	16	0,22	364

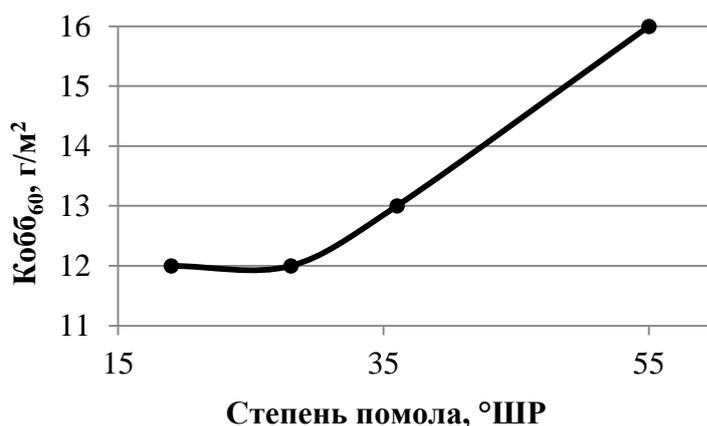


Рисунок 7 - График изменения степени проклейки от времени размола для СФАЛБ

Следует обратить внимание, что увеличение показателя по Коббу (рост водопоглощения) происходит одновременно с ростом удельной поверхности волокон при размоле. Очевидно, что с увеличением поверхности требуется большее количество клея для создания требуемой гидрофобности (рис. 2).

Выводы

1. С увеличением степени помола исследуемых видов волокон, водопоглощение возрастает.
2. Увеличение водопоглощения происходит одновременно с увеличением удельной поверхности волокон и связано с недостаточным количеством клея для растущей поверхности.

Список литературы

1. Фляте Д.М. Технология бумаги: учебник для вузов. — М.: Лесная пром-сть, 1988. — 432 с.
2. Кларк Дж. Технология целлюлозы (наука о целлюлозной массе и бумаге, подготовка массы, переработка ее на бумагу, методы испытания) / пер. с англ. А.В. Оболенской, Г.А. Пазухиной. - М.: Лесная пром-сть, 1983. — 456 с.
3. Блинущова О.И., Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н.. Развитие теории механизма проклейки тест-лайнера димерами алкилкетена // Химия растительного сырья. 2008. №1. 8 с.
4. Шабиев Р.О., Смолин А.С., Парамонова Л.Л.. Изготовление и испытание лабораторных образцов бумаги и картона из вторичного сырья: уч. пособие / СПбГТУРП. - СПб., 2013. 66 с.

Проблемы переработки макулатуры и способы их решения
Challenges of paper recycling and ways to solve them

Д.Ю. Мельничук, З.И. Ворожейкина

D.U. Melnichuk, Z.I. Vorozheikina

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ),
г. Санкт-Петербург

Проблема переработки макулатуры является одной из самых важных в целлюлозно-бумажной сфере в связи с загрязнением окружающей среды и большими финансовыми потерями при отсутствии повторного использования бумажного сырья. Решение этой проблемы имеет важное значение среди текущих задач не только работников отрасли, но и правительства.

The problem of paper recycling is one of the most important in the pulp and paper industry in connection with environmental pollution and large financial losses in the absence of re-use of paper raw materials. Solving of this problem occupies an important position among the current tasks both of industry workers and the government.

Ключевые слова: переработка бумаги, макулатура.

Keywords: paper recycling, waste paper.

В России каждый год насчитывается около двенадцати миллионов тонн макулатуры, представляющей собой отходы частной и коммерческой сферы. Так, в последней, доля бумажного сырья составляет шестьдесят процентов. Перерабатывается в общем количестве только три тонны макулатуры. В итоге, по оценкам экспертов, потери составляют более шестидесяти миллиардов рублей [1].

Для хранения макулатуры приходится отводить место и тратить деньги на вывоз и последующую утилизацию. Основная проблема заключается в том, что в результате, для производства продуктов, не требующих особого качества, приходится заново вырубать деревья. Действительно, древесина считается возобновимым ресурсом, но есть один нюанс – для полного восстановления делянок требуется около восьмидесяти лет, и пользоваться возможностью повторного использования будут уже следующие поколения. Невозможно точно сказать, как именно будут развиваться события, поэтому логичнее было

бы снизить количество вырубки посредством переработки бумажных отходов для производства картона и бумаги.

Объем переработки составляет только 3,3 млн т. в связи с низким объемом сбора. Соответственно, ежегодно на полигоны вывозится макулатуры на 60 млрд рублей. При этом в России установлены мощности, позволяющие перерабатывать 4,15 млн т. в год. Под действие существующих нормативов утилизации (20 %) попадает только 2 млн т. макулатуры при реальных объемах переработки, превышающих 3 млн.

Даже сейчас есть некоторый излишек мощностей, требуемых для переработки. За год предприятия в России могут переработать примерно четыре с половиной тонны сырья. Основное ограничение состоит в другом. Одна из проблем – отсутствие отдельного сбора мусора. Многие уходят в пустоту, так как смешиваются с обычным мусором и вывозятся на полигоны, где просто гниет. Нельзя сказать, что государство не занимается этой проблемой, но решение, на этот момент, половинчатое.

В планах правительства Российской Федерации запретить с 2019 года вывоз макулатуры в места складирования мусора. Но оптимальные и благоприятные условия для мотивирования участников переработки мусора не создаются. Ситуацию могло бы решить освобождение средств, полученных сборщиками от налогов или, хотя бы, сокращение взимаемой суммы.

Также на встрече работников целлюлозно-бумажной отрасли, некоторые эксперты предлагали ввести льготы на определенный период времени, для стимуляции переработчиков. В случае с переработчиками логично снижать плату за электроэнергию, по причине общепольности их работы. Не только с точки зрения финансовой, ибо это экономит большие суммы финансов, но и экологической. Во-первых, не придется складировать этот мусор, а значит, полигоны станут меньше. Во-вторых, создание, например, упаковки из переработанных бумажных материалов, снижает вырубку деревьев.

Не последней проблемой в плане стимуляции повышения интереса к переработке считается низкая цена за тонны этого сырья. Иногда разница, по сравнению с ближайшими странами-соседями, доходит до двух тысяч за тонну, что критически сказывается на желании организовывать переработку в границах Российской Федерации (рис. 1).

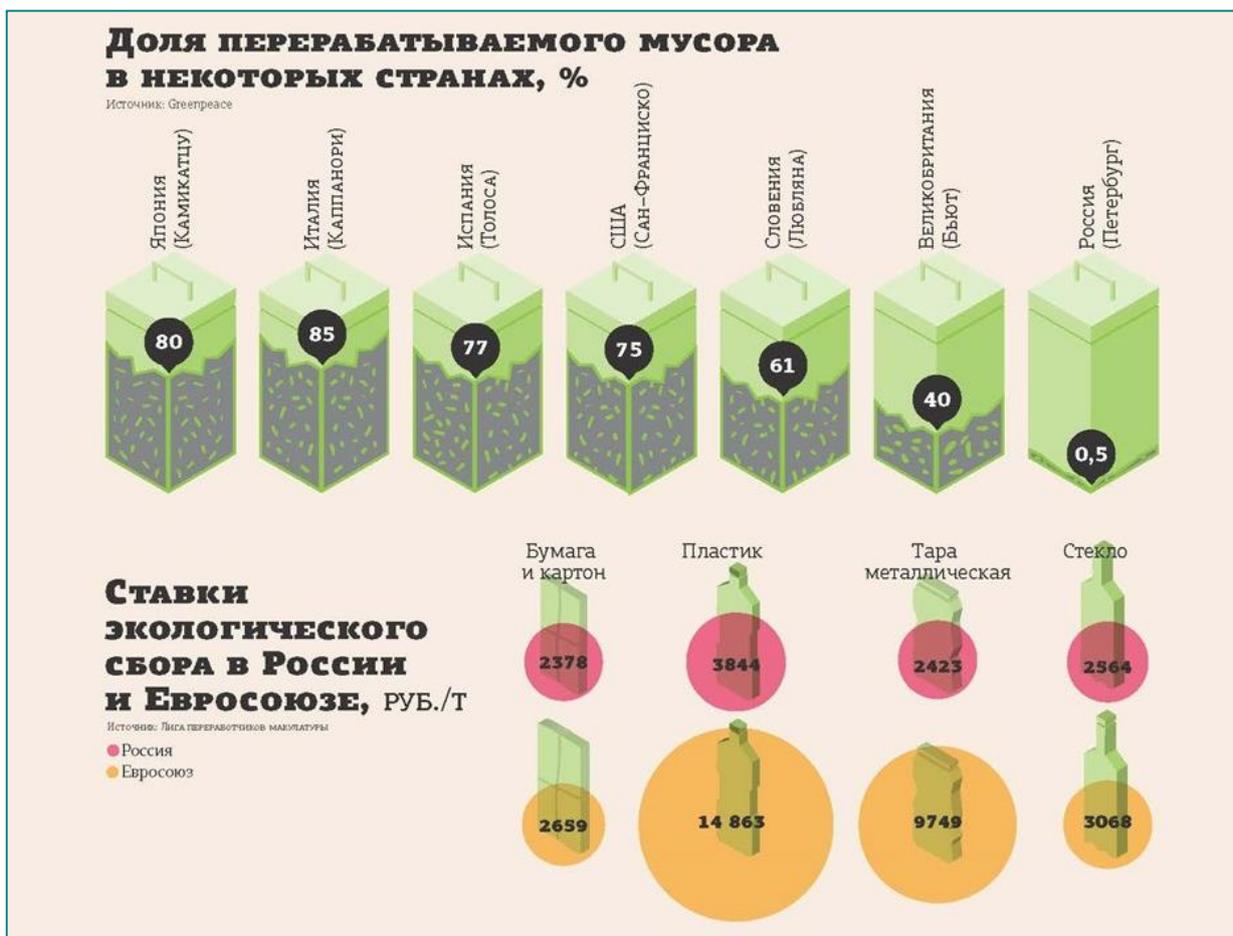


Рисунок 1 – Справочные данные по переработке мусора

Если говорить о зарубежном опыте переработки мусора в целом, следует упомянуть Швецию, где количество перерабатываемого мусора достигает порядка 80 процентов, где из того извлекают двойную пользу – чистоту на улицах и, к тому же, электроэнергию.

Во многом, сказывается тщательно разработанная политика утилизации многих продуктов производства. Например, в случае с бутылками, некая сумма уже включена в стоимость продукта, чтобы ее вернуть, нужно сдать на переработку. У нас же подобная схема пока что мало реализована из-за малого количества пунктов приемки.

Опыт рецикла мусора на территории Санкт-Петербурга и Ленобласти был в недалеком прошлом, когда была реализована программа по сдаче батареек в связи с их большим вредом для окружающей среды. Но, по мнению экспертов и многих простых жителей города, она не была проработана, так как пунктов приема было мало, и они не всегда работали. Но и из этого опыта можно было бы извлечь пользу, например, чаще организовывать сбор макулатуры и обойтись без ошибок предыдущей программы. В школах иногда проходят подобные акции, но, по большому счету, у участников иногда не хватает мотивации.

В некоторых странах этот вопрос решают с помощью розыгрыша ценных призов среди сдающих сырье на переработку.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что одних запретительных мер недостаточно. Нужна еще и мотивация для принимающих участие в процессе переработки. При этом стимулировать можно всех. Как и сборщиков, снижая процент налога с полученной прибыли от сдачи макулатуры, так и переработчиков снижением сбора платы за электроэнергию; производителей продукции, снижая стоимость переработанного сырья по сравнению с исходным, полученным из новых деревьев. В этом случае можно предусмотреть и некие льготы для тех, кто в большей доле использует рециркулированные источники [2].

Покупателя можно мотивировать, хоть немного снижая стоимость конечного продукта, например, того же сока, где упаковка составляет достаточно большой процент стоимости, который, таким образом, можно снизить.

Создание развитой системы сбора макулатуры и новых, высокотехнологичных заводов по переработке подобного сырья способно создавать не только проблемы, но и тепло или электроэнергию (рис. 2). В конечном итоге, одна из главных проблем – это отсутствие хорошей логистики. Мусор приходится, даже если он нормально собран и скомпонован, отдавать на переработку в соседние страны, что подтверждается опытом Швеции, предлагающей государствам-соседям бартер, в результате чего за отходы они предоставляют некоторое количество биотоплива, полученного из этого сырья.



Рисунок 2 – Схема процесса переработки макулатуры

Остается надеяться, что ситуация в сборе макулатуры и сбора мусора в целом, изменится в лучшую сторону. Благо, хороший пример для подражания находится прямо под боком, ничего принципиально нового изобретать не приходится.

Список литературы

1. Игнатов В.Г. Экология и экономика природопользования / В.Г. Игнатов, А.В. Кокин. – Ростов н/Д: Изд. Феникс, 2017. – 512 с.
2. Экологический мониторинг / под. ред. Т.Я. Ашихмина. – М.: Академический Проект, 2015. – 410 с.

**Разработка энергосберегающих систем теплоснабжения на базе
применения бытовых теплонасосных установок**

**Development of energy-saving heat supply systems
based on the use of domestic heat pump units**

А.Д. Монашенко

A.D. Monashenko

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Системы теплоснабжения являются важнейшим сектором экономики и связующим звеном между всеми отраслями промышленности. Перспективным направлением развития и повышения эффективности систем теплоснабжения может послужить внедрение трансформаторов теплоты, позволяющих использовать для теплоснабжения тепло низкого потенциала.

Heat supply systems are the most important sector of the economy and the link between all industries. The perspective direction of development and increasing of heat supply systems efficiency is introduction of the transformers of heat allowing to use heat of low potential for heat supply.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, теплонасосные установки.

Keywords: heat supply systems, heat pump units.

Российские централизованные системы теплоснабжения являются самыми обширными в мире. Суммарная выработка тепловой энергии на нужды теплоснабжения в стране составляет примерно 1,9 млрд. МВт. С помощью централизованных систем теплоснабжения тепловой энергией обеспечиваются порядка 70 % потребителей в стране, причем выработка тепловой энергии осуществляется в основном на водогрейных котельных (примерно 70 %), и только 30 % вырабатывается на ТЭЦ на базе когенерации.

Российские системы теплоснабжения требуют серьезной модернизации и больших инвестиций, так как значительная часть теплогенерирующего оборудования и самих тепловых сетей изношены. Сложившаяся обстановка связана с недостаточным финансированием и техническим обслуживанием источников и систем теплоснабжения в конце прошлого века и начале 2000-х годов. На данный момент на каждые 100 км тепловой сети ежегодно приходится порядка 70 повреждений. С годами ситуация не улучшается, а только ухудшается, так как процент износа тепловых сетей и

теплогенерирующего оборудования увеличивается, а соответственно, растут тарифы на тепловую энергию.

В настоящее время крупные города очень активно застраиваются новыми жилыми массивами и общественными зданиями. Для обеспечения новых потребителей тепловой энергией в большом количестве строятся водогрейные котельные небольшой мощности, что приводит к существенному росту потребления топлива. Передача тепловой энергии по сетям сопровождается огромными тепловыми потерями (порядка 20÷30 %), что также заставляет теплогенерирующие компании потреблять намного больше топлива, чем это теоретически необходимо.

Технический уровень производства тепловой и электрической энергии не соответствует техническому уровню их потребления. В настоящее время развитие теплоснабжения ориентировано на повышение эффективности парогазового цикла, на внедрение ИТП и приборов учета тепловой энергии у потребителей и повсеместному переходу от открытых систем теплоснабжения к закрытым. Современные крупные источники теплоснабжения направлены на повышение экономичности выработки электрической энергии на базе парогазового цикла, в то время как существующие системы теплоснабжения нуждаются в огромном количестве тепловой энергии, большая часть которой, как отмечалось ранее, вырабатывается при помощи водогрейных котельных. Производство и потребление тепловой энергии в российских системах теплоснабжения несбалансировано.

Одним из наиболее высокоэкономичных направлений развития систем теплоснабжения является внедрение теплонасосных установок (ТНУ). В странах, где велика доля электрической энергии в балансе теплоснабжения, ТНУ находят самое широкое применение. К таким странам относятся: Швеция, Германия, Австрия, Финляндия, США и Япония.

Опыт эксплуатации теплонасосных установок в России показал, что из-за большей продолжительности отопительного сезона по сравнению со странами Западной Европы экономическая эффективность внедрения ТНУ в нашей стране выше, чем в других странах, что делает применение тепловых насосов в России более привлекательным [4].

Рассмотрим систему теплоснабжения (рис. 1), в которой в качестве источника теплоснабжения выступает конденсационная электростанция, а потребители оснащены системами теплоснабжения с теплонасосными установками.

