

### 3. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

---

УДК 674.817-41

А.А. Леонович

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ

*Введение.* Статистика жертв пожаров [пожарная статистика], в том числе связанных с древесными плитами и пластиками (типа пожара в «Хромой лошади» и домах престарелых), вызывает к созданию и широкому применению древесноплитных материалов пониженной горючести. Некоторые разработки в этом направлении основываются на том, что произвольно выбран какой-то антипирен, с ним изготовлены древесные плиты, и в публикациях приводятся результаты испытания полученного материала.

О степени приближения результата к оптимуму вопроса не поднимается. Промышленной реализации такие разработки, естественно, не находят. Рассмотрим вопросы, которые следует учитывать при создании эффективных, экономически выгодных и экологически безопасных древесных плит. Эти три параметра создаваемых плит должны быть критерияльными при работе над созданием огнезащищенных древесных плит заданной группы пожарной безопасности.

*Цели и задачи.* Целью данной публикации является выявление и анализ основных физико-химических аспектов при исследовании и создании древесных плит пониженной горючести и рациональных подходов к разработке рецептуры и оптимальных параметров изготовления. Соответственные задачи при создании таких плит состоят в следующем:

- в подборе или синтезе эффективного антипирена;
- изучении условий, при которых антипирен включается в механизм образования древесных плит;
- изыскании возможных преимуществ, которые могут возникнуть при использовании антипирена как модификатора;

- разработке принципа обоснования технологических параметров и создании технологической схемы для включения в общую структурную схему изготовления конкретного вида древесных плит;
- изучении основных свойств древесных плит в условиях предполагаемой службы и оценке пожарной безопасности материала сертифицированной организацией;
- технико-экономическом анализе выполненной разработки как основания для организации промышленного производства.

*Ингибирование горения.* Основные приемы снижения горючести достаточно многообразны и используются комплексно [Леонович, 2018]. Они основываются на изменении механизма термопревращений древесного комплекса и плиты в целом, на сужении пределов горения и изменении процессов тепло- и массообмена пламени с поверхности горящего материала благодаря изменению теплофизических характеристик конденсированной фазы; на изменении состава и уменьшении количества и скорости выделения горючих летучих продуктов термораспада субстрата и связующего; подавлении реакций окисления в газовой фазе и развитии коксообразования (карбонизации); увеличении потерь излучением как от пламени, так и с горячей поверхности.

Эти положения можно реализовать введением антипирена в древесный субстрат, а также, но в меньшей степени – в связующие (поскольку их доля в плите на порядок меньше чем субстрата), с тем чтобы обеспечить изменение направления деструкции компонентов, развить реакции структурирования в конденсированной фазе и ингибировать окисление в газовой фазе. Возможно также использование (с меньшим эффектом) наполнителей, изменяющих теплопотери и создающих эндотермические явления в условиях загорания плит [Леонович, Шпаковский, 2018].

*Особенности изготовления древесных плит, содержащих антипирены.* Общей особенностью изготовления огнезащищённых плит являются две технологические стадии, а именно – введение соответствующих снижающих горение веществ в древесный субстрат (древесные частицы или волокна) и последующее горячее прессование древесностружечных (ДСП) или древесноволокнистых плит ДВП (далее – просто «плиты»). Огнезащита готовых плит пропиткой или нанесением покрытий авторами не рассматривается как непредставляющая возможности промышленной крупнотоннажной реализации.

При огнезащите плит в отличие от огнезащиты массивной древесины вступает в силу дополнительное важное положение. Оно заключается в

том, что используемый антипирен должен не мешать своим присутствием в субстрате процессам плитообразования во время горячего прессования плит, а в готовых плитах не должен отрицательно сказываться на их долговечности во время службы в изделиях и конструкциях. Креативные решения предполагают включить антипирен в механизм образования плиты и с положительным эффектом способствовать ему тем самым частично компенсировать затраты на обеспечение их пониженной горючести, но самое главное – создать материал с требуемыми физико-механическими характеристиками по конкретно действующему стандарту. А, может быть, создать и новый материал пониженной горючести для перспективного применения по новым техническим требованиям.

