

УДК 676.017

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-104-116

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ПИЩЕВОЙ УПАКОВКИ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.М. Тарасов, А.Н. Иванкин, И.В. Грачева, П.К. Леонтьев

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
smtarasoff@mail.ru

Проведен подробный анализ переработки вторичного волокнистого сырья в России и за рубежом. Рассмотрены вопросы утилизации отходов этого производства. Производство влагопрочной пищевой упаковки, главным образом коробочного картона, — один из самых действенных методов борьбы с накоплением отходов на бумажных фабриках. В композиции коробочного картона можно широко использовать волокнисто-минеральные отходы переработки макулатуры. Необходимо возродить производство картоноделательных машин, повсеместно и необоснованно замененных унифицированными машинами двухсеточного формования. Грамотное сочетание механических методов обработки растительных волокон с современными достижениями химической технологии бумажного производства позволит выпускать высококачественный, дешевый и экологически безопасный коробочный картон для пищевой упаковки. Рассмотрены оригинальные химические технологии, которые дают возможность пойти разными путями при производстве коробочного картона в зависимости от его конкретного назначения. Новая ресурсосберегающая технология позволит производить пищевую упаковку с полным импортозамещением, благодаря чему российские бумажные фабрики не будут зависеть от продукции международных химических концернов. Данная технология будет полезна и европейским странам, где накопление и утилизация отходов бумажных фабрик является существенной проблемой. Показаны перспективы развития предлагаемых технологий в будущем.

Ключевые слова: пищевая бумажно-картонная упаковка, экологически безопасный картон

Ссылка для цитирования: Тарасов С.М., Иванкин А.Н., Грачева И.В., Леонтьев П.К. Концепция создания высококачественной пищевой упаковки из вторичных целлюлозных материалов // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 2. С. 104–116. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-104-116

По современным оценкам (2017), основная часть упаковки из бумажно-картонных материалов изготавливается из вторичного волокнистого сырья [1–3].

Цель работы

Цель работы — провести подробный анализ состояния вопроса переработки вторичного волокнистого сырья в России и за рубежом.

Материалы и методы исследования

Согласно отчетам гиганта McDonald's, одного из мировых лидеров по потреблению пищевой бумажно-картонной упаковки, вся используемая им тара на 100 % состоит из вторичного сырья, включая даже крафт-мешки для переноса еды, в том числе горячей еды, перемещаемой на большие расстояния [4, 5]. Анализ бумаги показывает, что она изготовлена из хвойной сульфатной небеленой целлюлозы и полуцеллюлозы типа «крафт» производства предположительно Архангельского и Котласского ЦБК. Однако большинство видов такой бумаги выпускается не на российских предприятиях, о чем свидетельствует характер формования и распределения волокон в бумажном листе, поскольку выполнен достаточно аккуратный и грамотный размол с высокой степенью фибрилляции волокон, с максимальным сохранением их длины и бумагообразующих свойств. По данным

компании McDonald's, такая бумага изготовлена из сырья, прошедшего три-четыре цикла переработки. Однако наличие определенного количества длиноволокнистой и хорошо фибриллированной фракции говорит о добавке к этому сырью 25...30 % вторичного сырья, «не бывшего в употреблении», что является вполне достаточным для получения хорошей бумаги типа «крафт» при соблюдении остальных условий технологии [6].

Как показал наш анализ, мера эта вынужденная, поскольку вторичное волокнистое сырье, проходящее в странах Европы многократные (до 14 и более) циклы переработки, представляет собой материал, состоящий из коротких и «слабых» волокон, имеющих малую способность к размолу и очень низкие бумагообразующие свойства [3, 6]. Для стран Европы накопление такого сырья в общем цикле переработки макулатуры — явление вполне естественное при очень высокой степени возврата макулатуры (от 70 до 90 %) для разных стран.

В России же, где реальная степень возврата макулатуры не превышает 15 %, качество вторичного волокна, приходящего на бумажные фабрики, достаточно высокое. А низкое качество продукции обусловлено не качеством сырья, а серьезными нарушениями технологии, связанными с отсутствием на бумажных фабриках необходимого перерабатывающего оборудования или неверно заданными параметрами его работы.

Так, на Караваевской бумажной фабрике прирост степени помола после прохождения массы через дисковую мельницу составляет всего 1 °ШП, т. е. мельница фактически «гоняет воду», потребляя при этом значительное количество электроэнергии. Кроме того, некорректно используются импортные реагенты для производства бумажной массы. Технологии фабрик часто даже не знают, что находится в поставляемых на фабрики контейнерах, и технологию применения реагентов устанавливают представители химических концернов, продающих на фабрики свою продукцию, таких как Hercules, BASF, Kemira Novo, их дочерние предприятия и др.