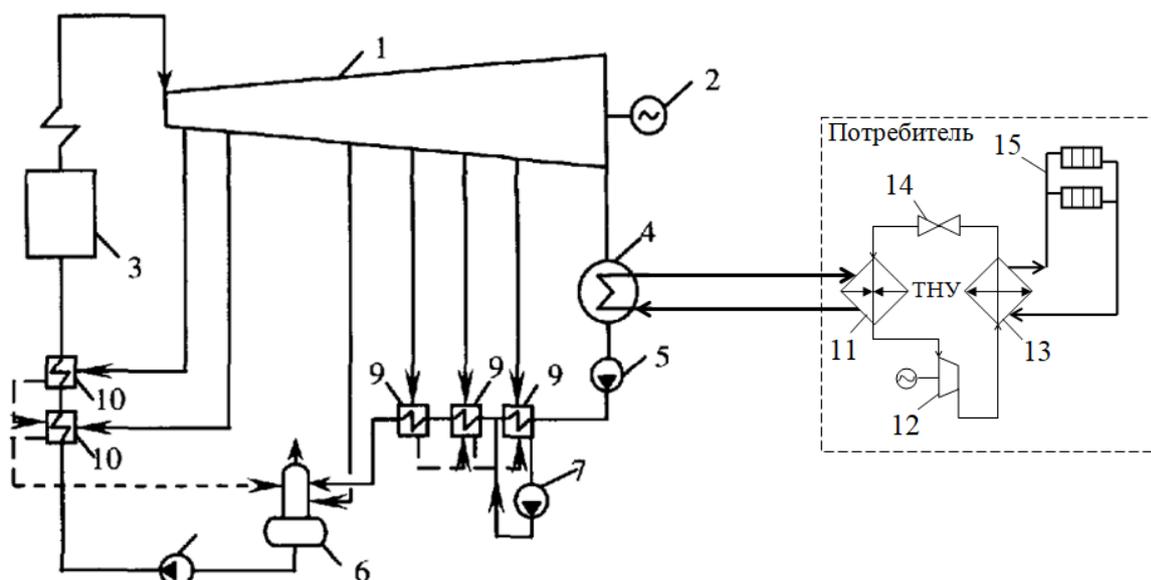


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы теплоснабжения с ТНУ: 1 – конденсационная турбина, 2 – электрогенератор, 3 – энергетический котел, 4 – конденсатор ПТУ, 5 – конденсатный насос, 6 – деаэратор, 7 – конденсатный насос регенеративных подогревателей, 8 – питательный насос, 9 – ПНД, 10 – ПВД, 11 – испаритель, 12 – компрессор, 13 – конденсатор ТНУ, 14 – дросселирующий вентиль, 15 – индивидуальная система отопления

Принципиальное отличие данной системы от существующих заключается в том, что теплота, отводимая от пара в конденсаторе паротурбинной установки 4, не выбрасывается в градирни, а утилизируется в тепловых насосах у потребителей. Другими словами, вода из контура охлаждения конденсаторов ПТУ служит источником низкопотенциальной теплоты для испарителей ТНУ местных систем теплоснабжения.

В этом случае исключается необходимость транспортировки сетевой воды от источника к потребителю с высокой температурой. Для этого будет использоваться вода из контура охлаждения конденсаторов ПТУ с температурой 30...40 °С. При транспортировке воды с указанной температурой тепловые потери в окружающую среду будут существенно ниже.

Переход на комбинированную систему теплоснабжения с тепловыми насосами позволяет перевести ТЭЦ в режим работы ТЭС с максимальной выработкой электрической энергии. При использовании теплоты, выбрасываемой в атмосферу при помощи градирен, в целях теплоснабжения, увеличится КПД станции по выработке электрической энергии.

Для работы теплонасосной установки помимо подвода низкопотенциальной тепловой энергии в испаритель, необходим подвод электрической энергии на привод компрессора, где происходит сжатие и повышение температуры пара рабочего агента. Несмотря на то что 1 кВт·ч электрической энергии стоит дороже 1 кВт·ч тепловой энергии, следует

понимать, что электрическая энергия передается потребителю практически с нулевыми потерями, и на 1 кВт·ч, затраченный на приводе компрессора, ТНУ вырабатывает от 3 до 4 кВт·ч тепловой энергии, так как коэффициент трансформации современных ТНУ равен $\varphi = 3 \div 4$ [2, 3]. Поэтому себестоимость единицы тепловой энергии, выработанной при помощи теплового насоса, будет ниже, чем на котельных и ТЭЦ в существующих системах теплоснабжения.

Центральное регулирование отпуска низкопотенциальной тепловой энергии от источника теплоснабжения не потребует. Тепловая нагрузка испарителя в течение всего отопительного периода будет постоянной, несмотря на незначительные изменения расхода и температуры охлаждающей воды от конденсаторов ПТУ, вызванные изменениями параметров пара в течение отопительного сезона.

Любые современные тепловые насосы оснащены автоматикой и индикаторами, с помощью которой можно задать требуемую температуру воздуха внутри помещения, а также отслеживать температуру наружного воздуха, температуру воды на входе в испаритель и мощность, потребляемую компрессором теплового насоса.

При достижении требуемой температуры тепловой насос будет отключаться. Как только температура воздуха внутри помещения станет остывать, ТНУ снова начнет свою работу. При таком регулировании будет обеспечиваться наиболее рациональное энергопотребление, причем возможность переотапливания или недоотапливания помещений полностью исключается.

Наиболее привлекательным является вариант внедрения теплонасосных установок в системах теплоснабжения нового жилого фонда, где дома предусматривают дополнительную тепловую защиту снаружи ограждающих конструкций. В этом случае тепловая нагрузка здания снижается, а соответственно, снижается тепловая нагрузка конденсатора теплового насоса и расход электрической энергии, потребляемой компрессором.

Режимы регулирования систем теплоснабжения в том виде, в котором они существуют на сегодняшний день, не обеспечивают высококачественного энергосберегающего покрытия тепловых нагрузок у потребителей тепловой энергии.

Центральное качественное регулирование характеризуется очень большой инерционностью, а количественное неосуществимо ввиду высокой степени износа тепловых сетей. Удельная аварийность для трубопроводов диаметром 1400 мм составляет 1 аварию в год на 1 км длины, а для труб меньшего диаметра – около 6 аварий [1].

Групповое и местное регулирование на ЦТП и ИТП не гарантирует соблюдения требуемого температурного режима у всех потребителей. В разных частях квартальных сетей параметры теплоносителя могут существенно различаться. Это говорит о том, что тепловая энергия распределяется по различным потребителям от ЦТП неравномерно.

Наличие ИТП не исключает переотапливания и недоотапливания потребителей на верхних и нижних этажах. Настройка местных систем теплоснабжения при помощи дроссельных шайб не гарантирует полного устранения горизонтальных и вертикальных разрегулировок в отопительных стояках.

Помимо всего вышесказанного, в существующих системах теплоснабжения огромная часть отпускаемой тепловой энергии теряется в окружающую среду. В различных частях теплосети потери тепловой энергии могут достигать 30 % ввиду плохого качества тепловой изоляции и наличия утечек через неплотности соединения трубопроводов. При переотапливании отдельных помещений, потребители вынуждены открывать форточки, вследствие чего часть тепловой энергии уходит на улицу, а не на поддержание требуемой температуры воздуха внутри помещения. По этим причинам расход топлива на источниках теплоснабжения существенно завышен.

Недостатки работы всех частей (звеньев) систем теплоснабжения, которые исключаются при переходе на комбинированные системы теплоснабжения с ТНУ, приведены в таблице.

Недостатки работы отдельных частей систем теплоснабжения

Пункт системы теплоснабжения		Недостаток работы
Источник теплоснабжения	Водогрейная котельная	Высокая инерционность качественного регулирования, в основном реализуется грубая регулировка при помощи пуска и останова отдельных котлоагрегатов
	Паровая котельная	Высокая инерционность качественного регулирования, однако возможна более тонкая регулировка при помощи изменения расхода пара на подогреватели сетевой воды
	ТЭЦ	Высокая инерционность качественного регулирования, однако возможна более тонкая регулировка при помощи изменения расхода пара на подогреватели сетевой воды
Центральный тепловой пункт		ЦТП не гарантирует равномерного распределения тепловой энергии по всем потребителям, ведется контроль за средней температурой воды в квартальной сети

Индивидуальный тепловой пункт	ИТП не исключает вертикальных и горизонтальных разрегулировок по отопительным стоякам: некоторые потребители будут перетапливаться, а некоторые - недотапливаться
Отопительный прибор с терморегулятором	При прикрытии терморегулятора теплоноситель возвращается на источник теплоснабжения с большей температурой, чем предписано температурным графиком

Переход к комбинированным системам теплоснабжения с ТНУ решает все вышеуказанные проблемы: центральное, групповое и местное регулирование не потребуется ввиду постоянства тепловой нагрузки испарителя ТНУ в течение всего отопительного периода. Тепловой насос будет потреблять электрическую энергию, количество которой будет зависеть от температуры воздуха внутри помещения, заданной потребителем, и температуры наружного воздуха.

Внедрение тепловых насосов позволит перейти от морально устаревших систем теплоснабжения с центральным качественным и количественным регулированием на ЦТП и ИТП к современным энергосберегающим системам. Подобные системы обеспечат высококачественное теплоснабжение, режим которого будет определять сам потребитель.

Список литературы

1. Зубков В.А. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. 1996. №2. С. 17-20.
2. Луканин П.В. Технологические энергоносители предприятий (Низкотемпературные энергоносители): учебное пособие/ СПбГТУРП. – СПб., 2009. – 116 с.
3. Степин В.А. Использование теплонасосной установки в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. 1997. №5. С. 28-29.
4. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.

**Воздействие малых отопительных котельных на окружающую среду
и мероприятия по урегулированию выбросов при НМУ**

**Decrease in impact on the environment of the small heating boiler rooms by
its reconstruction**

А.Д. Мостовой

A.D. Mostovoy

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Развитие энергетики характеризуется высокими темпами, которые по оценкам сохраняются и на ближайший период времени. Выбрасываемые малыми отопительными котельными различные вещества оказывают вредное воздействие в основном на атмосферный воздух. Для более корректного описания необходимого сокращения количества выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) возможно исходить из прогностических характеристик загрязнения воздуха и установленных требований этих характеристик, которые должны быть достигнуты в результате выполнения мероприятий.

Development of power is characterized by high rates which by estimates remain also for the closest period of time. The thrown-out by the small heating boiler rooms, various substances make harmful effects generally on atmospheric air. For definition of necessary reduction of number of emissions during the periods of adverse weather conditions it is necessary to proceed from predictive characteristics of air pollution and those established requirements of these characteristics which have to be reached as a result of performance of actions.

Ключевые слова: малые отопительные котельные, периоды неблагоприятных метеорологических условий, организационно-технические мероприятия.

Keywords: small heating boiler room, periods of adverse weather conditions, organizational and technical actions.

Главными на сегодняшний день источниками загрязнения атмосферного воздуха являются промышленные предприятия и в том числе отопительные котельные. В последнее время пристальное внимание уделяется вопросам снижения выбросов загрязнителей при сжигании органического топлива. Кроме снижения выбросов загрязняющих веществ пристальное внимание получило их распространение в атмосферном воздухе с целью уменьшения удельных

концентраций, не достигающих значений ПДК. Дымовые трубы не снижают абсолютных выбросов, а позволяют рассеять их на большую площадь [1].

В нашей стране широко развито централизованное теплоснабжение от ТЭЦ, но несмотря на это действуют и вводятся в эксплуатацию десятки тысяч различных по назначению и оснащению котельных.

На современном этапе газовое топливо – это один из наиболее широко применяемых видов органического топлива. В достаточно большом объеме оборудование в котельных, работавших когда-то на твердом и жидком топливе, заменено на газовое, а создание новых предприятий, развитие промышленности, сельского хозяйства, ЖКХ обусловило сооружение новых крупных и сложных по своему оснащению котельных, работающих на газовом топливе.

Важно отметить, что на сегодняшний день имеется четыре направления борьбы с загрязнителями атмосферы (приземной):

- оптимизация процесса сжигания топлива;
- очистка топлива от элементов, образующих при сжигании загрязняющие вещества;
- очистка дымовых газов от загрязняющих веществ;
- рассеивание загрязнителей в атмосферном воздухе.

Котельная № 22 в г. Астрахани являющаяся объектом Муниципального унитарного предприятия «Астркоммунэнерго», снабжает теплом жилую застройку по ул. Строителей и Ставропольской в пос. Советский г. Астрахани.

После проведения различных исследований, было определено, что малая отопительная котельная № 22 относится к III категории опасности предприятий, вследствие этого контроль за соблюдением нормативов ПДВ необходимо проводить 1 раз в год. Санитарно-защитная зона котельной составляет 50 м [2].

До реконструкции на предприятии находилось 5 источников загрязнения атмосферного воздуха.

Источниками выбросов на рассматриваемой площадке являлись:

- дымовая труба котельной $d = 0,8$ м, $h = 20$ м. Из данного источника выбрасываются: оксид углерода, оксид и диоксид азота, сернистый ангидрид, мазутная зола, сажа, взвешенные вещества и бенз(а)пирен;
- дыхательный патрубок наземного резервуара с мазутом. Из данного источника выбрасываются: предельные углеводороды $C_{12}-C_{19}$ и сероводород;
- неорганизованный выброс от насосной. Из данного источника выбрасываются: предельные углеводороды $C_{12}-C_{19}$ и сероводород;
- дыхательный патрубок расходной емкости с мазутом. Из данного источника также выбрасываются предельные углеводороды $C_{12}-C_{19}$ и сероводород;

– неорганизованный выброс от сварочного аппарата. Из данного источника выбрасываются: оксид марганца и неорганическая пыль $\text{SiO}_2 = 20-70 \%$;

Источниками выбросов после газификации котельной, кроме перечисленных являются:

- труба котельной $d = 0,8 \text{ м}$, $h = 20 \text{ м}$;
- неорганизованный выброс от сварочного аппарата;
- продувочная свеча от газопроводов котлов $d = 0,025 \text{ м}$, $h = 8 \text{ м}$;
- продувочная свеча ГРП $d = 0,02 \text{ м}$, $h = 8 \text{ м}$;
- неплотности запорно-регулирующей арматуры.

Котельная, работающая на газе, выделяет в атмосферу оксид и диоксид азота, диоксид серы, бенз(а)пирен, оксид углерода.

При продувке газопроводов котлов и свеч ГРПШ через неплотности запорно-регулирующей арматуры в атмосферу выделяются дигидросульфид (сероводород), метан и смесь природных меркаптанов (одорант).

Существующие источники: дыхательный патрубок наземного резервуара с мазутом, неорганизованный выброс от насосной, дыхательный патрубок расходной емкости с мазутом – ликвидируются, т.к. резервное топливо не предусматривается.

Анализ рассеивания по веществам при работе на жидком топливе и после реконструкции показал, что вклад проектируемых источников выбросов от котельной (дымовая труба котельной) в общий уровень загрязнения атмосферы не превысит норм, установленных ПДК и в расчетных точках составит не более 0,05 ПДК.

После газификации котельной наблюдается значительное уменьшение валовых выбросов на 22,05 т/год, максимальных разовых – на 1,605 г/с. Уменьшение воздействия на атмосферный воздух по сравнению с существующим положением происходит за счет перевода котельной на газ и ликвидации нескольких источников.

Снижение количества выбросов произошло практически по всем показателям, за исключением марганца и его окислов, оксида железа и неорганической пыли.

В результате газификации некоторые источники были заменены другими. Существующие источники: дыхательный патрубок наземного резервуара с мазутом, неорганизованный выброс от насосной, дыхательный патрубок расходной емкости с мазутом - ликвидируется, т.к. резервное топливо не предусматривается. В итоге, после реконструкции осталось так же 5 источников (3 организованных, 2 – неорганизованных) [4].

До реконструкции самый большой вклад в загрязнение атмосферы вносили следующие вещества: диоксид серы (19,6196 т/год), оксид углерода

(2,93 т/год), сажа (0,6889 т/год), оксид и диоксид азота (0,119 и 0,7321 т/год, соответственно).

После реконструкции ситуация значительно изменилась. Наибольший вклад вносят следующие вещества: алканы C12-C19 (углеводороды предельные) - 0,00318 т/год, оксид железа - 0,00114 т/год, оксид углерода - 0,00037 т/год.

При проведении анализа расчета рассеивания веществ установлено, что на границе санитарно-защитной зоны и на границе жилой застройки во всех контрольных точках с учетом фона, приземная концентрация загрязняющих веществ составила более 0,05 ПДК, поэтому предлагается принять ПДВ на уровне фактических величин.

По каждому веществу для отдельных источников (г/с, т/год), как и для предприятия в целом (т/год), вырабатываются предложения по нормативам ПДВ.

На сегодняшний день имеется четыре направления борьбы с загрязнителями приземной атмосферы:

- оптимизация процесса сжигания топлива;
- очистка топлива от элементов, образующих при сжигании загрязняющие вещества;
- очистка дымовых газов от загрязняющих веществ;
- рассеивание загрязнителей в атмосферном воздухе.

В результате перехода малой отопительной котельной с жидкого топлива на газообразное путем реконструкции, произошло значительное снижение объема выбросов вредных веществ, соответственно и снизился размер платы за загрязнение атмосферного воздуха с 1445 до 0,87 рубля, соответственно [5].

Для того чтобы снизить выбросы вредных веществ в атмосферу в период неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), необходимо выполнять следующие мероприятия, не приводящие к сокращению производства:

- Усиление контроля за точным соблюдением технологического регламента производства;
- Запрет на работу оборудования в форсированном режиме;
- Рассредоточение во времени работы станков, не участвующих в едином технологическом процессе;
- Интенсификация влажной уборки производственных помещений, где это допускается правилами техники безопасности;
- Ограничение погрузочно-разгрузочных работ, связанных со значительными выделениями в атмосферу загрязняющих веществ.