*Подходы к решению проблемы.* Первым этапом в решении многоаспектной проблемы создания огнезащищенных плит является анализ и подбор наиболее приемлемого из условно базовых антипиренов, с которым надлежит искать пути решения проблемы. Возможно, ранее неиспользуемые для плит антипирены окажутся вполне подходящими и могут содержать в своей структуре потенциал для получения конкурентноспособного варианта. Полезной может оказаться специализированная информационно-поисковая система для огнезащищенных полимеров на основе выявленных за 20 лет 3000 изобретений [Блинников и др., 1988]. В ней указано семь классов антипиренов, содержащих по ведущему «рабочему» элементу соответственно фосфор, галогены, бор, металл, азот, серу, кремний. Дано деление этих классов на подклассы и группы с указанием структурной химической формулы конкретного антипирена. Из этих данных можно выбирать антипирен для последующей технологической разработки. Однако применительно к древесному субстрату число подходящих антипиренов ограничено химической природой древесины, технологическими ограничениями в режимах изготовления плит. Первоначальный выбор антипирена устанавливается при огневом испытании каким-либо объективным методом.

Распространенными антипиренами для древесины являются фосфаты и сульфаты аммония (антипирен 13), дополняемые различными соединениями: группировкой ББ (тетраборатом аммония, борной кислоты), группировкой ХМ (хром-медь), соединениями хлора (хлорид аммония, хлорпарафин, хлоркаучук), фторид аммония, силикатные краски и многие другие [Горшин, 1977]. Порядок, в котором перечислены вещества, отражают степень уменьшения эффективности в снижении горючести при равном удельном расходе. Само сочетание и доля в рецептурах композиции силь-

но варьируют. Приводимые оценки основываются на разных методах огневых испытаний.

Следовательно, полагаться при создании древесных плит пониженной горючести только на имеющиеся публикации, патенты, авторские свидетельства при выборе антипирена полностью нельзя. Нужно экспериментально проверить и хорошо бы дополнить их теоретическими исследованиями механизма огнезащиты и более строгими работами на отдельных компонентах древесины.

Более полная суммарная информация по термическим превращениям и химизму огнезащиты имеется по целлюлозе как объекту, допускающему более чистые исследования на химически однородном объекте.

На целлюлозе была обоснована теория механизма огнезащиты, получившая название теория каталитической дегидратации [Little, 1951]. Целлюлозные изделия как более дорогой и востребованный материал (костюмы танкистов, театральные занавесы и многое другое) допускают более сложную и затратную огнезащитную обработку. Целлюлозу огнезащитают преимущественно фосфорсодержащими соединениями на основе кислот трёхвалентного фосфора (фосфористая  $H_3PO_3$ , фосфорноватистая  $H_3PO_2$ , ангидриды и хлорангидриды этих кислот), а также на основе кислот пятивалентного фосфора (фосфорная, ангидриды и хлорангидриды кислоты). Первой пионерской работой можно считать пропитку ОП, состоящую из  $H_3PO_4$  с нейтрализацией  $(NH_2)_2CO$ . Сейчас стремятся получить соответствующие эфиры целлюлозы для гарантированной стабильности свойств.

Этирификация с использованием трёхвалентного фосфора протекает легче с меньшей деструкцией целлюлозы. Обширные работы в этой области выполнены З.А. Роговиным и его научной школой. Однако эти реагенты менее доступны для плит, поэтому для направленного их применения нужно изыскать дополнительный эффект или в технологии их применения или в свойствах готового материала. Прямой перенос решений, полученных на тканях, по сравнению с тканями дешёвый древесный материал экономически не оправдан. Важно результаты и методику использовать для собственных исследований и разработок в качестве парадигмы.

Превращения целлюлозы и лигнина в присутствии антипиренов затрагивают прежде всего гидроксильные группы углеводов [Домбург, 1985]. Эти группы удерживают в карбонизированном остатке фосфор, доля которого почти сохраняется при низких температурах термообработки. То есть на стадии горячего прессования потерей не будет, и уровень огнезащиты сохраняется. При этом эфирсвязанный фосфор возникает при нагревании,

начиная с температуры 180 °С. В исследовании выбранного антипирена важно изучение его способности к «закрепляемости» в плите в технологическом процессе горячего прессования плиты, а для ДВП и последующей термообработке. Это изучение является обязательным. Требование справедливо для условий эксплуатации плит, чтобы исключить снижение огнезащиты при службе, а также связанные с этим изменения прочности и водостойкости.

Вопрос «закрепления» антипирена в компонентах субстрата имеет важное значение при зажигании плиты. Фосфорная кислота, высвободившись из антипирена, катализирует реакции дегидратации и деполимеризации, тогда как борная кислота, если она входит в состав антипирена, тормозит реакции дегидратации, но ускоряет реакции структурообразования.