Таким образом, в российской бумажной промышленности сложилась противоестественная ситуация с производством бумаги для упаковки. С одной стороны, налицо явная тенденция к экономии, в основном на капитальных вложениях, очистке выбросов и цеховой себестоимости продукции. С другой — огромные и ничем не оправданные потери, связанные с нарушениями технологического режима, особенно при использовании химической технологии.

По данным опытно-промышленных испытаний, проведенных на Полотняно-заводской бумажной фабрике (в том числе с участием авторов), бумагообразующий потенциал российской «коричневой» макулатуры (смесь марок МС-6 и МС-7) очень высок [7]. После установки и наладки новой размольной линии на упомянутой фабрике разрывная длина производимой бумаги достигала 11 000 м, что приближает ее по свойствам к крафт-бумаге из свежей целлюлозы или полуцеллюлозы. В то же время на некоторых других фабриках, где имеются существенные нарушения режима размола, данный показатель находится в районе 4500...5000 м. Это еще раз подтверждает высокое качество российского вторичного волокна, а также известную среди бумажников поговорку «Бумага создается в роллах» [8].

В настоящее время (2017) признано, что основным направлением переработки вторичного волокнистого сырья должно быть производство упаковочных видов бумаги и картона [3]. За редким исключением в России так и есть. Например, вышеупомянутая Полотняно-заводская бумажная фабрика была перепрофилирована на бумагу для ученических тетрадей и имеет долгосрочный контракт с сетью гипермаркетов Auchan, выпускающая бумагу под их маркой. Однако, несмотря на усилия руководства фабрики и использование высококачественного сырья (макулатура высших марок МС-1 и МС-2), высокое качество бумаги так и не было достигнуто, поскольку на фабрике, как и везде в России, не освоена технология так называемого деинкинга (англ. *deinking* — удале-

ние печатной краски). Макулатура МС-2 всегда содержит печатную краску, а МС-1 (не бывшая в употреблении макулатура из белой целлюлозы) — сравнительно редкий вид сырья и стоит дорого. Многочисленные сортировки распускающего и размалывающего оборудования не могут решить проблему загрязненности массы печатной краской. Поэтому после прохождения через всю эту довольно громоздкую линию частицы краски измельчаются до дисперсного состояния и осаждаются на волокне. В результате получается бумага характерного серого цвета. Флотаторы для деинкинга не столь дороги, но довольно трудно реализовать данную технологию, требующую строгого соблюдения технологических параметров и качественных реагентов, в условиях российского производства.

Европейская бумажная промышленность, почти на 100 % ориентированная на переработку вторичного волокнистого сырья, наряду с упаковочной производит и печатную бумагу [9–11]. Однако из-за общего низкого качества европейского вторичного волокна, прошедшего многократные циклы переработки, качество этой печатной бумаги-основы не слишком высокое.

Анализ показывает, что такая европейская бумага практически на 100 % состоит из короткого волокна, достаточно хорошо и аккуратно размолотого, с хорошими характеристиками просвета бумажного листа. Однако механические характеристики у нее очень низкие, цвет серый или светло-серый, и из такой бумаги невозможно выполнить качественную печатную продукцию с высокими эстетическими свойствами — она даже не проходит через современные печатные машины, из-за склонности к обрывам и разрушению поверхности при малейшем механическом воздействии. Способ преодоления данного недостатка, выбранный европейскими производителями, на первый взгляд, вполне логичен. Надо достаточно тонкую и непрочную серую основу «загнать» между двумя мелованными слоями, состоящими из минерального пигмента и связующего, после чего не только возрастают эстетические свойства бумаги, но и снижается ее обрывность, повышается прочность поверхности. Бумага становится пригодной к высокохудожественной многокрасочной печати, в основном глубоким способом. На такой бумаге печатают все гляцевые журналы. Современные меловальные установки, например установка «Бриллиантового мелования» германской фирмы VOITH, позволяет достичь не только очень высокой скорости нанесения покрытия (до 3000 м/мин), но и гладкости, просто нереальной для аналогичных российских сортов: до 100 000 с против 700...1000 с у российских сортов.

Однако значительное увеличение выпуска мелованной бумаги в Европе привело к тому, что эта бумага стала возвращаться на бумажные фабрики в виде практически негодного волокнистого материала, превращающегося при переработке в целлюлозную пыль, и огромного количества мела в смеси с липкими веществами (в современной переводной русскоязычной литературе можно встретить термин «липучки») — в основном отработанными и потерявшими свои свойства латексами и другими полимерами. Наличие этих сортов представляет для европейских бумажных фабрик серьезные трудности, многолетняя борьба с которыми пока остается безуспешной [3].