Таким образом, в настоящее время газовое топливо стало одним из наиболее широко применяемых видов топлива, однако для обеспечения экономии энергетических и топливных ресурсов осуществляется модернизация старых и ввод в эксплуатацию новых конструкций котлов. Огромное значение в уменьшении воздействия на окружающую среду городов имеет перевод малых отопительных котельных с твердого и жидкого топлива на газовое топливо.

Основное направление развития отопительных котельных малой мощности – создание механизированных и автоматизированных котельных, работающих на газообразном топливе. Осуществляется ввод в эксплуатацию новых конструкций котлов, модернизация старых для обеспечения экономии топливных и энергетических ресурсов. Поэтому огромное значение в уменьшении воздействия на окружающую среду городов имеет перевод малых отопительных котельных с твердого и жидкого топлива на газовое топливо [6].

Список литературы

1. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. М.: Минздрав России, 2003.
2. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Санкт-Петербург, 2000.
3. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. Казань, 2010. Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/stroyka/doc/7511/>
4. Дополнение к «Методическим указаниям по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров». Санкт-Петербург, 1999.
5. Борцов Д.Я. Устройство и эксплуатация отопительных котельных малой мощности: учеб. пособие для проф.-техн. училищ. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Стройиздат, 1999. – 198 с.
6. Столпнер Е.Б., Панюшева З.Ф. Справочное пособие для персонала газифицированных котельных. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Недра, 1990. – 397 с.

**Независимая оценка квалификаций в целлюлозно-бумажной, мебельной
и деревообрабатывающей промышленности**

**Independent assessment of qualifications
in the pulp and paper, furniture and woodworking industries**

С.В. Мышеловский, Е.Б. Зеленьяк

S.V. Myshelovskiy, E.B. Zelenyuk

Общество с ограниченной ответственностью «Центр оценки квалификации
в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей
промышленности», г. Санкт-Петербург

Российская экономика подошла к этапу, когда для экономического роста требуются высококвалифицированные специалисты, соответствующие требованиям сегодняшнего дня. В статье рассматриваются вопросы независимой оценки квалификации в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности, основу которой составляют профессиональные стандарты, отражающие актуальные запросы рынка труда. Также в статье рассмотрены элементы Национальной системы квалификаций, в том числе Совет по профессиональным квалификациям в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности; Центр оценки квалификации и независимая оценка квалификации в рамках Федерального закона от 03.07.2016 N 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации», профессиональные стандарты и квалификации, механизм получения и преимущества свидетельства о квалификации.

The Russian economy has approached the stage when high-skilled specialists are required for economic growth to meet the requirements of today. The article deals with the issues of independent assessment of qualifications in the pulp and paper, furniture and woodworking industries, the basis of which constitute professional standards that reflect the current demands of the labor market. The article also examines the elements of the National Qualifications Framework, including the Council for Professional Qualifications in the Pulp and Paper, Furniture and Woodworking Industries, the Center for Qualification Assessment and the Independent Qualification Assessment under Federal Law No. 238-FZ of 03.07.2016 "On Independent Evaluation qualifications, professional standards and qualifications, the mechanism for obtaining and benefits of a certificate of qualification.

Ключевые слова: Центр независимой оценки квалификации; профстандарт; свидетельство о квалификации; целлюлозно-бумажная, мебельная и деревообрабатывающая промышленность.

Keywords: Center for independent qualification assessment; professional standard; certificate of qualification; pulp and paper, furniture and woodworking industry.

Создание национальной системы развития квалификаций

В декабре 2011 года на совещании по вопросу «О подготовке рабочих кадров, востребованных в экономике» под руководством Владимира Владимировича Путина впервые заговорили про национальную систему сертификации специалистов для приоритетных отраслей экономики, которую необходимо создать. Путин отметил, что «Профессиональный сертификат должен служить гарантией востребованности на рынке труда, достойного уровня зарплаты, подтверждать высокую квалификацию человека». Это послужило началом процесса разработки и утверждения профессиональных стандартов, формирования национальной системы развития квалификации и независимой оценки квалификации.

«В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 16 апреля 2014 года N 249 был создан Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (далее – Национальный совет)» [1]. Национальный совет бы призвать стать авторитетным органом, объединить усилия работодателей, профсоюзных организаций и органов государственной власти для развития национальной системы квалификаций. Возглавил Национальный совет – Александр Николаевич Шохин, Президент Общероссийского объединения работодателей «Российский союз промышленников и предпринимателей».

Перед Национальным советом стоят задачи по проведению экспертизы проектов законодательных и иных нормативных правовых актов по вопросам развития системы квалификаций, рассматривает проекты профессиональных стандартов и выдает заключения, на основании которых принимается решение об утверждении профессиональных стандартов. Координация работы по приведению федеральных государственных стандартов профессионального образования в соответствие с профессиональными стандартами (далее – профстандарты), профессионально-общественную аккредитацию образовательных программ профессионального образования, формирование системы независимой оценки квалификаций. Национальный совет принимает решение о создании отраслевых советов по профессиональным квалификациям (сокр. СПК), которые создаются по определенным видам профессиональной

деятельности с целью формирования и развития национальной системы профессиональных квалификаций.

Совет по профессиональным квалификациям в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности

В сентябре 2015 года, при участии Общероссийского отраслевого объединения работодателей целлюлозно-бумажной промышленности (далее - ОООР «Бумпром») в качестве базовой организации, был создан Совет по профессиональным квалификациям в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности (далее - Совет). В состав Совета вошли представители профессиональных объединений, работодателей, системы профессионального образования и обучения, органов государственной власти, научных и экспертных организаций. Возглавил Совет председатель правления ОООР «Бумпром» Чуйко Владимир Алексеевич.

Совет ставит перед собой цели по формированию и поддержке системы развития профессиональных квалификаций в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности (далее ЦБП и ДО), в задачи которого входит [2]:

- мониторинг потребности в квалификациях, изменений в наименованиях и перечнях профессий;
- организация разработки и актуализации профстандартов, утверждение наименований профессиональных квалификаций;
- утверждение требований для профессиональной квалификации;
- наделение полномочиями и развитие центров сертификации квалификаций в соответствии с профессиональными стандартами и квалификационными требованиями;
- участие в разработке образовательных стандартов профессионального образования, организация профессионально-общественной аккредитации (ПОА) программ профессионального образования и обучения;
- создание и поддержка информационного ресурса в сети интернет по вопросам развития квалификаций.

Независимая оценка квалификации

3 июля 2016 года В.В. Путин подписал Федеральный закон N 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации», который ранее был принят Государственной Думой и одобрен Советом Федерации. «Нам потребуются квалифицированные кадры, инженеры, рабочие, готовые выполнять задачи нового уровня. Поэтому совместно с бизнесом выстраиваем современную систему среднего профессионального образования, организуем подготовку преподавателей колледжей и техникумов на основе передовых международных

стандартов. Будем увеличивать число бюджетных мест по инженерным дисциплинам, по IT-специальностям, другим ключевым направлениям, которые определяют развитие экономики. В следующем году на базе ведущих вузов, в том числе региональных, будут созданы центры компетенции, они призваны обеспечить интеллектуальную, кадровую поддержку проектам, связанным с формированием новых отраслей и рынков» - из послания Президента Российской Федерации В.В. Путина Федеральному Собранию 1 декабря 2016 года. С 1 января 2017 года вступил в силу Федеральный закон N 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации».

«Основными участниками системы независимой оценки квалификации стали:

- национальный совет;
- национальное агентство развития квалификаций;
- советы по профессиональным квалификациям;
- центры оценки квалификаций;
- работодатели;
- соискатели;
- федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда (Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации)». [3]

Основные определения в независимой оценке квалификаций

«Независимая оценка квалификации работников или лиц, претендующих на осуществление определенного вида трудовой деятельности - процедура подтверждения соответствия квалификации соискателя положениям профессионального стандарта или квалификационным требованиям, установленным федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, проведенная центром оценки квалификаций в соответствии с настоящим Федеральным законом» [3].

«Центр оценки квалификаций – юридическое лицо, осуществляющее в соответствии с настоящим Федеральным законом деятельность по проведению независимой оценки квалификации» [3].

«Соискатель – работник или претендующее на осуществление определенного вида трудовой деятельности лицо, обратившиеся, в том числе по направлению работодателя, в центр оценки квалификаций для подтверждения своей квалификации в порядке, установленном настоящим Федеральным законом» [3].

Свидетельство о квалификации – документ установленного образца с QR-кодом, подтверждающий успешное прохождение процедуры независимой оценки квалификации.

Все данные свидетельства о квалификации поступают в единый общероссийский Реестр квалифицированных специалистов, а используя скан с QR-кода можно сразу проверить достоверность свидетельства.

Процедура независимой оценки квалификации проходит в форме профессионального экзамена в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Соискатель самостоятельно может подать заявление с пакетом документов в Центр оценки квалификации или работодатель может направить работника для проведения оценки квалификации.

Соискатель, который за свой счет проходит оценку квалификации, может воспользоваться социальным налоговым вычетом и претендовать на возврат 13% от потраченной суммы.

Работодатель, за счет своих средств направивший работника на прохождение оценки квалификации, вправе учитывать затраты в составе перечня прочих расходов, то есть расходы не облагаются налогом на прибыль, при условии наличия договора оказания услуг между центром оценки и работодателем, а также трудового договора между работником и работодателем [4].

Соискатель определяет профессиональный стандарт и уровень квалификации, исходя из своего образования, опыта работы, а также требований предъявляемых к данной квалификации, после чего направляет заявление и необходимый пакет документов в центр оценки квалификации для прохождения профессионального экзамена. Профессиональный экзамен состоит из 2 этапов: теоретического и практического. Центр оценки квалификации назначает экспертную комиссию из аттестованных Советом экспертов, в которую могут войти представители работодателей, науки, образования. Экспертная комиссия проводит оценки соискателя по заявленной им квалификации и подписывает протокол о своем решении по итогам экзамена. При соответствии документов к требованиям квалификации и успешного прохождения профессионального экзамена соискатель получает свидетельство о квалификации с внесением данных в единый общероссийский Реестр квалифицированных специалистов.

Профессиональные стандарты и квалификации

Основные понятия

«Профессиональный стандарт – характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида

профессиональной деятельности, в том числе выполнения определенной трудовой функции» [5].

«Квалификация – уровень знаний, умений, профессиональных навыков и опыта работы работника» [5].

В профстандартах указаны трудовые функции, трудовые действия, а также необходимые умения, знания и другие характеристики, которыми должен владеть соискатель. Наименования квалификаций в профстандарте не указываются, для того, чтобы их увидеть, необходимо зайти в «Реестр сведений о проведении независимой оценки квалификации», доступный в сети Интернет, далее перейти в раздел «Сведения о квалификациях», где необходимо ввести номер профстандарта или выбрать отраслевой Совет. По результатам поиска можно ознакомиться с профессиональными квалификациями, утверждёнными Национальным агентством развития квалификаций. Следует отметить, что перечень профессиональных квалификаций постоянно расширяется, поскольку процесс утверждения профессиональных квалификаций по многим профстандартам продолжается, следовательно, в Реестр добавляются новые квалификации, охватывая все больше видов профессиональной деятельности.

Обязательное внедрение и применение профстандартов прописано в Постановлении Правительства РФ от 27 июня 2016 г. N 584 «Об особенностях применения профессиональных стандартов...» где сказано, что «профессиональные стандарты в части требований к квалификации, необходимой работнику для выполнения определенной трудовой функции, установленных Трудовым кодексом Российской Федерации, другими федеральными законами, актами Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, применяются государственными внебюджетными фондами Российской Федерации, государственными или муниципальными учреждениями, государственными или муниципальными унитарными предприятиями, а также государственными корпорациями, государственными компаниями и хозяйственными обществами, более пятидесяти процентов акций (долей) в уставном капитале которых находится в государственной собственности или муниципальной собственности, поэтапно на основе утвержденных указанными организациями с учетом мнений представительных органов работников планов по организации применения профессиональных стандартов. Реализацию мероприятий планов завершить не позднее 1 января 2020 г.» [6].

Таким образом, обязательное применение профстандартов установлено как для государственных организаций и юридических лиц с преобладающей долей участия государства в них, так и для обычных работодателей, у которых обязательность применения возникает в отношении тех положений

профстандартов, которые соответствуют квалификационным требованиям, установленными ТК РФ или иными законами и нормативными актами РФ. Необязательные положения профстандартов могут использоваться работодателем при разработке требований к квалификации работников и выполняемых ими трудовых функций.

Центр оценки квалификации в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности

В Санкт-Петербурге «Центр оценки квалификации в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности» был наделён полномочиями по проведению оценки квалификации Советом в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности в соответствии с Федеральным законом № 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации».

На данный момент в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности Минтрудом РФ утверждено 63 профстандарта. В Реестре сведений о проведении независимой оценки квалификации зарегистрированы 33 квалификации, по которым Соискатели могут пройти независимую оценку и получить свидетельство о квалификации.

Преимущества независимой оценки для соискателей:

- документальное подтверждение профессиональной квалификации и соответствия профстандарту;
- расширение возможности трудоустройства и повышение востребованности на рынке труда;
- внесение в общероссийский Реестр квалифицированных специалистов;
- обеспечение психологического комфорта и уверенность в собственных возможностях;
- определение линии дальнейшего повышения квалификации и карьерного роста.

Преимущества для работодателей:

- возможность подтвердить репутацию компании, доказав наличие квалифицированного персонала;
- проверка компетенций сотрудников согласно содержанию профессиональных стандартов;
- повышение эффективности внутренних процедур управления персоналом, трудовых отношений с работниками;
- существенная экономия времени при поиске, отборе и оценке кандидатов на вакантные места;
- оформление на работу только компетентных и мотивированных

сотрудников.

В 2018 году Центр оценки квалификации в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности в г. Санкт-Петербурге впервые провел независимую оценку квалификации в форме профессионального экзамена по трем профессиональным квалификациям:

- «Контролер целлюлозно-бумажного производства 3-го разряда», 3-й уровень квалификации;
- «Дизайнер-конструктор деревообрабатывающих и мебельных производств», 5 уровень квалификации;
- «Инженер по качеству мебельной продукции и мебельных производств», 6-й уровень квалификации.

Соискатели, которые успешно прошли этапы профессионального экзамена получили свидетельства о квалификации, которые внесены в общероссийский Реестр квалифицированных специалистов.

Работники и работодатели целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности, могут подтвердить квалификацию и проверить соответствие работника требованиям профстандарта, обратившись в Центр оценки квалификации в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 16 апреля 2014 г. № 249 «О национальном совете при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям».
2. Типовое положение о совете по профессиональным квалификациям. Утверждено решением Национального совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (протокол № 5 от 22.10.2014 г.).
3. Федеральный закон от 03.07.2016 № 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации».
4. «Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)» от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.09.2018), п. 23 пп. 1 ст. 264 Прочие расходы, связанные с производством и (или) реализацией.
5. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.08.2018) Статья 195.1. Понятия квалификации работника, профессионального стандарта.
6. Постановление Правительства РФ от 27 июня 2016 г. N 584 «Об особенностях применения профессиональных стандартов...»

Применение сбалансированной системы показателей для оценки эффективности закупочной деятельности предприятий целлюлозно-бумажной промышленности РФ

The use of a balanced scorecard to assess the effectiveness of procurement activities of the pulp and paper industry of the Russian Federation

А.Г. Николаева, А.Р. Фахретдинова

A.G. Nikolaeva, A.R. Fakhretdinova

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

В проведенном исследовании рассмотрены вопросы оценки эффективности закупочной деятельности предприятий целлюлозно-бумажной промышленности РФ. Выявлены основные проблемы, связанные с осуществлением оценки закупок. Проведено сравнение традиционной системы показателей, которые в основном опираются на финансовые результаты прошлых периодов, и сбалансированной системы показателей эффективности закупок. Представлены преимущества применения сбалансированной системы показателей организациями, позволяющей существенно повысить производственную эффективность за счет улучшения бизнес-процессов закупочной деятельности, внедрения новых технологий, повышения уровня удовлетворения клиентов.

In the conducted research questions of an assessment of efficiency of procurement activity of the enterprises of the pulp and paper industry of the Russian Federation are considered. The main problems associated with the implementation of procurement evaluation are identified. A comparison of the traditional system of indicators, which are mainly based on the financial results of previous periods, and a balanced system of procurement performance indicators is made. The benefits of applying the balanced scorecard by organizations are presented, it can greatly increase production efficiency by improving business processes, procurement activities, implementing new technologies, improving customer satisfaction.

Ключевые слова: закупочная деятельность, ключевые показатели эффективности, сбалансированная система показателей.

Keywords: procurement activities, key performance indicators, balanced scorecard.