Из краткого рассмотрения главного аспекта – создание условий для огнезащитного действия, чтобы на этой основе рассматривать по принципу синергизма набор компонентов огнезащитного состава, следует иметь в виду, что ставка на традиционные антипирены, используемые для массивной древесины, в общем случае позволит избежать ошибок, но она не открывает перспектив прорывного решения. А это решение следует искать в возможности включить созданный (рецептурой или синтезом) антипирен в механизм образования плиты. Это второй главный аспект создания огнезащищенных плит.

*Функции антипирена.* В выявлении и реализации функций исследователь нуждается по ряду причин. Во-первых, при оценке огнезащитающей способности подходящих антипиренов, когда надо отдать предпочтение ограниченному числу или даже одному из них. Решение достигается испытанием сравнительного характера. Метод на этом первом этапе должен быть малозатратным, не зависеть от геометрии образцов и допускать различный расход антипирена. Правильнее работать с термически тонкими образцами и снимать поведение образцов в режиме замедления горения, а не использовать методы, фиксирующие только отсутствие самостоятельного горения при некотором расходе антипирена. Например, может подойти модифицированный «метод полукруга» [Леонович, Глазунова, 2021].

Во-вторых, из выбранных базовых антипиренов, удовлетворяющих задаче, следует далее отбирать некоторые (или некоторый) приемлемые по условиям технологии изготовления плит и экономическим ограничениям, используя функцию желательности. После решения поиска наиболее подходящего (или подходящих) антипиренов можно переходить к более круп-

ноформатным образцам для отработки начальных технологических параметров изготовления плит, оценки пожароопасности (а не только горючести) по НПБ 244-97, изучать механизм огнезащитного действия антипирена и его роль в образовании плит.

На этом этапе важно установить возможность антипирена продуктивно включиться в процессы образования плиты. В частности, был синтезирован амидофосфат КМ с избытком свободных аминогрупп и строго заданной температурой активации (Пат., 1993)<sup>1</sup>. В результате слабокислый КМ оказал в начальной стадии прессования пластифицирующее действие; способствовал релаксации напряженной в деформированных при прессовании клеточных стенках; взаимодействуя с гидроксильными группами древесного комплекса, в завершающей стадии прессования образовал сшитые структуры из фрагментов полисахаридов и лигнина с созданием нейтральной среды для долговечности плит. С повышением температуры до возникновения пожароопасных условий или локального воздействия открытого огня огнезащитный комплекс должен активироваться с резким повышением кислотности, что обеспечивает огнезащиту согласно теории каталитической дегидратации. Такую функцию должен выполнять любой эффективный антипирен для плит, а именно активироваться при температуре  $T_a$ , превышающей температуру прессования  $T_{пр}$ , но ниже начала разложения древесного комплекса в условиях зажигания  $T_T$ . Условия согласованности температур следующие:

$$T_{пр} < T_a < T_T. \quad (1)$$

Вариабельность среды, пластификация древесного комплекса, реакционная способность, досрочное смещение температурного интервала активации ниже начала  $T_T$  для изменения механизма термораспада – вот требования, которым должен соответствовать антипирен. Для плит со связующим следует увязать кислотность среды с условиями отверждения [Леонович, 1978].

Изменение механизма направлено на уменьшение выхода летучих продуктов, разбавление их парами реакционной воды и не поддерживающих горение соединений, образовавшихся из превращений антипирена ( $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ), а также на развитие сетчатых структур с высокой долей уг-

---

<sup>1</sup> Пат. 517491. Российская Федерация, МКИ 6 В27 К3/52. Антипирен и способ его приготовления / А.А. Леонович, № 2108036/15; заяв. 21.02.75; опубл. 05.03.93; бюл. № 22.

лерода (коксообразование). Состав и количество летучих продуктов устанавливаются методом пиролитического газохроматографического анализа, температурный интервал активации как антипирена, так и древесного субстрата регистрируется при термическом анализе по кривым термогравиметрии на производной и кривым дифференциального термического анализа. Методы элементного анализа помогут понять степень сохранения или потери «рабочих» элементов антипирена – фосфора, азота, галогенов и др. – в препаратах на стадии изготовления плит и при огневых испытаниях.

Создание антипирена (двух- или многокомпонентного состава или определенного продукта) в зависимости от вида плит и условий их горячего прессования является стратегической задачей создания конкретной качественной древесноплитной продукции заданного вида. Учет всех аспектов не ограничивается только созданием реакционноспособного антипирена в виде готового продукта или компонентного состава. Это стержневой вопрос, от которого зависит возможность создания плит, но имеются и многие другие обстоятельства, определяющие вероятность появления создаваемых плит на рынке.