Для поддержания конкурентного преимущества предприятиям необходимо осуществлять оценку эффективности результатов всех видов деятельности, включая закупочную. В общем представлении эффективность представляет собой отношение полезного эффекта к затратам на его достижение. При оценке эффективности закупочной деятельности возникает проблема идентификации видов затрат по отношению к порожденному ими эффекту. Сложность анализа эффективности закупок заключается в неоднозначности результатов закупочной деятельности с точки зрения проявления эффекта и его оценки, что в свою очередь влияет на используемые методы исследования эффективности. Применяемые показатели оценки эффективности должны быть направлены на реализацию стратегии организации, нет смысла анализировать показатели, если они не соответствуют целям, заданным руководством. При этом показатели оценки эффективности закупочной деятельности должны быть связаны и с другими функциональными областями предприятия, направленными на осуществление стратегических целей, например, с логистикой, маркетингом, производством, инновационной деятельностью и другими. При проведении сравнительного анализа по показателям эффективности в целом по предприятию, могут возникать неоднозначные результаты. Например, в закупочной деятельности удалось добиться высоких результатов, но в целом по организации результаты могут быть неудовлетворительными за счет проблем в других функциональных областях и наоборот. Необходимо использовать такую методику оценки закупочной деятельности, которая позволяла бы оценить вклад в результаты компании именно функциональной области закупок.

При оценке экономической эффективности закупочной деятельности исследователи сталкиваются с рядом трудностей, заключающихся в следующем:

1. Не всегда можно выразить количественные показатели закупочной деятельности, одни составляющие в отдельности соизмеримы, но не сопоставимы с другими данными или друг другом, некоторые составляющие вообще не поддаются измерению.
2. В логистике закупок наблюдается не только прямая зависимость, но и обратная между расходами на создание различных видов логистических объектов. Например, сокращение издержек в одной области деятельности может вызвать увеличение общих расходов или ситуация, когда переплаты на побочном производстве могут превзойти экономию, полученную на основном объекте. Нельзя не согласиться с мнением В.В. Новожилова, сформулировавшего еще в 1970 году свой тезис о том, что в силу обратной зависимости между затратами совмещение проектных вариантов, дающих

минимумы затрат по каждому объекту в отдельности, не обеспечивает общий минимум всех затрат [1].

3. Денежные затраты не являются полным отражением овеществленного труда, в том числе в закупках, например, это касается затрат, связанных с природопользованием. Поэтому количественные оценки не могут быть абсолютно исчерпывающей основой для принятия управленческих решений. Для того чтобы добиться наилучшего результата, необходимо учитывать множество факторов, однако полученные количественные показатели служат первичной основой для проведения содержательного анализа экономической ситуации и принятия верного управленческого решения [2].

Стоит отметить, что в силу вышеперечисленных причин, а также ряда других трудностей, связанных с отсутствием стандартов, регулирующих закупки, многообразием масштабов и сложностью функции закупок даже в рамках одного предприятия, в целлюлозно-бумажной отрасли РФ отсутствует единый подход к оценке закупочной деятельности. Хотя предприятия ЦБП достаточно однородны с точки зрения выпуска готовой продукции и соответственно однородны по закупаемому сырью и материалам, а различия в основном касаются объемов производства, тем не менее, нет универсальных подходов для комплексной оценки эффективности закупок.

Любая организация, стремящаяся объективно оценивать эффективность закупочной деятельности, встает перед выбором количества и содержания, применяемых показателей оценки деятельности, помогающих как видеть картину в целом, так и оценить текущую ситуацию, тренды в наиболее важных сферах деятельности. Перед менеджментом компании встает важная задача – найти правильное сочетание производственных и финансовых показателей эффективности, прошлых и будущих критериев оценки. Традиционные системы учета расходов ориентируются, как правило, на финансовые показатели прошлых периодов, что является существенным недостатком. В современных условиях необходимо формировать сбалансированную систему оценки эффективности закупочной деятельности. Рассмотрим на графическом примере (рис. 1) разницу между традиционной и сбалансированной системой оценки деятельности компании.

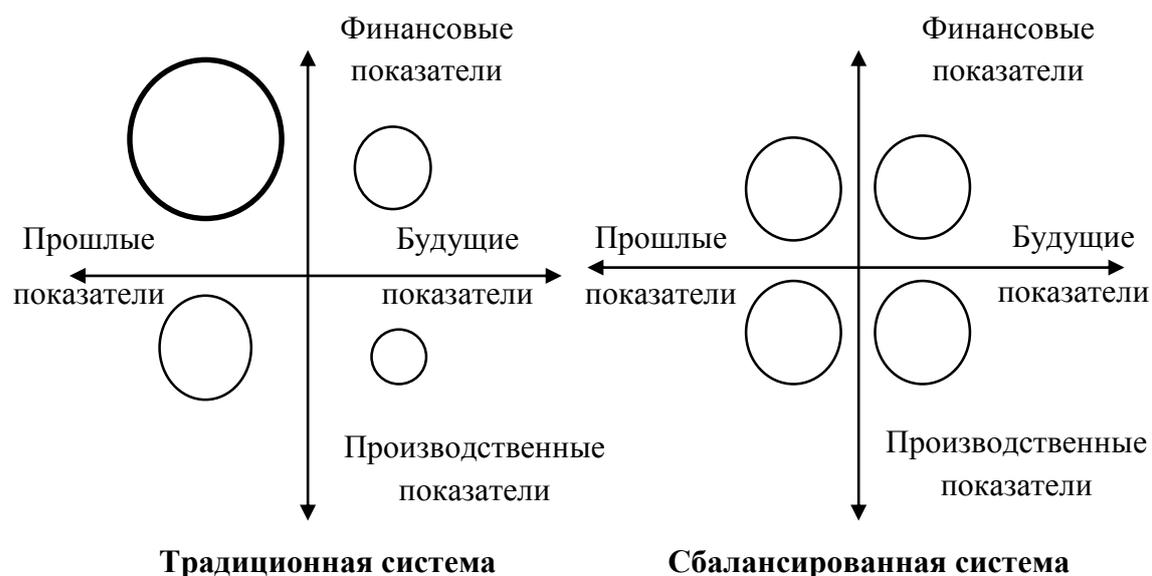


Рисунок 1 – Традиционная и сбалансированная системы распределения приоритетов [3]

Система сбалансированных показателей, которая была впервые описана в 1996 году Капланом и Нортон [4], должна учитывать как финансовые перспективы деятельности, основываясь на прошлых показателях, так и способы реального повышения производственной эффективности за счет улучшения бизнес-процессов, внедрения новых технологий, повышения уровня удовлетворения клиентов.

При распределении приоритетов и выборе логистической стратегии необходимо учитывать также и позиционирование готового продукта на рынке. При этом чрезвычайно важно определить тот набор мер и действий, опирающийся на показатели, который будет максимально эффективен для каждой логистической стратегии. На рис. 2 представлено, как четырем показателям сбалансированной системы приоритетов соответствуют задачи управления закупочной деятельностью.

В своей работе, посвященной ключевым показателем эффективности, Дэвид Парменер [5] обращает внимание на то, что, как правило, компании используют неверные параметры своей деятельности, значительную часть которых ошибочно называют ключевыми показателями эффективности. Парменер выделяет три типа показателей деятельности организации, наглядно представленных на рис. 3 [6].

1. Ключевые показатели результативности (key result indicators, KRI), которые говорят о положении дел в целом;
2. Производственные показатели (performance indicator, PI), указывающие на то, что необходимо делать;
3. Ключевые показатели эффективности (key performance indicators, KPI), говорящие о том, как можно кардинально повысить производительность.



Рисунок 2 – Соответствие показателей сбалансированной системы распределения приоритетов задачам управления закупочной деятельностью

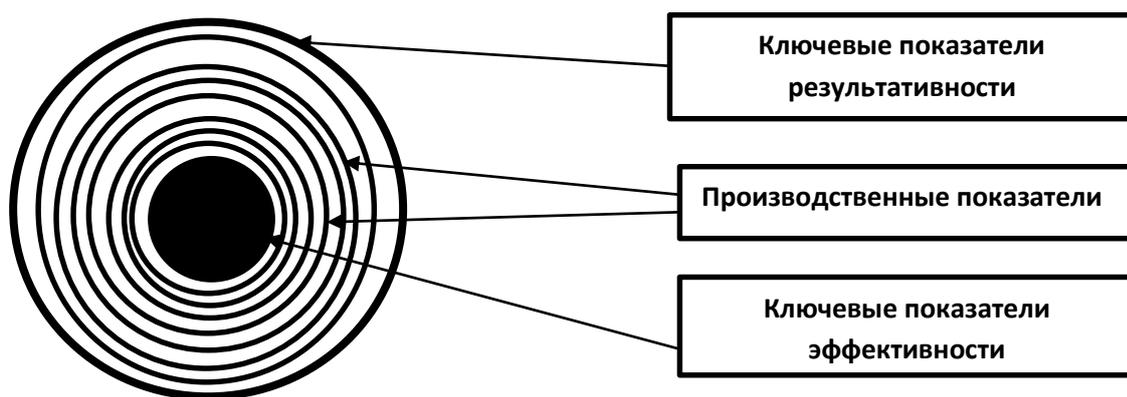


Рисунок 3 – Три типа показателей деятельности организации

Рассмотрим ключевые показатели результативности, в число которых входят:

- удовлетворенность потребителя;
- чистая прибыль до уплаты налога;
- прибыльность клиентов;

- удовлетворенность сотрудников;
- доходность оборотного капитала.

Общей характеристикой этих параметров является то, что они отражают результаты многих видов деятельности и отражают информацию о правильности развития бизнеса. Однако KRI не дают информации, как можно улучшить данные результаты, вследствие чего они удобны только для высшего руководства. KRI, как правило, охватывают больший промежуток времени, чем KPI и пересматриваются ежемесячно или ежеквартально, в то время как KPI ежедневно или еженедельно. Выделение данных показателей существенно меняет систему отчетности, разделяя показатели, которые рассматриваются на самом высоком уровне или которые востребованы на других уровнях менеджмента. Таким образом, в организации должна существовать такая система отчетности, которая включала бы в себя 10 показателей KRI для высшего руководства и до 10 показателей KPI для остальных менеджеров. Между KRI и KPI существует большое количество производственных показателей, которые дополняют KPI и также входят в систему сбалансированных показателей, как для всей организации в целом, так и для отдельных структурных подразделений. При этом организации рекомендуется иметь до 80 PI. Парментер рекомендует соблюдать правило «10/80/10» по числу оцениваемых параметров.

Применение организацией системы сбалансированных показателей, внедрение в систему оценки закупочной деятельности истинных KPI, позволяет оценить степень удовлетворенности и лояльности покупателей, понять насколько эффективны отношения с партнерами, деловой средой, обществом, насколько продукты и услуги соответствуют ожиданиям потребителей, насколько эффективны бизнес-процессы и системы управления закупками, правильно ли выбрана система управления взаимоотношениями с клиентами, поставщиками, насколько качественна и результативна, выбранная информационная среда, а также оценить многие другие важные аспекты деятельности, влияющие на конкурентоспособность компании.

Список литературы

1. Новожилов В.В. Вопросы развития социалистической экономики. – М.: Наука, 1972. – 80 с.
2. Новожилов В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. – М.: Наука, 1972. – 81 с.
3. Афанесенко И.Д., Борисова В.В., Логистика снабжения. – СПб.: Питер, 2010.

4. А. Гаррисон, Р. Ван Гок. Логистика. Стратегия управления и конкурентирования через цепочки поставок / пер. 3-го англ. изд. – М.: Дело и сервис, 2010. С. 122-125.
5. С. Каплан, Д.П. Нортон. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / пер. с англ. - М.: Олимп-Бизнес, 2003.
6. Д. Парментер. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / пер. с англ. - М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. – 288 с.

**Разработка композиции для повышения жиростойкости
целлюлозных материалов**

**The preparation of a composition for improving the fat resistance of
cellulosic materials**

К.В. Орлова, Е.Ю. Демьянцева

K.V. Orlova, E.Yu. Dem'yantseva

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

На основании коллоидно-химических исследований были определены поверхностно-активные вещества и их оптимальные дозировки, позволяющие получить более дешевые композиции, используемые для повышения жиростойкости целлюлозных материалов, но по барьерным свойствам не уступающие индивидуальным дорогостоящим фторированным соединениям.

On the basis of colloid-chemical studies, surfactants and their optimal dosages were determined, which make it possible to obtain cheaper compositions used to improve the fat resistance of cellulosic materials, but on barrier properties not inferior to individual expensive fluorinated compounds.

Ключевые слова: жиростойкость, целлюлозные волокна, поверхностно-активные вещества, адсорбция, критическая концентрация мицеллообразования.

Keywords: fat-resistance, cellulose fibers, surface-active substances, adsorption, critical concentration of micelle formation.

Общее стремление к экономному расходу энергоресурсов и развитие химической технологии позволили придать волокнам целлюлозы жироталкивающие свойства за счет введения в бумагу специальных защитных препаратов. Такие химикаты для бумаги были разработаны на основе фторированных соединений. Явление смачивания жирами обычной бумаги, тканей и других материалов связано с тем, что эти материалы обладают высокой свободной энергией поверхности, а жиры и масла — низкой. Обработка бумаги фторированным защитным соединением снижает свободную энергию поверхности бумаги до уровня ниже энергии поверхностного натяжения жира. Поры целлюлозных материалов становятся непроницаемыми для жиров и масел, и отпадает необходимость в высоких энергозатратах на размол и сушку

бумаги. В Россию данная технология пришла несколько лет назад, но применяемые добавки имеют высокую стоимость [1].

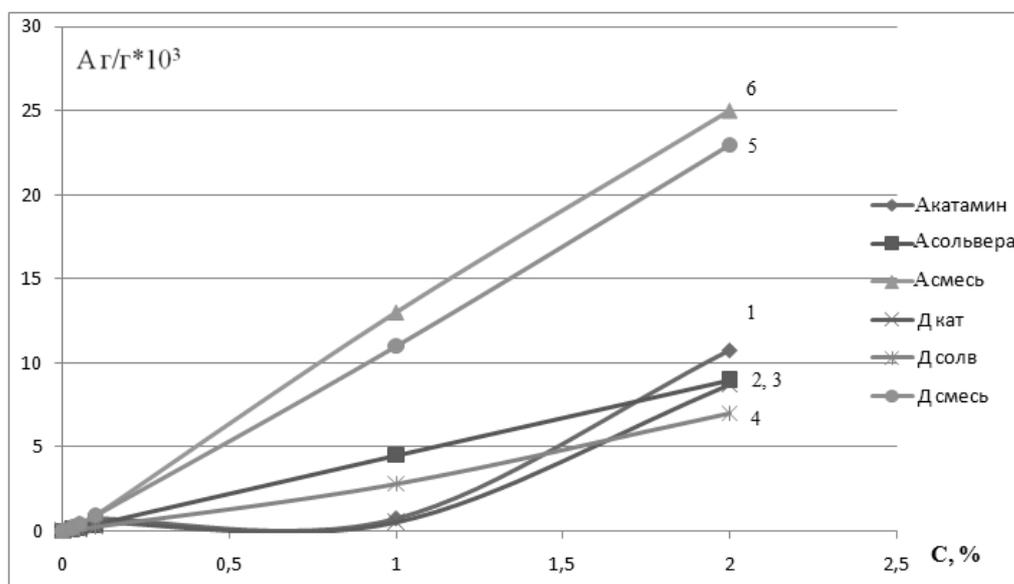
Целью работы является увеличение адсорбционной способности коммерческих препаратов на основе фторированных ПАВ целлюлозными волокнами и их удешевление за счет введения ПАВ отечественного производства.

На кафедре физической и коллоидной химии ВШТЭ СПб ГУПТД проведен широкий круг исследований коллоидно-химических свойств (поверхностное натяжение, адсорбционная способность целлюлозных волокон, проверка жиростойкости целлюлозных волокон, обработанных исследуемыми веществами) как коммерческих барьерных препаратов, индивидуальных ПАВ, так и их бинарных смесей [2].

В работе были получены синергетические смеси фторированных соединений (коммерческого препарата) с катионным ПАВ отечественного производства катамином АБ. Было показано, что наибольшим синергетическим эффектом обладает бинарная смесь при соотношении компонентов 50:50, при этом критическая концентрация мицеллообразования смеси, а следовательно, и расход веществ снизились в 50 раз. На основании коллоидно-химических характеристик найдены оптимальные концентрации данных бинарных смесей.

Способность к адсорбции исследуемых веществ целлюлозными волокнами была исследована при помощи ультрафиолетового спектрофотометра по изменению концентраций растворов до и после адсорбции.

На рисунке представлены изотермы адсорбции-десорбции целлюлозой индивидуальных веществ, а также бинарной смеси ПАВ и коммерческой добавки из водных растворов.



Зависимость адсорбции-десорбции ПАВ целлюлозой от концентрации ПАВ в растворе

Для катионного вещества (кривая 1) наблюдается бимолекулярная адсорбция. Начало образования второго слоя происходит при $C_{кр}$ (ККМ). По-видимому, ионы, сорбированные из гомогенных растворов, очень прочно удерживаются целлюлозными волокнами. На целлюлозе адсорбция растворов коммерческих фторированных препаратов и бинарных смесей происходит как из молекулярных растворов, так и из мицеллярных растворах (до ККМ и после ККМ). Это объясняется образованием на поверхности «полумицелл» за счет адсорбции молекул на уже сорбированных молекулах мономолекулярного слоя. Адсорбционная способность бинарной смеси на целлюлозных волокнах возросла в 3-4 раза, по сравнению с обработкой коммерческим фторированным препаратом.

Кривые десорбции показали, что около 80 % адсорбированного ПАВ удерживается целлюлозой, по-видимому, за счет водородных связей.

Анализ целлюлозных материалов обработанных исследуемыми препаратами показал идентичность показателей жиростойкости фторированных коммерческих препаратов и созданных бинарных смесей.

Исследуемые целлюлозные образцы оказались проницаемыми только для тестовых растворов, соответствующих максимальному проникновению (поверхностное натяжение растворов 22 мН/м). Таким образом, целлюлозный материал, обработанный барьерными препаратами, может быть использован для получения упаковки продуктов с повышенным содержанием жира (выпечных, кондитерских изделий и т.д.). Данная бумага обладает стойкостью не только к жирам и воде, но также к спиртовым растворам и большинству органических растворителей. Это делает ее свойства уникальными и привлекательными не только для пищевой упаковки, но и для технической переработки. На такую бумагу можно наносить функциональные покрытия не только из водных смесей, но также из спиртовых и органических растворов.

Рассчитанная себестоимость полученной бинарной смеси оказалась на 40% ниже, чем применяемые в настоящее время коммерческие добавки.

Целлюлозный материал, обработанный исследуемой бинарной смесью, может быть использован для получения упаковки продуктов с повышенным содержанием жира (выпечных, кондитерских изделий и т.д.). Кроме того в отбеленной целлюлозе как правило содержится канцероген диоксин, который образуется при отбеливании целлюлозы активным хлором. По своей природе он является жирорастворимым веществом. Таким образом, обработанные целлюлозные материалы создают барьер для проникновения жиров в упаковку и для диффузии жирорастворимых компонентов бумаги в упакованные продукты питания. Полученная композиция для повышения жиростойкости целлюлозных материалов может быть внедрена для использования на

отечественных предприятиях по производству упаковочных видов бумаг и картона.

Выводы

1. Показано улучшение мицеллообразующих свойств и поверхностной активности полученной синергетической бинарной смеси коммерческого фторированного препарата и отечественного ПАВ катамина АБ (соотношение компонентов 50:50).
2. Наблюдается повышение жиростойкости целлюлозного полуфабриката при добавлении к коммерческому препарату катионного ПАВ катамина АБ. Данная бинарная смесь веществ может быть рекомендована для производства жиростойких упаковочных бумаг.
3. Добавка катионного ПАВ катамина АБ к коммерческому препарату удешевляет его на 40 %.

Список литературы

1. Сайт аналитического журнала упаковочной продукции [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.pakkograff.ru/reader/articles/materials/paper/497.php> (дата обращения 09.09.2018).
2. Кузнецова А.Ю., Демьянцева Е.Ю. Влияние поливинилового спирта на жиростойкость целлюлозы / Тезисы 10-й Санкт-Петербургской конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы науки о полимерах».- СПб.: ИВС РАН, 2014.- С. 114.

**Повышение энергоэффективности топливных брикетов из
древесных отходов механоактивацией компонентов**

**Increase in energy efficiency of fuel briquettes made from wood waste by
mechanoactivation of components**

В.А. Петров, А.В. Александров

V.A. Petrov, A.V. Aleksandrov

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

В статье приведены результаты исследования изменений фракционного состава, структуры лигнина как компонента топливного брикета и теплотворной способности брикета в результате механоактивации на основе интерпретации данных термографических исследований и лазерной дифракции. Предложены критерии механоактивации K_1 и K_2 , а также комплексный критерий механоактивации $K_{\text{ком}}$. Обосновано, что K_1 характеризует увеличение удельной поверхности в единицу времени при механоактивации, однако он не учитывает изменение потенциальной внутренней энергии (кДж/кг) при активации. Для учета изменения внутренней потенциальной энергии технического гидролизного лигнина и определения удельной энергии активации предложен дополнительный коэффициент K_2 , который характеризует увеличение энергии активации в единицу времени. Для комплексной оценки эффективности механоактивации обосновано применение комплексного критерия $K_{\text{ком}} = K_1/K_2$, который характеризует как изменение внутренней структуры, так и энергию активации лигнина.

The article presents the results of studies of changes in the fractional composition and structure of lignin as a component, calorific value of a fuel briquette as a result of mechanoactivation based on the interpretation of thermographic and laser diffraction data. The criteria for mechanoactivation of K_1 and K_2 , as well as a complex criterion for mechanoactivation are proposed. It is substantiated that K_1 characterizes the increase in the specific surface per unit time with mechanoactivation, but it does not take into account the change in the potential internal energy (kJ/kg) upon activation. To account for changes in the internal potential energy of technical hydrolytic lignin and determination of the specific activation energy, an additional coefficient K_2 is proposed, which characterizes the increase in the activation energy per unit time. For the complex evaluation of the effectiveness of mechanoactivation, the use of the complex criterion $K_{\text{com}} = K_1/K_2$,

which characterizes both the change in the internal structure and the activation energy of lignin, is justified.

Ключевые слова: технический гидролизный лигнин, механоактивация, термографические исследования, лазерная дифракция, энергия активации, критерий механоактивации.

Keywords: technical hydrolysis lignin, mechanoactivation, thermographic studies, laser diffraction, activation energy, criteria mechanoactivation.

Введение

Утилизация технического гидролизного лигнина является важной задачей для экологии. Полигоны, отведенные под лигнохранилища, занимают сотни гектаров полезной площади земельных участков, а также склонны к самовозгоранию при определенных температурных условиях. Одной из наиболее острых задач оздоровления экологической обстановки и рационального использования природного растительного сырья является разработка и реализация методов и технологий применения гидролизного лигнина (ТГЛ) – крупнотоннажного отхода гидролизных производств в качестве топлива.

1. Исследование зависимости качества брикетов от технологических факторов

Основные стандартизированные требования, предъявляемые к брикетированному топливу, определялись описанным ниже образом.

Определение механической прочности брикетов из отходов древесины проводили по ГОСТ 21289-75, которым устанавливаются методы определения механической прочности брикетов при сжатии и истирании в барабане [1].

Результаты экспериментальных исследований зависимости плотности брикетов (фракция древесных отходов $5 \pm 0,1$ мм) от давления прессования приведены на рис. 1 [2].

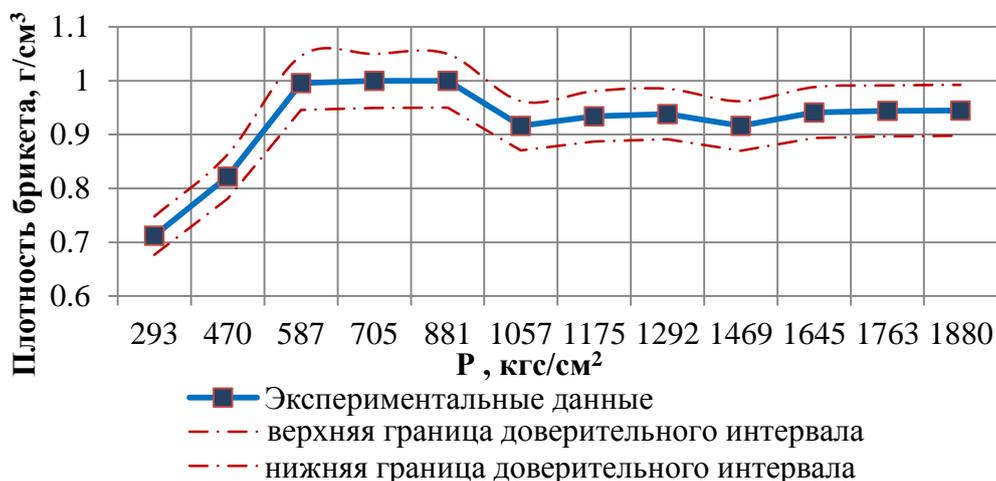


Рисунок 1 – Зависимость плотности брикета от давления прессования

С использованием регрессионного анализа обосновано уравнение для прогноза плотности брикета в зависимости от давления прессования, которое позволяет прогнозировать данный показатель с коэффициентом корреляции 0,998:

$$\rho = \frac{P}{244,957+0,737*P},$$

где ρ - плотность брикета, г/см³; P – давление прессования, кгс/см². [2]

Представленная кривая на рис. 1 свидетельствует о том, что с увеличением давления прессования плотность брикетов увеличивается, причем наблюдается локальный экстремум в области давлений 585-880 кгс/см². При увеличении давления на пуансон наблюдается повышение температуры матрицы (рис. 2). [2]

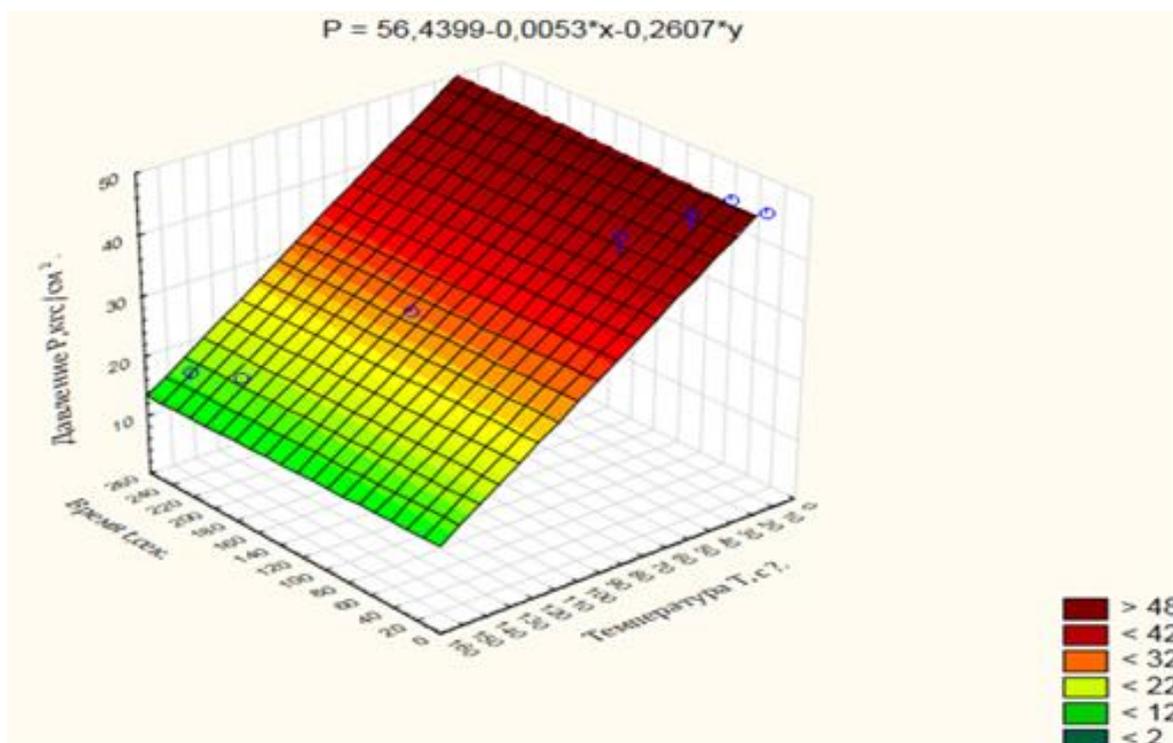


Рисунок 2 – Зависимость давления прессования от времени и температуры нагрева матрицы

Представленные на рис. 2 данные свидетельствуют о том, что нагрев матрицы сопровождается снижением давления. Объяснить это явление можно изменениями химического состава и структурных компонентов брикета за счет изменения температуры прессования. Зависимость плотности брикета от содержания влажности исходной композиции и крупности состава древесных отходов представлено на рис. 3. [2]

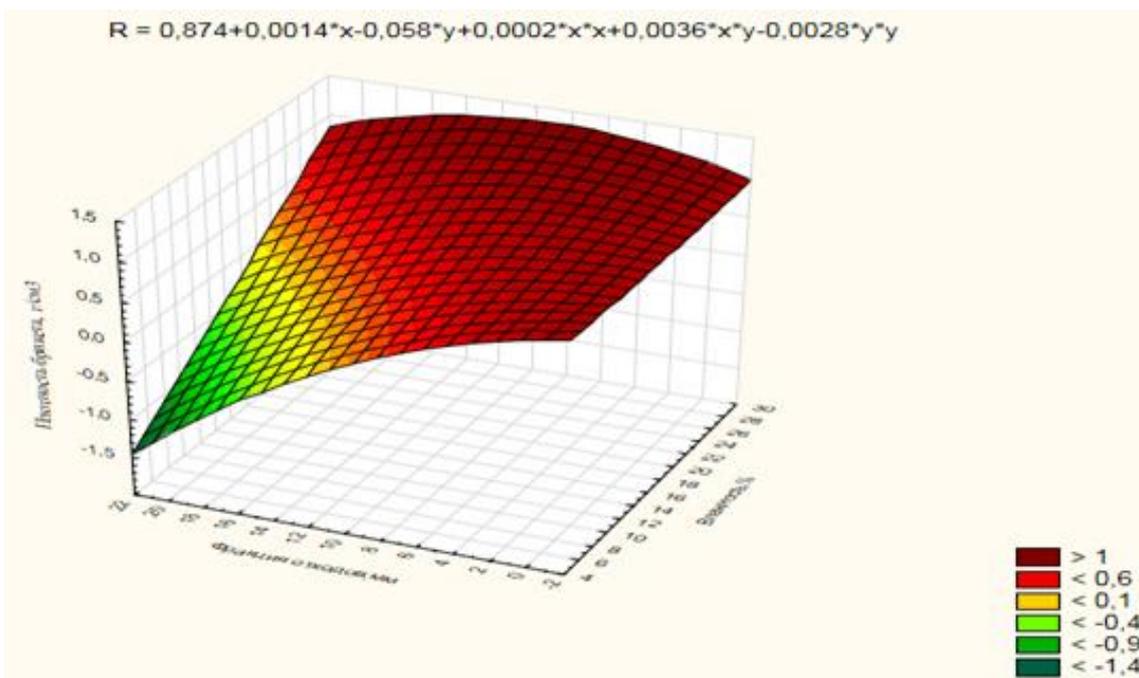


Рисунок 3 – Зависимость плотности брикета от влажности и фракционного состава

Представленная на рис. 3 матрица показывает, что с увеличением влажности отходов от 5 % и выше плотность брикетов увеличивается. Наиболее прочные брикеты получаются при влажности отходов $W = 5\%$. Дальнейшее повышение влажности негативным образом сказывается на прочности топливных брикетов. [2]

На основании проведенных исследований был разработан инновационный способ получения топливных брикетов из лесосырьевых отходов (RU №2653362). Способ получения топливных брикетов из древесных отходов включает следующие технологические операции: измельчение, сушку до влажности 12 – 16 %, подогревание компонентов композиции брикета, прессование. Смешивание компонентов смеси, включающей технический гидролизный лигнин, осуществляется в соотношении: связующее ТГЛ 10 – 15 %, измельченные древесные отходы 85 – 90 %. Технологическая схема производства топливных брикетов представлена на рис. 4.

Древесные отходы поступают в сортировку SWC11/21. Отходы с крупностью 1-5 мм сушатся до влажности 12 – 16 %. Отсортированный технический гидролизный лигнин подвергается механоактивации в шаровой мельнице. Далее древесные отходы и механоактивированный технический гидролизный лигнин смешиваются в смесителе. После чего композиция подогревается и подается шнековым транспортером в питающую камеру брикетирующего пресса.

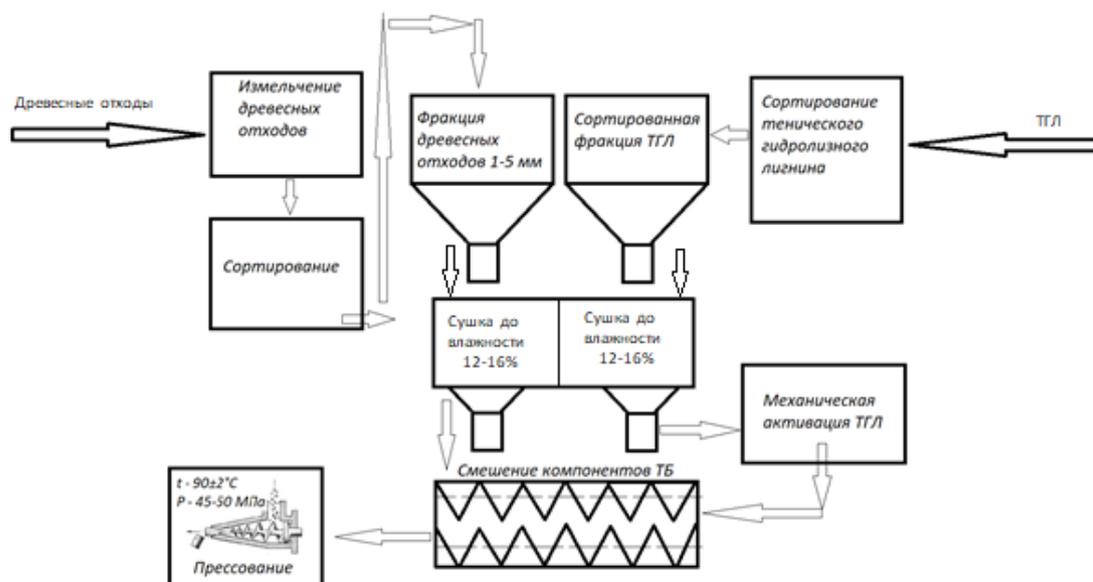


Рисунок 4 – Инновационная схема производства топливных брикетов из лесосырьевых ОТХОДОВ

2. Разработка методики прогнозирования теплотворной способности топливного брикета

Основной целью работы являлось исследование изменений фракционного состава, влияние механоактивированных добавок технического гидролизного лигнина на теплотворную способность как компонента топливного брикета на основе интерпретации данных термографических исследований и лазерной дифракции. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: исследовано влияние крупности опилок, влажности, проведены исследования физико-химических характеристик и технологических характеристик исходного технического гидролизного лигнина; обоснован комплекс методов исследований и методика интерпретации полученных данных.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – (ТГЛ) отходы гидролизного производства. Механоактивация (МА) ТГЛ проводилась как в агатовой ступке (вариант 1), так и в планетарной мельнице (вариант 2). Анализ фракционного состава и измерение его удельной поверхности проводился с использованием метода лазерной дифракции на приборе Mastersizer 2000.