Степень огнезащитности плит конкретным выбранным антипиреном для снижения горючести субстрата носит сложный характер: при малых расходах по недостаточности огнезащитности не проявляется, при больших расходах приближается к насыщению, когда возрастание огнезащитной функции затухает. По сравнению с антисептированием расход антипирена является высоким и предельным. Высоким, потому что составляет 15...25% (и более), а предельным – потому что выше этого предела дальнейшего снижения горючести с данным антипиреном не происходит. Если образец по классификации чуть-чуть не дотягивает до группы горючести Г1 (слабогорючие по ГОСТ 30244), а насыщение достигнуто или нецелесообразно, то следует прибегнуть к снижению горючести связующего с использованием уже другого антипирена. В частности, для карбамидоформальдегидных смол вместо стандартного отвердителя можно подобрать антипирен-кислотообразователь для совмещения функций как антипирена, так и отвердителя.

На связующее следует обратить внимание, в том числе в связи с поиском оптимального для синергизма соотношения Р/Н. Разумеется, вклад атома азота в аминогруппе органических соединений (меламин, карбамид, дициандиамид) и вклад атома азота в отвержденной КФС в снижение горючести окажется различен, что также следует количественно учитывать.

Эффективность фосфорсодержащих антипиренов весьма существенно зависит от химической природы азотсодержащих компонентов [Леонович, Шелоумов, 2003].

В целом раскрытие механизма огнезащитного и функционального действия антипирена, обоснование расхода в общей рецептуре композиции плиты следует изучать в связи с основными физико-механическими параметрами создаваемых плит. Высокая доля антипирена в древесных субстратах уменьшает реальную поверхность прямого контакта структурных элементов между собой или посредством связующего. Это должно сказаться на межчастичном или межволоконном взаимодействии. Изобретательский принцип «обратить вред в пользу» должен быть воплощен при разработке огнезащищенных плит на основе механизма плитообразования.

Следует обратить внимание на водостойкость плит. Как правило, используемые антипирены водорастворимы, что отрицательно скажется на гидрофобности плит, если не принять соответствующих мер. С другой стороны, реакционная способность антипирена может создавать сетчатые структуры и обеспечивать стабильность плиты, противостоять набуханию.

*Развитие результата.* После получения положительного результата не следует считать исследования законченными. Нельзя ли развить достигнутый результат? Например, термомеханическими исследованиями установлено достоверное снижение температурного перехода релаксационных свойств в низкотемпературную область с развитием деформации сжатия в присутствии разработанного антипирена. Следовательно, нужно попытаться перевести этот пластифицирующий эффект в практическую плоскость.

Принципиально возможно два направления. Во-первых, снизить энергетические затраты на размол, если предварительно ввести антипирен в щепу. Предположение вытекает из релаксационной теории размола и влияния соответствующих добавок на изменение времени релаксации древесного субстрата. Потребные для этого свойства добавки в общем виде известны. Привести параметры антипирена в соответствие с ними при знании химизма синтеза вполне возможно. Во-вторых, можно снизить градус помола вырабатываемой волокнистой массы, если более грубое волокно благодаря пластификации антипиреном сохранит способность к созданию достаточного межволоконного контакта без ужесточения параметров прессования и без потери качества.

Наши результаты получены на плитах с антипиренов ФМД (фосфорная кислота, мочеви́на (карбамид), дициандиа́мид). При удельном давлении прессования 2 МПа и температуре 180 °С при последующей термообработке



получаются твердые ДВП, тогда как из контрольного волокна в этих условиях образуется брикет. Понятно, что базовые ДВП при таких мягких параметрах получены быть не могут, тогда как в варианте модифицированного антипиреном волокна открывается возможность упростить режим эксплуатации оборудования и организовать производство плит на менее мощных прессах. Здесь заложен потенциал реставрации устаревающих производственных линий с одновременным выпуском актуальной продукции.

С позиции стратегии важно подчеркнуть, что в самом механизме действия антипиренов заложена скрытая возможность не только достижения целевого качества плит – снижения горючести, но и условия для энергосберегающих процессов. Следует находить и применять другие принципы улучшения качества, всегда помнить, что только сильное решение получит обоснованное право на реализацию.