Термогравиметрические исследования проводились на анализаторе SDT Q-600 фирмы TA Instruments (США). Данный анализатор позволяет одновременно регистрировать изменения массы образца (термогравиметрический анализ) и процессы, сопровождающиеся выделением или поглощением тепла (дифференциальная сканирующая калориметрия и термический анализ). Регистрация измерений осуществляется на двухлучевых весах (исследуемый образец и образец сравнения), рабочий диапазон

температур которых от 0 до 1500 °С. Чувствительность весов составляет 0,1 мкг. Конструктивные особенности печи позволяют контролировать в процессе измерения состав атмосферы образца и автоматически менять его в течение эксперимента, используя как инертные, так и реакционноспособные газы.

Определение теплотворной способности топлива в калориметре типа Бертло для твердого топлива производится согласно ГОСТ 147-2013. Содержание органического углерода исследовалось с применением анализатора ТОС-V (Shimadzu). Низкая зольность и высокая теплота сгорания (таблица) также являются факторами, положительно влияющими на качественные характеристики топливного брикета.

Результаты анализа ТГЛ (%) [3]

№	Наименование показателя	Условное обозначение	Значение
1	Влажность сырья	W^a , %	61,8
2	Выход летучих	V^a , %	29,5
3	Зольность ТГЛ	A^a , %	0,65
4	Содержание серы	$S_{общ}$, %	1,1
5	Содержание азота	N , %	0,57
6	Низшая теплота сгорания	Q_s^a , МДж/кг	16,6

Теоретическое обоснование интерпретации данных термогравиметрических исследований для прогнозирования эффективности механоактивации и теплотворной способности ТГЛ

Кинетика термического разложения ТГЛ определялась на основе анализа экспериментально полученных термоаналитических кривых, термоаналитический сигнал которых может быть выражен суммарной энтальпией для дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), и суммарной потерей массы для термогравиметрии (ТГ). [4-9]

Выводы

Проанализированные факторы процесса прессования: (зависимость плотности брикета от давления прессования, зависимость давления прессования от времени и температуры нагрева матрицы, зависимость плотности брикета от влажности и фракционного состава) и интерпретация данных лазерной дифракции и термогравиметрических данных позволяют предложить критерии механоактивации K_1 и K_2 . Физический смысл K_1 характеризует увеличение удельной поверхности в единицу времени при МА, однако не он учитывает изменение потенциальной внутренней энергии (кДж/кг) при активации. Для учета изменения внутренней потенциальной энергии ТГЛ и определения удельной энергии активации предложен

коэффициент K_2 – физический смысл которого характеризует увеличение энергии активации в единицу времени при МА.

Для комплексной оценки эффективности механоактивации предложен комплексный критерий $K_{\text{ком}} = K_1/K_2$, который характеризует как изменение внутренней структуры, так и энергию активации ТГЛ.

Разработанные методы и критерии оценки результатов анализа лазерной дифракции и термографических исследований позволяют прогнозировать эффективность механоактивации и теплотворную способность ТГЛ.

Разработан инновационный способ получения топливных брикетов из лесосырьевых отходов.

Работа по выполнению термогравиметрических исследований выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований - проект №16-05-00460 А.

Список литературы

1. ГОСТ 21289-75. Брикеты угольные. Методы определения механической прочности. [текст]. Минск.: Издательство стандартов, 1986.-5 с.
2. Александров А.В., Петров В.А. Оптимизация композиционного состава топливных брикетов из углеродсодержащих компонентов// Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2015. - № 5 (спец. выпуск 19) - изд-во «Горная книга». С. 120-124
3. Александрова Т.Н., Рассказова А.В., Прохоров К.В. Разработка технологии брикетирования бурогоугольной мелочи на основе связующей композиции из отходов / Александрова Т.Н., Рассказова А.В., Прохоров К.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. – № 9. – С. 284-289.
4. Koga N. Ozawa's kinetic method for analyzing thermoanalytical curves // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2013. Vol. 113. P. 1527 – 1541.
5. Flynn J.H. Wall L.A. A quick, direct method for the determination of activation energy from thermogravimetric data // Polymer Letters. 1966. Vol. 4. № 5. P. 323 – 328.
6. Opfermann J., Wilke G., Ludwig W. et al. Thermische Analyseverfahren in Industrie und Forschung // VI. Herbstschule Meisdorf. Jena: Friedrich-Schiller-Universität, 1991. P. 51–79
7. Ozawa T. Non-isothermal kinetics of consecutive reactions // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2000. Vol. 60. P. 887 – 894.
8. ASTM 698-05 Standard test method for Arrhenius kinetic constants for thermally unstable materials // Annual book of ASTM standards. West Conshohocken, PA.: ASTM International. 2005. Vol. 14.02. – P. 226.

9. Friedman H.L. New methods for evaluating kinetic parameters from thermal analysis data// Journal of Polymer Science: Polymer Letters. 1969. Vol. 7. № 1. P. 41 – 46.

Создание лабораторной установки по исследованию работы гидротурбины **Creation of laboratory installation to research the work of hydroturbine**

А.В. Петряшева, В.Ю. Лакомкин

A.V. Petryasheva, V.Yu. Lakomkin

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

В соответствии с заданием нами была собрана экспериментальная установка, состоящая из мини-турбины GOSO F50-12V, соединенной резиновым шлангом с водопроводным краном. Расход воды измеряется мерным стаканом и регулируется степенью открытия крана. Напор воды измеряется съемным микроманометром. В качестве электрической нагрузки используется светодиодная лампочка. Параметры тока вырабатываемого турбиной измеряются мультиметрами. По полученным данным можно определить мощность и рассчитать КПД турбины. Собранную нами установку можно использовать в качестве лабораторной работы по курсу "Энергосбережение".

According to academic plan, the experimental installation containing the mini-turbine GOSO F50-12V connected to water tap with a rubber hose has been assembled. The water consumption is measured with a beaker and adjusted by the tap opening. The water pressure is measured by the removable micro-manometer. The LED lamp is used as an electrical load. The current generated parameters are measured by the multimeters. The data obtained allow one to determine the power and to calculate the turbine efficiency. The installation assembled may be used at training laboratories on the course of energy-saving technology.

Ключевые слова: мини-турбина, лабораторная работа, энергосбережение.

Keywords: mini-turbine, training laboratory, energy-saving.

Водяные колеса использовались еще в древнем Риме в 70-е годы до н. э. для помола зерна. Энергия воды и в современном мире играет важную роль, особенно в производстве электроэнергии.

Преимущество гидроэлектрических станций заключается в том, что они используют возобновляемые природные ресурсы – энергию воды, и необходимости в дополнительном топливе нет, поэтому стоимость электроэнергии, получаемой на ГЭС, является самой низкой.

Срок окупаемости малых ГЭС не более 10 лет. Энергия воды преобразовывается в механическую работу с помощью гидротурбины.

Различают два типа гидротурбин: активные и реактивные. Схема работы активной турбины (турбины Пелтона) показана на рисунке.

Мощность активной турбины определяется выражением:

$$P \text{ [Вт]} = \rho \cdot Q \cdot U^2 / 2,$$

где U – скорость струи перед лопаткой, м/с.

Во многих странах малым ГЭС оказывается значительная государственная поддержка, как при строительстве новых станций, так и при модернизации уже существующих. Несомненно, малые ГЭС вносят существенный вклад в производство стабильной и экологически чистой энергии.

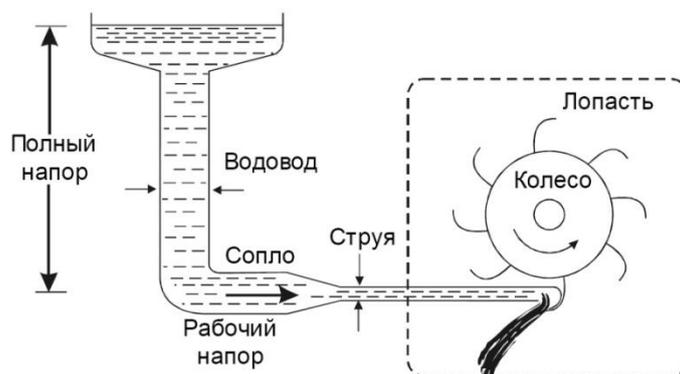


Схема работы активной турбины Пелтона

Лидирующие позиции в малой гидроэнергетике занимает Китай, где суммарная установленная мощность малых ГЭС больше 13 млн. кВт. В сельской местности цивилизованных стран малые ГЭС выполняют функцию автономных источников электроэнергии, что существенно облегчает жизнь населения. Энергетический потенциал рек России очень велик [2]. В середине XX века в России эксплуатировалось огромное количество малых ГЭС, однако впоследствии предпочтение было отдано крупному гидростроительству и малые ГЭС постепенно исчезли. В наши дни интерес к малым ГЭС вновь набирает обороты. Малая ГЭС не требует больших водохранилищ, приводящих к значительным затоплениям.

Малая гидроэнергетика почти не зависит от погоды в отличие от других возобновляемых источников энергии таких, как солнце, ветер, и может обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю. Со временем, природные энергетические ресурсы – нефть, уголь, газ – истощаются, и использование доступной, возобновляемой энергии рек является весьма актуальным, позволяя вырабатывать экологичную и экономичную электроэнергию. Также сооружение объектов малой гидроэнергетики является малозатратным, малогабаритным и быстро окупается.

В соответствии с планом НИР нами была собрана экспериментальная установка, основой которой является мини-турбина GOSO F50-12V производства КНР.

Турбина закреплена над раковиной и соединена резиновым шлангом с водопроводным краном. Расход воды измеряется мерным стаканом и регулируется степенью открытия крана. Напор воды измеряется съемным микроманометром.

В качестве электрической нагрузки используется светодиодная лампочка. Параметры тока вырабатываемого турбиной измеряются вольтметром и амперметром.

По полученным данным можно определить мощность и рассчитать КПД турбины.

Собранную нами экспериментальную установку можно использовать в качестве лабораторной работы по курсу "Энергосбережение".

Список литературы

1. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2013. – 79 с.
2. Фалеев Д.С. Возобновляемые и ресурсосберегающие источники энергии: учеб. пособие. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2015. – 180 с.

**Исследование свойств волокна из древесины,
полученного по технологии двухвинтовой экструзии,
для применения в производстве бумаги и картона**

**Study of the properties of wood fiber obtained by twin-screw extrusion
technology for use in paper and cardboard production**

К.Д. Прокопенко¹, И.Н. Ковернинский²

K.D. Prokopenko, I.N. Koverninsky

¹ГБОУ школа № 1794, г. Москва

²ООО Промышленный Парк «Уссурийский», г. Уссурийск

В статье приводится материал по исследованию химико-термомеханической массы (ХТММ) из древесины тополя, производства китайской фирмы «Zibo Jepps Trading Co. Ltd». В результате исследования установлено:

- ХТММ из древесины тополя имеет свойство легко размалываться со значительным повышением (на 30 – 80 %) физико-механических показателей. Интервал возможной степени помола, в которой масса может использоваться с наибольшей эффективностью, рекомендуется 30 – 50 °ШР.
- ХТММ в небеленом виде представляет собой высококачественный первичный волокнистый полуфабрикат, который может эффективно применяться в композиции с макулатурным волокном для производства бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев гофрированного картона. Добавки массы в композицию целесообразны в пределах 20 – 50 %.
- ХТММ в беленом виде является высококачественным первичным волокном для производства бумаги-основы различного санитарно-гигиенического назначения. Высокой эффективностью в придании свойств бумаге будут отличаться композиции с белой целлюлозой, в которых целлюлозу следует добавлять в пределах 15 – 20 %, а беленую макулатурную массу – 30 – 50 %.
- Двухвинтовая экструзивная технология ХТММ и оборудование китайской фирмы «Zibo Jepps Trading Co. Ltd», по техническим, экономическим и экологическим факторам перспективна для России. Рекомендуется в качестве малотоннажных производств для переработки низкокачественной древесины и отходов лесопромышленных предприятий.
- По своей значимости технология способна решать задачи по развитию производства целлюлозы, бумаги и картона, предусмотренные в «Стратегии развития лесного комплекса России до 2030 года».

Ключевые слова: химико-механическая масса, целлюлоза, макулатурное волокно, бумага для гофрирования, бумага-основа санитарно-гигиенической бумаги, физико-механические свойства, капиллярная впитываемость, пухлость.

Keywords: chemico-mechanical pulp, cellulose, recycled fiber, fluting paper, base-paper for sanitary and hygienic paper, physical and mechanical properties, capillary absorbency, bulkiness.

Введение

Лесные ресурсы Российской Федерации остаются богатейшими в мире, и задача их бережного, рационального и экологически безопасного использования во все времена была и остается актуальной. Исходя из этого, Правительство РФ утвердило «Стратегию развития лесного комплекса до 2030 года». Среди основных направлений Стратегии - развитие ориентированного на экспорт производства целлюлозы, рост выпуска тарного картона и санитарно-гигиенических изделий для внутреннего рынка. Очевидно, что главной задачей Стратегии является увеличение производства первичного волокна – целлюлозы и древесной массы, как волокнистой базы для развития производства тарного картона и санитарно-гигиенической бумаги [1,2].

На протяжении многих десятилетий в лесном комплексе интенсивно развивались лесозаготовка и лесопиление, отличающиеся отбором преимущественно пиловочника с низкой степенью его последующей переработки в пиломатериалы с отходами 50 %. Обусловлено это на порядки меньшими стартовыми капиталовложениями в технологию и оборудование, по сравнению с технологиями и оборудованием для получения волокна.

В то же время предприятия по производству первичного волокна перерабатывают всю древесину, включая отходы лесозаготовки и лесопиления. Таким образом, экономическая и экологическая польза переработки в волокно огромна и подтверждается в 2 раза большей прибыльностью реализации волокна в сравнении с пиломатериалами.

Основным сдерживающим фактором, как упоминалось выше, остается необходимость больших стартовых затрат на строительство данных заводов. Например, в Стратегии приводятся данные, что в новое строительство на 1 т производимого волокна нужно вложить 1500-2000 долларов США.

Не менее существенным фактором, не позволявшим широко воспользоваться достоинством заводов по переработке древесины в волокно, было отсутствие эффективных, экологически безопасных технологических установок для рентабельного малотоннажного производства волокнистых полуфабрикатов. В настоящее время китайские фирмы выпускают установки мощностью 20-200 тонн в сутки волокна, на что требуется 60-600 плотных м³ древесного сырья в

сутки в виде технологической щепы или балансов. Основой технологии является двухвинтовая экструзия, которая сочетает ресурсосбережение, экологическую безопасность и высокую экономичность производства волокна. В России такие заводы отсутствуют, но уже реализованы в зарубежных странах.

Цель работы: исследование качества химико-термомеханической массы (ХТММ), полученной по новой двухвинтовой экструзивной технологии, и композиций массы с макулатурой МС-5Б для обоснования целесообразности строительства заводов в России по переработке древесины в первичное волокно различного назначения.

Экспериментальная часть

В работе был исследован образец беленой ХТММ из древесины тополя, предоставленный китайской фирмой «Zibo Jepps Trading Co. Ltd». Масса получена по двухвинтовой экструзивной технологии. Она основана на многократном воздействии механического сжатия и разрежения на древесную щепу, создаваемых двумя винтами специальной конструкции, с участием щелочи и повышенной температуры (до 90 °С). В результате воздействия древесина расщепляется на волокнистый остаток, выходящий из аппарата в виде калиброванной костры. В зонах разрежения древесина пропитывается щелочью, а в зонах сжатия щелочь выдавливается, очевидно, с перешедшими в раствор веществами древесины. Таким образом, осуществляется последовательная экстракция вещества древесины, которое удаляется из аппарата в растворенном концентрированном виде (50 – 60 % паста) и называется «лигнин». Выход древесного остатка регулируется соотношением «костра-лигнин» и может быть 80 – 50 %. Следовательно, можно получать волокнистые полуфабрикаты – древесную массу, полуцеллюлозу и целлюлозу. Дальнейшие операции по размолу костры позволяют получить высококачественное волокно для бумаги и картона [3].

Исследование качества химико-термомеханической массы, полученной из древесины тополя по двухвинтовой экструзивной технологии.

Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели качества ХТММ с исходной степенью помола 24 °ШР и размолотой до 43 °ШР и вторичного волокна из макулатуры марки МС-5Б

№ п/п	Наименование показателя	Значение		
		24 °ШР	43 °ШР	МС-5Б, 28 °ШР
1	Выход от массы а.с.д., %	80	80	...
2	Жесткость, единиц Каппа	99,6	99,6	...
3	Белизна, %	80	80	...
4	Разрывная длина, м	2850	5580	3570
5	Разрывное усилие, Н	51	89	55
6	Сопротивление продавливанию, кПа	166	286	226
7	Излом, ч.д.п.	4	15	47

№ п/п	Наименование показателя	Значение		
		24 °ШР	43 °ШР	МС-5Б, 28 °ШР
8	Сопротивление плоскостному сжатию, Н	239	345	...
9	Сопротивление торцевому сжатию, кН/м	1,64	2,27	...
10	Сорность, мм ² /300 г	9-10	9-10	...
11	рН массы	8,0	8,0	6,9

Как видно из табл. 1, при высоком выходе ХТММ – 80 % от массы а.с. древесины – со СП 24 °ШР (исходная масса) по физико-механическим показателям, белизне и сорности можно оценить как перспективную для применения в производстве тарного картона и основы санитарно-гигиенической бумаги. Учитывая, что для указанных видов продукции требуется волокно с большей механической прочностью, проведен эксперимент по размолу волокна для ее увеличения. Волокно размалывалось до СП 43 °ШР.

Обращаясь к табл. 1, можно видеть, что ХТММ с СП 43 °ШР отличается значительно превосходящими, чем при СП 24 °ШР, показателями физико-механических свойств. Отметим, что масса легко размалывается, так как приращение степени помола с 24 до 43 °ШР произошло всего за 5,5 минут. Требуется низкий расход электроэнергии на размол.

Физико-механические показатели ХТММ при СП 43 °ШР также существенно выше в сравнении с макулатурной массой, кроме показателя «излом». Объясняется это тем, что волокна ХТММ более жесткие и, следовательно, ломкие. Заметим, что сравнение ХТММ и макулатурного волокна при одинаковой степени помола покажет преимущество качества макулатурного волокна. Но в технологии размол макулатурного волокна свыше 32 – 35 °ШР не применяется. В то время как ХТММ может производиться и применяться в интервале помола 30 – 50 °ШР.

Исследование качества композиции массы ХТММ и макулатуры марки МС-5Б.

Данные эксперимента при композиции массы ХТММ 50 % и макулатурного волокна 50 % приведены в табл. 2. В ней приведены для сравнения требования ГОСТ Р 53206-2008 «Бумага для гофрирования. Технические условия».

Таблица 2 – Физико-механические показатели бумаги для гофрирования. Композиция по волокну: 50% ХММ + 50% макулатурного волокна

№ п/п	Наименование показателя	Значение			
		Бумага		Марки: ГОСТ Р 53206-2008	
		100 г/м ²	125 г/м ²	Б-0, 100 г/м ²	Б-0, 125 г/м ²
1	Степень помола массы, °ШР	31	31	-	-
2	Разрывная длина, м	4260	...	-	-
3	Разрывное усилие, Н	66	...	60	80

№ п/п	Наименование показателя	Значение			
		Бумага		Марки: ГОСТ Р 53206-2008	
		100 г/м ²	125 г/м ²	Б-0, 100 г/м ²	Б-0, 125 г/м ²
4	Излом, ч.д.а	31	...	-	-
5	Сопротивление продавливанию, кПа	251	...	195	320
6	Сопротивление плоскостному сжатию, Н	...	222	215	310
7	Сопротивление торцевому сжатию, кН/м	...	1,60	0,8	1,35

Анализ данных табл. 2 позволяет констатировать, что композиция ХТММ и макулатурного волокна позволяет изготавливать бумагу для гофрирования массой 100 г/м², соответствующей требованиям ГОСТ Р 53206-2008 к высшей марке Б-0. При этом ХТММ следует использовать в небеленом виде.

Оценка возможности использования ХТММ и композиции ХТММ и макулатурного волокна для производства основы санитарно-гигиенической бумаги по данным вышеприведенного исследования.

Что касается использования ХТММ в производстве основы санитарно-гигиенической бумаги, то по показателям качества она удовлетворяет основным требованиям к массе для этого производства. Волокнистая масса с показателями позволяет обеспечивать максимально возможное сочетание в бумаге главных свойств - высокой механической прочности и капиллярной впитываемости при большой пухлости (показатель, обратный плотности бумаги). Для производства основы санитарно-гигиенической бумаги ХТММ может использоваться в интервале степени помола 30 – 50 °ШР и в композиции с белой целлюлозой (15 – 20 % от массы ХТММ) или в композиции с белой макулатурой (30 – 50 % от массы ХТММ).

Выводы и рекомендации:

1. ХТММ из древесины тополя имеет свойство легко размалываться со значительным повышением (на 30 – 80 %) физико-механических показателей. Интервал возможной степени помола, в которой масса может использоваться с наибольшей эффективностью, рекомендуется 30 – 50 °ШР.
2. ХТММ в небеленом виде представляет собой высококачественный первичный волокнистый полуфабрикат, который может эффективно применяться в композиции с макулатурным волокном для производства бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев гофрированного картона. Добавки массы в композицию целесообразны в пределах 20 – 50 %.
3. ХТММ в беленом виде является высококачественным первичным волокном для производства бумаги-основы различного санитарно-гигиенического назначения. Высокой эффективностью в придании свойств бумаге будут

отличаться композиции с бленой целлюлозой, в которых целлюлозу следует добавлять в пределах 15 – 20 % или с бленой макулатурой в пределах 30 – 50 % к ХТММ.

4. Двухвинтовая экструзивная технология ХТММ и оборудование китайской фирмы «Zibo Jerps Trading Co. Ltd» по техническим, экономическим и экологическим факторам перспективна для России. Рекомендуется в качестве малотоннажных производств для переработки низкокачественной древесины и отходов лесопромышленных предприятий.
5. По своей значимости технология способна решать задачи по развитию производства целлюлозы, бумаги и картона, предусмотренные в «Стратегии развития лесного комплекса России до 2030 года».

Список литературы

1. Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И. Современное состояние и перспективы развития использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск, 2007. 118 с.
2. Кулешов А.В., Смолин А.С. Влияние цикличности использования макулатурного волокна на бумагообразующие свойства // Лесной журнал. 2008. №4. С. 131–138.

**Повышение инвестиционной привлекательности
атмосферно-охранных мероприятий в ЦБП**

**Increase of investment attractiveness of
atmospheric protection measures in pulp and paper industry**

Л.В. Романова, О.А. Шанова

L.V. Romanova, O.A. Shanova

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Рассмотрены причины недостаточности инвестиций в природоохранные мероприятия на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, предложены методические подходы для реализации и поэтапного внедрения проектов в области защиты атмосферного воздуха.

The reasons of insufficiency of investments into environmental measures in the pulp and paper industry are considered, methodical approaches for implementation and phased implementation of projects in the field of atmospheric air protection are proposed.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, природоохранные мероприятия, методические подходы, экстернальный эффект, снижение экологической нагрузки.

Keywords: pulp and paper industry, environmental measures, methodological approaches, external effect, reduced environmental load.

В соответствии с Указом «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» для достижения показателей научно-технологического и социально-экономического развития определены основные приоритетные направления – цифровая экономика, здравоохранение, образование, экология и др. [1].

При разработке национальных проектов в сфере охраны окружающей среды и природопользования планируется достичь следующих показателей в области сокращения негативного воздействия на атмосферный воздух, в том числе:

- значительное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, уменьшение не менее чем на 20 % совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в ряде городов;

- реализация комплексных планов мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух в промышленных центрах, включая города Братск, Красноярск и др.;
- разработка систем технологического и экологического регулирования на основе НДТ и внедрение их всеми природопользователями, особенно, относящимися к I категории.

Как правило, основной причиной недостаточно успешного решения экологических проблем на промышленных предприятиях, в т.ч. ЦБП, является отсутствие быстрого экономического эффекта, что вкупе с другими проблемами производства приводит к тому, что месторасположение данных природопользователей – это регионы с неблагоприятной экологической обстановкой, обусловленной значительными объемами и загрязненностью выбросов. При этом на многих предприятиях отрасли интенсивно внедряются технологии производства, отвечающие требованиям НДТ, позволяющие значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, для решения данной проблемы необходимо решить ряд задач, направленных на создание экономического стимула к внедрению экологических мероприятий:

- развитие методологии оценки значимости и эффективности природоохранных инвестиций; своевременность данного направления не вызывает сомнений и обусловлена трудностями, возникающими при планировании проектов строительства или модернизации ПГУ, особенно с учетом отсутствия быстрого экономического эффекта;
- разработка нового подхода к реализации инвестиций в природоохранные мероприятия, в том числе в охрану атмосферного воздуха – в первую очередь, приоритетными являются те меры, которые дают наибольшую прибыль от инвестирования (например, полезное использование вторичного тепла, рециклинг или утилизация полезных компонентов из отходящих газов).
- разработка критериев, направленных на повышение инвестиционной привлекательности природоохранных мероприятий с учётом комплексного подхода.

Таким образом, планирование мероприятий для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду нецелесообразно при граничных условиях показателей технологической или экономической эффективности, иначе решения могут привести к неблагоприятным результатам [2], особенно с учетом того, что планирование таких вложений с учетом оценки предпроектной, проектной и эксплуатационной фаз реализации является достаточно сложной задачей (Рис. 1) [3]. Объёмы инвестиций также

могут быть значительны, так, например, стоимость проекта модернизации установки очистки дымовых газов ИРП от взвешенных веществ в филиале группы «Илим» г. Братск, рассчитанного на 2018-2019 гг., составляет 9,805 млн \$ [4].



Рисунок 1 – Фазы планирования инвестиций

Рассмотрев категорию «природоохранные инвестиции, включая охрану атмосферного воздуха» можно отметить, что данный вид капиталовложений состоит из различных видов материальных и нематериальных показателей, использование которых призвано решать проблемы, вызванные хозяйственной деятельностью природопользователя.

Как правило, необходимо учитывать следующие аспекты предприятий на ОС: значительное параметрическое и ингредиентное загрязнение атмосферного воздуха, потери энергии и полезных компонентов с отходящими газами, негативное воздействие на качество жизни населения, проживающего в регионе, вследствие чего, результат инвестирования будет проявляться в виде экономического, экологического и социального эффектов.

Экологический эффект заключается в снижении антропогенного воздействия на окружающую среду – сокращение потребления ресурсов в явной и неявной формах, снижение уровня загрязнения, уменьшение экологического ущерба.

Экономический эффект выражается в уменьшении ресурсных и энергетических потерь, снижении износа зданий и оборудования, снижении платы за негативное воздействие.

Социальный эффект выражается в улучшении физического и психоэмоционального состояния населения, сокращении заболеваемости, повышении работоспособности.

Проанализировав текущую ситуацию в области охраны атмосферного воздуха на предприятиях ЦБП, можно прийти к выводу, что одним из сдерживающих факторов является отсутствие методических рекомендаций, которые бы позволяли комплексно оценивать эффект от проведения атмосферно-охранных мероприятий [5,6].

Предлагаемые методические рекомендации состоят из нескольких этапов. Первый этап – сбор и анализ информации о технологии производства, о перечне ИЗАВ, включая перечень ЗВ (особенно маркерных), с указанием их свойств и концентраций, о наличии в регионе других природопользователей, оказывающих негативное воздействие. Это позволит сформировать достоверную картину экологической обстановки в конкретном регионе и выбрать соответствующую технологию очистки выбросов, при этом полученный экономический эффект будет включать следующие составляющие:

- доход, полученный в результате снижения накопленного и будущего экологического ущерба за весь срок эксплуатации хозяйствующего объекта;
- доход за счет снижения ресурсопотребления продукции;
- доход за счет снижения энергоемкости продукции.

В качестве второго этапа при разработке технологии очистки выбросов и выбора ПГУ выступают: оценка технологии газоочистки как НДТ, определение оптимальных параметров основного и вспомогательного оборудования с учетом реестра природоохранного оборудования. На третьем этапе определяют экстернальный эффект (рис. 2) от проведения комплекса технологических и природоохранных мероприятий [7-9].

На основе имеющихся сведений о характеристике конкретного ИЗАВ, в том числе о фазовой или химической трансформации ЗВ, изменении их концентрации в зоне расположения предприятия вследствие проведения природоохранного мероприятия можно рассчитать: величину предотвращенного ущерба имуществу предприятия; вероятность развития негативных эффектов для здоровья работников предприятия при воздействии маркерных ЗВ, в том числе с учетом эффектов кумуляции и суммации при острой или хронической интоксикации, вероятность возникновения профпатологий.



Рисунок 2 – Структура экстернального эффекта

Очевидно, что на принятие решения об инвестициях в проект разработки и внедрения природоохранного мероприятия оказывает влияние целый ряд объективных и субъективных причин, однако, если в распоряжении инвестора будет методология оптимального выбора капиталовложений с учетом максимально возможных критериев оценки и рисков, то вероятность принятия положительного решения возрастет.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 19.07.2018 г. N 444)
2. Дмитриев А.Н., Ковалев И.Н., Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.
3. Голованов С.И., Спиридонов М.А. Бизнес-планирование и инвестирование. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 302 с.
4. Официальный сайт Группы «Илим». Режим доступа: <http://www.ilingroup.ru> (дата обращения 29.09.2018).
5. Романова Л.В. Очистка газовых выбросов сульфат-целлюлозного производства. Экологические и экономические аспекты // Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках. Теплообмен при фазовых превращениях: Сб. тр. 19-й школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством акад. РАН А.И. Леонтьева (г. Орехово-Зуево, Россия, 20-24.05.2013). М.: Издательский дом МЭИ, 2013. Т.1. с. 23-24.
6. Сальманов А.Б., Романова Л.В., Полозов А.В. Природосберегающие технологии // Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках. Теплообмен при фазовых превращениях: Сб. тр. 21-вой школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством

акад. РАН А.И. Леонтьева (г. Санкт-Петербург, Россия 22-26.05.2017). М.: Издательский дом МЭИ, 2017. Т.2. с. 289-290.

7. МУ 2.1.10.3165-14. Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания.
8. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.
9. ГОСТ Р 54003-2010. Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения.

Технология дезодорации неконденсируемых выбросов ЦБП
Deodorization technology for non-condensable gas emissions of
pulp and paper industry

В.А. Шадрова, О.А. Шанова

V.A. Shadrova, O.A. Shanova

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Рассмотрены основные источники поступления дурнопахнущих соединений в окружающую среду от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, представлен перечень компонентов и диапазон концентраций загрязняющих веществ; приведен обзор технологий очистки и обезвреживания неконденсируемых газов; предложена схема биологической очистки выбросов.

The main sources of entry of malodorous compounds into the environment from the pulp and paper industry are considered, the list of components and the range of concentrations of pollutants are presented; the review of technologies of clearing and neutralization of non-condensable gases is given; a scheme for biological purification of emissions are proposed.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, дурнопахнущие газы, дезодорация выбросов, биоскрubber, снижение экологической нагрузки.

Keywords: pulp and paper industry, non-condensable malodorous gases, deodorization of gas emissions, bio-scrubber, reduction of environmental load.

Целлюлозно-бумажная промышленность как составляющая ЛПК является стратегически важной отраслью в РФ на ближайшие годы, ориентированной как на внутренний, так и на внешний рынок. Предприятия ЦБП относятся к крупнейшим градообразующим производствам, которые являются не только источником отчислений в государственный бюджет и источником поддержания занятости населения, но при этом и природопользователями, оказывающими существенное воздействие на окружающую среду как с позиций потребления ресурсов, так и с точки зрения загрязнения атмосферного воздуха.

В ходе введения категоризации всех хозяйствующих субъектов в зависимости от степени их воздействия на окружающую среду согласно перечню [1] предприятия ЦБП входят в список объектов I категории, вклад

которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 процентов.

Соответственно, такие промышленные предприятия обязаны осуществлять свою деятельность на основе реализации принципов наилучших доступных технологий, проводить мониторинг негативного воздействия и снижать нагрузку на окружающую среду.

Отличительной особенностью технологического процесса сульфатно-целлюлозного производства является образование на различных стадиях маркерных загрязняющих веществ [2], многие из которых имеют характерный неприятный запах (как правило, это неорганические и органические серосодержащие соединения). Указанные вещества называют дурнопахнущими. Причиной образования таких соединений является присутствие в варочном щелоке сульфида натрия, а в древесине – метоксильных групп. [3]

Наибольший вклад в выбросы дурнопахнущих веществ вносит варочный цех. Характеристика выбросов от данного цеха сульфатно-целлюлозного производства представлена в таблице, из которой следует, что выбросы дурнопахнущих веществ характеризуются широким диапазоном концентраций, но учитывая специфику воздействия таких веществ на организм человека, очистка данных газов даже до значений ПДК_{рз} не позволяет избавиться от негативного воздействия, так как порог восприятия запаха человеком ниже, чем концентрации дурнопахнущих веществ в воздухе.