С другой стороны, упрощенное техническое предложение легче приспособить с меньшими затратами к действующему производственному процессу. В качестве паллиатива можно выбрать из полученной креативной разработки что-нибудь частичное, более упрощенное, более доступное к реализации, чтобы у производителя появился вкус к изготовлению огнезащищенных плит, чтобы нашелся спонсор и выразившийся в соответствующих документах социальный заказ. Но всегда надо, чтобы «в ранце солдата лежал маршальский жезл». Всегда было более сильное решение, чем то, на что согласен изготовитель при стремлении минимизировать затраты при внедрении нового. Или что пригодно только в одном конкретном варианте без диверсификации на смежные технические решения.

Различие проиллюстрируем двумя изобретениями по теме данной статьи<sup>2,3</sup>. Первое изобретение представляет собой принципиально новый способ синтеза антипирена КМ. Ранее использованный способ получения антипирена нейтрализацией компонентов заменен реакцией конденсации с никелевым катализатором с получением продукта, обеспечивающего условие согласованности температур (1). Антипирен КМ пригоден для огнезащиты древесных и целлюлозных материалов, изготавливаемых методом го-

---

<sup>2</sup> Пат. 517491. Российская Федерация, МКИ 6 В27 К3/52. Антипирен и способ его приготовления / А.А. Леонович, № 2108036/15; заяв. 21.02.75; опубли. 05.03.93; бюл. № 22.

<sup>3</sup> Пат. 2452616. Российская Федерация, МКИ В27 №3/02, С08 L97/02. Состав для изготовления огнезащищенных древесностружечных плит / А.А. Леонович, В.В. Васильев, В.Г. Шпаковский. - № 2011104607/13; заявл. 10.02.2011; опубли. 10.06.2012; бюл. № 16.

рячего прессования. На его основе получены с отличительными признаками несколько других патентов и выполнено несколько разработок.

Второе изобретение является примером варианта с узкой областью конкретного применения только для ДСП. Условия реализации позволили внедриться в технологию на реально действующем предприятии в г. Балабаново Калужской обл. с производством плит по техническим условиям (ТУ, 2010)<sup>4</sup>. Это новый класс материала умеренно горючий Г2 с потерей массы при испытании в шахтной печи 18,5% и продолжительностью самостоятельного горения 19 с. Плиты произведены с расходом антипирена КМ 15 мас. %. Промышленная технология и свойства плит подробно описаны в книге [Леонович, Шпаковский, 2018]. При увеличении расхода антипирена КМ до 25% достигается дальнейшее повышение пожаробезопасности, плиты становятся слабогорючие Г1, малой дымообразующей способности Д1, умеренно опасные в отношении токсичности продуктов горения Т2.

*Заключение.* Рассмотренный концептуальный подход к созданию древесных плит пониженной горючести открывает возможность выполнить социальный заказ на повышение пожаробезопасности древесноплитных материалов строительного назначения. Он может быть распространен на изготовление тары и упаковки, мебели и других изделий специального назначения.

При подготовке рукописи к публикации полезно провести саморецензирование выполняемой работы. Признаками любого научного исследования являются его новизна, оригинальность, вероятностный характер, доказательность научной информации. Если кратко проиллюстрировать примерами из данной статьи, то новизна подтверждается как полученными результатами (плиты обладают новыми свойствами), так и способом их получения (соответствующие патенты). Оригинальным является подход, когда вместо повышения термостойкости материала действию огня принято снижение температуры начала термопревращений субстрата с вариабельностью кислотности среды (примерно слабокислая рН 4,5, нейтральная рН 7, кислая рН 2). Доказательность научного посыла – каталитической дегидратации получена методами термического и хроматографического анализов, установлением структурной перестройки, а технологичность способа подтверждена производственной выработкой и проверкой свойств на соответствие действующим нормативам.

---

<sup>4</sup> ТУ 5534-039-00401294-10. Плиты древесностружечные огнестойкие «Hardflame». Технические условия. – Введ. 05.02.2010. – 8 с.

### **Библиографический список**

*Блинников В.И., Александров Л.В., Комарова В.В.* Создание специализированной информативно-поисковой системы по огнезащищенным полимерным материалам // VI Всесоюзная конференция по горению полимеров и созданию ограниченно горючих материалов. М.: Наука, 1988. С. 8–9.

*Горшин С.Н.* Консервирование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 336 с.

*Домбург Г.Э.* Направленность термических реакций целлюлозы в условиях антипирирования // Теоретические и практические аспекты огнезащиты древесных материалов. Рига: Зинатне, 1985. С. 34–66.

*Леонович А.А.* Теория и практика изготовления огнезащищенных древесных плит. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. 176 с.

*Леонович А.А.* Ингибирование горения в низовых лесных пожарах // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. 2018. Вып. 2. С. 131–137.

*Леонович А.А., Глазунова М.Г.* О параметрах оценки веществ для снижения горючести древесных плит // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 234. С. 198–207.

*Леонович А.А., Шелумов А.В.* Огнезащитная эффективность фосфорсодержащих антипиренов в зависимости от химической природы азотсодержащего компонента // Хим. пром-сть. 2003. № 2. С. 8–12.

*Леонович А.А., Шпаковский В.Г.* Древесностружечные плиты. Огнезащита и технология. СПб.: Лань. 2018. 160 с.

*Little R.W.* Fundamentals of flame retardancy // Text. Res. J. 1951. Vol. 21, no. 2. P. 901–908.

### **References**

*Blinnikov V.I., Alexandrov L.V., Komarova V.V.* Creation of a specialized information retrieval system for fire-resistant polymer materials. *VI All-Union Conference on the Combustion of Polymers and the Creation of Limited Flammable Materials*. M.: Nauka, 1988, pp. 8–9. (In Russ.)

*Gorshin S.N.* Wood preservation. M.: Lesn. prom-st, 1977. 336 p. (In Russ.)

*Domburg G.E.* Direction of thermal reactions of cellulose in conditions of fireproofing. *Theoretical and practical aspects of fire protection of wood materials*. Riga: Zinatne, 1985, pp. 34–66. (In Russ.)

*Leonovich A.A.* Theory and practice of manufacturing fire-resistant wood-based panels. L.: Publishing house Leningrad. University, 1978. 176 p. (In Russ.)

*Leonovich A.A.* Inhibition of combustion in grassland forest fires. *Physicochemical aspects of limiting states and structural transformations in continuous media, materials and technical systems*, 2018, is. 2, pp. 131–137. (In Russ.)

Leonovich A.A., Glazunova M.G. On the parameters of the assessment of substances to reduce the combustibility of wood boards. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2021, is. 234, pp. 198–207. (In Russ.)

Leonovich A.A., Sheloumov A.V. Fire retardant efficiency of phosphorus-containing fire retardants depending on the chemical nature of the nitrogen-containing component. *Chem. prom-st*, 2003, no. 2, pp. 8–12. (In Russ.)

Leonovich A.A., Shpakovsky V.G. Chipboards. Fire protection and technology. SPb.: Lan. 2018. 160 p. (In Russ.)

Little R.W. Fundamentals of flame retardancy. *Text. Res. J.*, 1951, vol. 21, no. 2, pp. 901–908.

Материал поступил в редакцию 23.03.2021

**Леонович А.А.**, Физико-химические аспекты создания древесных плит пониженной горючести // // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 235. С. 208–220. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.208-220

С использованием концепций ингибирования горения древесного комплекса и образования древесных плит при горячем прессовании излагается авторское представление об основных аспектах создания плит пониженной горючести. Приводятся подходы к решению проблемы, раскрываются функции эффективных антипиренов, в том числе в их закрепляемости в древесных компонентах, температурном интервале активации, вариабельности кислотности среды. Анализируются параметры результатов испытания для оценки эффективности фосфорсодержащих антипиренов для древесных композиционных материалов (древесностружечных, древесноволокнистых и других). Предлагается развитие результата в направлении «сильного» решения и саморецензирование научного исследования.

Ключевые слова: древесная плита, антипирен, огнезащита, прочность, набухание, связующее

**Leonovich A.A.** Physicochemical aspects of creating wood-based panels of low combustibility. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2021, is. 235, pp. 208–220 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.208-220

Using the concepts of inhibition of the combustion of a wood complex and the formation of wood-based panels during hot pressing, the author's idea of the main aspects of creating plates of reduced combustibility is presented. Approaches to solving the problem are given, the functions of effective fire retardants are revealed, including their fixation in wood components, the temperature range of activation, and the variability of the acidity of the medium. The parameters of the test results are

analyzed to assess the effectiveness of phosphorus-containing fire retardants for wood composite materials (wood particle board, fiberboard and other). The development of the result in the direction of a "strong" solution and self-review of scientific research is proposed.

**К е y w o r d s :** wood board, fire retardant, flammability, strength, swelling binder

---

**ЛЕОНОВИЧ Адольф Ануфриевич** – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук. SPIN-код: 1378-5709.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: wood-plast@mail.ru

**LEONOVICH Adolf A.** – DSc (Technical), Professor, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 1378-5709.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: wood-plast@mail.ru