Появление неприятного запаха в атмосферном воздухе фиксируется человеческими органами обоняния мгновенно и вызывает у него чувство дискомфорта и раздражения. В ряде случаев, население, которое проживает в определенной близости от предприятия, обращаются с претензиями на появление неприятного запаха, а органы, отвечающие за контроль качества атмосферного воздуха, не обнаруживают превышения предельно допустимых концентраций и поэтому не могут обязывать принимать меры к сокращению выбросов.

Характеристика выбросов варочного цеха сульфатно-целлюлозного производства [4,5,6]

Источники выбросов	Загрязняющее вещество	Концентрация загрязняющих веществ	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{рз} , мг/м ³	Порог обнаружения, мг/м ³
Бак фильтра крепкого щелока	Диметилсульфид	10250 мг/м ³	0,08	50	0,3
	Диметилдисульфид	165 мг/м ³	0,7	-	3,5
	Сероводород	0,04 мг/м ³	0,008	10	1,4...2,3
	Метилмеркаптан	0,073 мг/м ³	0,006	0,8	2·10 ⁻⁶

Источники выбросов	Загрязняющее вещество	Концентрация загрязняющих веществ	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{рз} , мг/м ³	Порог обнаружения, мг/м ³
Бак фильтра слабого щелока	Диметилсульфид	290 мг/м ³	0,08	50	0,3
	Диметилдисульфид	6,15 мг/м ³	0,7	-	3,5
	Метилмеркаптан	0,22 мг/м ³	0,006	0,8	2·10 ⁻⁶
Терпентинный конденсатор	Диметилсульфид	70...77 г/м ³	0,08	50	0,3
	Диметилдисульфид	21...28 г/м ³	0,7	-	3,5
	Сероводород	1...10 г/м ³	0,008	10	1,4...2,3
	Метилмеркаптан	100...300 г/м ³	0,006	0,8	2·10 ⁻⁶
Выдувной резервуар	Диметилсульфид	3...53 г/м ³	0,08	50	0,3
	Диметилдисульфид	10...32 г/м ³	0,7	-	3,5
	Сероводород	0,18...1,9 г/м ³	0,008	10	1,4...2,3
	Метилмеркаптан	1,4...90 г/м ³	0,006	0,8	2·10 ⁻⁶

По данным Росстата в среднем на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности улавливается и обезвреживается 85 % всех отходящих газов [7]. Традиционно, в качестве технологий, позволяющих сократить количество дурнопахнущих веществ в выбросах, выступают термическое окисление и абсорбционная очистка. Средняя эффективность данных мероприятий составляет от 86,3 до 99,5 %, что по-прежнему недостаточно [8]. В 2017 году на комбинате в г. Братске был реализован новый проект, который включил технологическую линию конденсации загрязняющих веществ и систему сжигания неконденсируемых газов. Данная система доочистки дурно пахнущих газов обеспечивает величины выбросов на уровне НДТ (рис. 1).

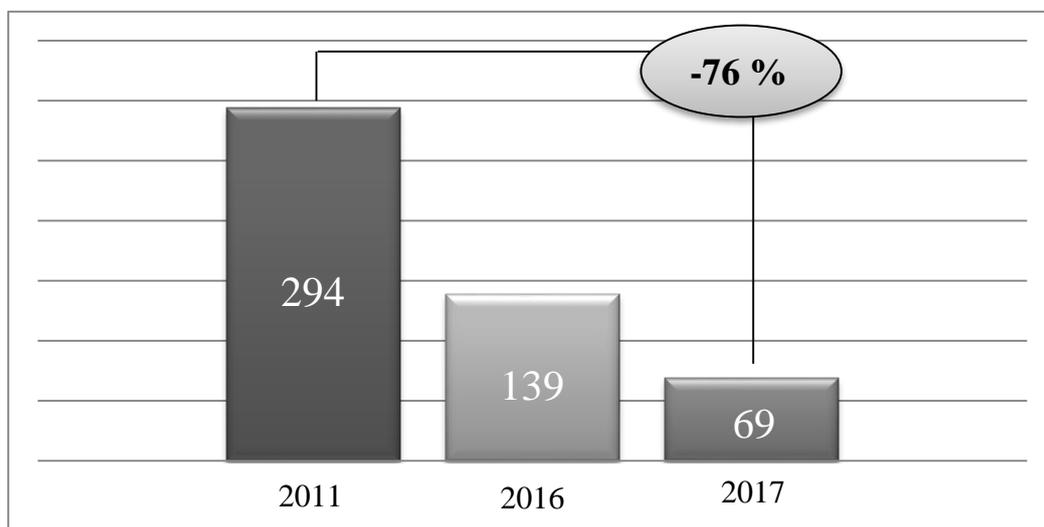


Рисунок 1 – Динамика выбросов дурнопахнущих газов на комбинате в г. Братске, т/год [3]

В качестве альтернативной технологии на рис. 2 представлена принципиальная схема дезодорации низкоконцентрированных выбросов от неконденсируемых веществ (суммарная эффективность очистки 99 %).

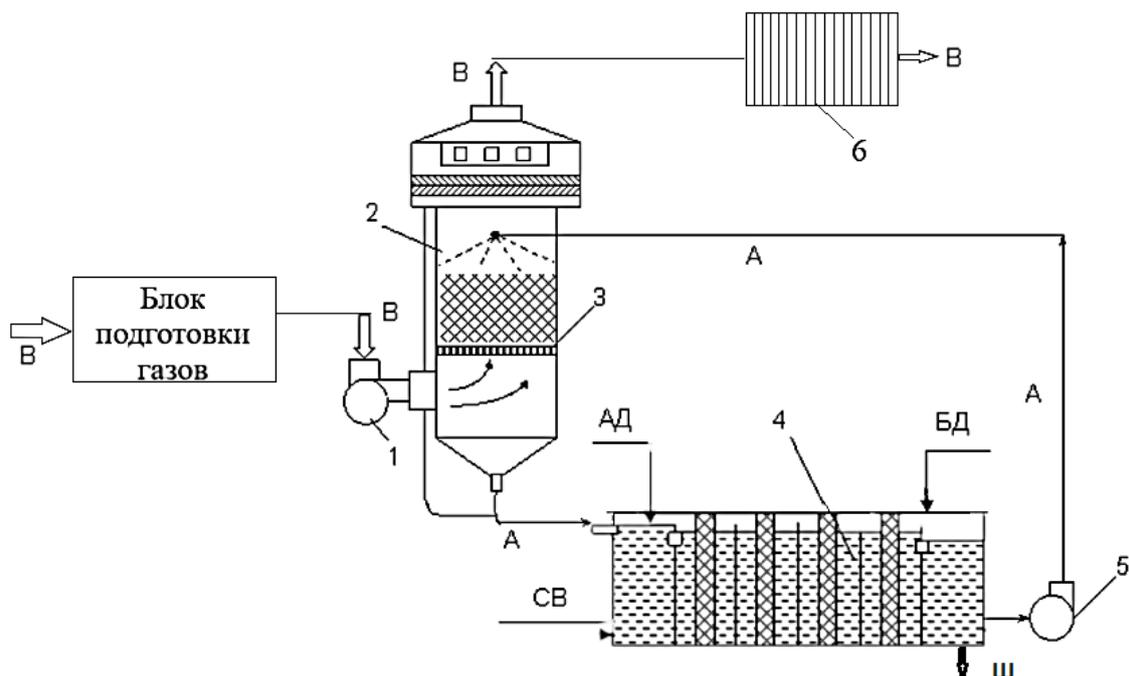


Рисунок 2 – Схема комбинированной очистки низкоконцентрированных выбросов от дурнопахнущих веществ: 1 – вентилятор; 2 – абсорбер (скруббер); 3 – массообменная решетка; 4 – биореактор; 5 – насос; 6 – фильтр; А – циркулирующий абсорбент; В–вентиляционный воздух; АД – абсорбент; БД – биогенные добавки; СВ – сжатый воздух, Ш – шлам

Принцип действия установки: после стадии подготовки и контроля газообразные выбросы направляют в газоочистные аппараты. Первая ступень - биоскруббер, совмещенный с биореактором, на данной стадии происходит биохимическая деструкция загрязняющих веществ, в качестве второй ступени улавливания дурнопахнущих веществ предусмотрен фильтр.

Список литературы

1. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.04.2018 г. № 154 "Об утверждении перечня объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 процентов".
2. ИТС 1-2015. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона.
3. Гусакова М.А., Бровко О.С., Константинова С.А., Христофорова Г.И. Научно-методические подходы к организации системы контроля и мониторинга на основе маркерных веществ // Экологический вестник России. – 2016. – №1. – С. 66-71.
4. Технология целлюлозно-бумажного производства. Т. III. Автоматизация, стандартизация, экономика и охрана окружающей среды в ЦБП. Ч. 2.

Охрана окружающей среды и охрана труда в ЦБП / под ред. Осипова П.С., Гаврилиди Е.А.; ВНИИБ. – СПб.: Политехника, 2010. – 487 с.

5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 № 25 "Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны".
6. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22.12.2017 № 165 "Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений" (с изменениями на 31 мая 2018 года).
7. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения 28.09.2018).
8. Игнатенко О.В. Выбросы дурнопахнущих газов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 1. С. 205-207.
9. Официальный сайт Группы «Илим». Режим доступа: <http://www.ilingroup.ru> (дата обращения 29.09.2018).

Проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии в России и в мире

Problems and prospects of using renewable energy sources in Russia and in the world

А.Д. Шмелев, И.В. Бондаренкова

A.D. Shmelev, I.V. Bondarenkova

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург

Проведен анализ основных направлений развития альтернативной энергетики в России и в крупнейших странах. Выявлены проблемы развития данного направления в России, которые не дают раскрыть в полной мере потенциал нашей страны.

The analysis of the main directions of development of alternative power engineering in Russia and the largest countries is carried out. Problems of development of this direction in Russia which don't allow to realize fully the potential of our country are revealed.

Ключевые слова: солнечная энергия, газ, нефть, инвестиции.

Keywords: solar energy, gas, oil, investments.

На сегодня невозполнимые источники энергии составляют большую часть относительно тех, которые имеют неограниченные запасы. Россия занимает лидирующие позиции по обладанию запасов энергетических ископаемых, таких как газ, нефть, уголь и другие. Дело в том, что запасы расходного материала с каждым годом угасают, а новых месторождений становится все меньше. На помощь приходят альтернативные источники энергии, которые являются восполняемыми.

Эксперты и ученые выделяют следующие направления альтернативной энергетики:

- солнечная энергетика,
- энергетика волн и приливов,
- ветроэнергетика,
- космическая энергетика,
- биотопливо,
- водородная энергетика.

Несомненно, перспективы развития не являются краткосрочными. На данном этапе, в мировом масштабе, энергия, которую вырабатывают с помощью возобновляемого сырья, составляет 5 %.

Положительные моменты использования возобновляемых источников энергии связаны с экологической чистотой, низкой стоимостью эксплуатации, а также отсутствием топливного дефицита в традиционной энергетике [1].

Наряду с этим, существует ряд проблем для России на пути развития данного направления:

- наличие дешевых видов традиционного сырья и низкая стоимость его транспортировки, относительно альтернативных источников энергии;
- отсутствие инвестиций со стороны потенциальных инвесторов;
- малое количество российских научных разработок, это ведет к использованию западных, а также закупки сырья;
- малое количество вырабатываемой энергии;

Несмотря на недостатки, имеется ряд преимуществ:

- высокая экологическая безопасность;
- возобновление видов альтернативной энергии;
- низкая стоимость обслуживания энергетических установок;
- низкие трудозатраты на стадии производства;

Большую популярность завоевала солнечная энергия, особенно широко распространенная в районах с высокой солнечной активностью. Получение энергии основано на использовании солнечного излучения, которое полностью возобновляемое и не производит вредных отходов [2]. Это подчеркивает все плюсы данного направления в развитии. К недостаткам относятся: зависимость от погодных условий, а также необходимость обслуживания. Несмотря на это, в большинстве стран ЕС на частных домах установлены солнечные батареи, которые обеспечивают около половины всей потребляемой домохозяйствами энергии.

Еще одним важным источником энергии является ветер. Происходит бурная динамика развития ветроэнергетики. К 2020 году с помощью ветра планируется получать более 1000 ГВт энергии, что составит около 12% от всего электричества в мире. Ветряные электростанции представляют собой совокупность ветрогенераторов. Их функция – преобразование кинетической энергии ветра в электроэнергию. Данный вид энергии обладает сравнительной дешевизной, а недостатком является малая мощность.

Конечно, здесь приведены не все примеры возобновляемых источников энергии. Все они чем-то похожи между собой. Главным фактором стимулирования развития этого направления служит снижение уровня загрязнения окружающей среды.

На основании анализа информации, оказалось, что Россия обладает всеми необходимыми ресурсами в области альтернативной энергетики: энергия ветра, солнца, биомассы и т.д. Эксперты полагают, что в каждом регионе России можно поставить хотя бы одни из источников возобновляемой энергии, что в совокупности даст большой процент замены энергетики от традиционного сырья.

Вопреки всем недостаткам, преградам, которые стоят на пути развития альтернативных источников энергии, преимущества имеют куда большую ценность и должны составлять основную двигательную силу для развития данного направления. Однако эти задачи ложатся на плечи ученых мужей и инвесторов, в том числе государства, так как государство является главным двигателем прогресса в стране.

Список литературы

1. Ратников Б.Е. Управление энергосбережением: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ, 1998. – 105 с.
2. Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 447 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ЧУЙКО (14.01.1937 – 13.05.2018)	3
Переработка корьевых отходов целлюлозно-бумажного производства методом пиролиза	
А.А. Александрович, Е.Н. Громова	4
Агрегативная устойчивость частиц сульфатного мыла в растворах ПАВ	
О.С. Андранович, Л.Р. Трегелева, Е.Ю. Демьянцева.....	9
Влияние низкотемпературной обработки целлюлозы на гидрофильные и сорбционные свойства целлюлозного волокна	
В.С. Антонова, И.И. Осовская.....	13
Создание лабораторной установки по исследованию работы солнечного коллектора	
Д.А. Апетенок, В.Ю. Лакомкин	18
Термическая обработка осадков сточных вод	
Д.А. Астапенко, Е.Н. Громова.....	21
Создание лабораторной установки по исследованию теплообмена при сушке целлюлозы	
А.Ю. Васильев, В.Ю. Лакомкин.....	26
Получение нанокompозита микрокристаллическая целлюлоза - диоксид титана	
С.А. Горбачев, А.М. Булкина, И.И. Осовская, М.А. Листратенко, Н.Н. Химич.....	29
Оценка экологического влияния производства наноцеллюлозы методом NefCel	
Иван Девяткин, Катарина Хохенталь, Яакко Пере	35
Зависимость катионной потребности от содержания анионных полиэлектролитов в макулатурном сырье	
И.М. Жилинский, И.И. Осовская	42
Упрочнение композиционных материалов на основе стеклянных волокон	
В.К. Дубовый, Н.А. Криницин, Г.А. Суслов.....	45
Структурно-морфологические свойства целлюлозы из бамбука	
Х.М. Кхоа, А.А. Масленникова, Е.О. Окулова, Я.В. Казаков.....	48
Влияние степени помола целлюлозы на водопоглощение бумаги	
Д.И. Малютин.....	54

Проблемы переработки макулатуры и способы их решения Д.Ю. Мельничук, З.И. Ворожейкина.....	61
Разработка энергосберегающих систем теплоснабжения на базе применения бытовых теплонасосных установок А.Д. Монашенко	66
Воздействие малых отопительных котельных на окружающую среду и мероприятия по урегулированию выбросов при НМУ А.Д. Мостовой.....	72
Независимая оценка квалификаций в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности С.В. Мышеловский, Е.Б. Зеленьяк.....	77
Применение сбалансированной системы показателей для оценки эффективности закупочной деятельности предприятий целлюлозно-бумажной промышленности РФ А.Г. Николаева, А.Р. Фахретдинова	85
Разработка композиции для повышения жиростойкости целлюлозных материалов К.В. Орлова, Е.Ю. Демьянцева.....	92
Повышение энергоэффективности топливных брикетов из древесных отходов механоактивацией компонентов В.А. Петров, А.В. Александров.....	96
Создание лабораторной установки по исследованию работы гидротурбины А.В. Петряшева, В.Ю. Лакомкин	104
Исследование свойств волокна из древесины, полученного по технологии двухвинтовой экструзии, для применения в производстве бумаги и картона К.Д. Прокопенко, И.Н. Ковернинский.....	107
Повышение инвестиционной привлекательности атмосферно-охраных мероприятий в ЦБП Л.В. Романова, О.А. Шанова	113
Технология дезодорации неконденсируемых выбросов ЦБП В.А. Шадрова, О.А. Шанова.....	119
Проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии в России и в мире А.Д. Шмелев, И.В. Бондаренкова	124

Научное издание

Материалы
Международной научно-технической конференции
молодых ученых, специалистов в области
целлюлозно-бумажной промышленности,
посвященной памяти В. А. Чуйко

(Санкт-Петербург, 12 ноября 2018 года)

Часть II

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2018 г., поз. 81

Подп. к печати 15.10.18. Формат 60x84/16. Бумага тип. №1. Объем 8,07 печ. л.
8,07 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Изд. № 81. Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, СПб.,
ул. Ивана Черных, 4.