В России эта проблема также существует, пусть и не в таких масштабах, как в Европе. Собственного производства мелованной бумаги в России почти нет, однако гляцевые журналы продаются не менее активно, чем за рубежом, и часть их все равно возвращается на бумажные фабрики в виде макулатуры. Для печатных видов бумаги российского производства такое сырье, разумеется, не годится, и поэтому, попав на фабрику, оно целиком используется для производства тароупаковочных видов.

В качестве одного из решений проблемы накопления отходов от переработки печатной макулатуры (целлюлозная пыль, мел, липкие загрязнения и др.) можно использовать те сорта макулатуры, которые больше всего дают подобные отходы, для производства тароупаковочных видов бумаги. У тароупаковочных видов масса 1 м² листа в среднем значительно больше, чем у печатных, поэтому логично было бы попытаться в такую толщу бумажного или картонного листа «загнать» как можно больше отходов. В этом случае их отрицательное влияние на свойства конечной продукции окажется меньше, чем при производстве печатной бумаги. На первый взгляд кажется, что это тоже не выход, поскольку, по статистике, 70...80 % такой бумаги все равно вернется на фабрики в виде макулатуры вместе со всеми «загнанными» в нее отходами. Однако приводимые в большинстве источников статистические данные носят, как правило, усредненный характер. Если более детально углубиться в вопрос, то выяснится, что в Европе в производство возвращается более 90 % упаковки бытовых и промышленных товаров и всего 30...40 % упаковки пищевых продуктов. И все это — несмотря на давно практикующийся в Европе «раздельный сбор» бытовых отходов.

Почему же в этом случае желаемое так расходится с действительностью? Дело в том, что свыше половины пищевой упаковки производится из влагопрочных видов бумаги и картона, у которых при намокании прочность сохраняется

более чем на 50 %. Роспуск такой макулатуры на стандартном оборудовании бумажных фабрик весьма сложен и, по данным некоторых исследователей, не всегда возможен, а если и возможен, то нерентабелен. Кроме того, значительную долю пищевой бумажной упаковки составляют композиционные материалы, часто многослойные, различные ламинаты, где бумага может комбинироваться с алюминиевой фольгой, полиэтиленом и др. Такая упаковка считается не подлежащей переработке на бумажных фабриках. Также на рынке много жиростойкой бумажной упаковки, которая представлена пергаментом разных сортов, главным образом китайского производства, и также не распускается на стандартных гидроразбивателях [6].

Как отмечает автор классической монографии [8], посвященной переработке вторичного волокна, пищевая упаковка почти всегда загрязнена остатками пищевых продуктов, которые подвержены быстрой биологической порче, что доказывает и опыт переработки такого сырья на российских фабриках. Хуже всего, что это порча продолжается и тогда, когда вторичное волокно попадает в технологический поток бумажной фабрики, являющийся благоприятной средой для размножения грибов, бактерий и прочих микроорганизмов, в том числе болезнетворных. На зарубежных фабриках эта проблема кардинально решена путем термодиспергирования массы на стадии дороспуска при температуре 130...145 °С. В этих условиях все живое, находящееся в бумажной массе, погибает. На большинстве же российских фабрик этой процедуры нет, поэтому их технологические потоки загрязнены и заражены. Это загрязнение не только негативно отражается на себестоимости и качестве продукции (поскольку некоторые дорогостоящие реагенты, например, катионные крахмалы, в таких условиях портятся за считанные минуты), но и представляют потенциальную опасность для персонала, особенно летом.

Следует отметить, что термин «макулатура» не встречается в современной англоязычной литературе. Вместо него употребляют термины *recycling paper* и *recycling fiber* — «рециркулирующие», т. е. перерабатываемые бумага и волокно соответственно. В России же в последнее время стал популярным термин «вторичное волокно», а название «макулатура» у бумажников уже считается немного вульгарным [8, 10, 12].

Совершенно ясно, что такое отношение к термину «макулатура» пришло в Россию из стран Запада. Заметим, что наряду с высокочастотными терминами *recycling paper* и *recycling fiber* иногда употребляется выражение *waste paper*, причем в негативном смысле. Европейские технологи и ученые не любят работать с этой «грязной бумагой» и, главное, не видят перспек-

тив в ее использовании в качестве сырья, отмечая, что значительная ее часть не годится к переработке вообще, а та часть, которая все-таки перерабатывается, повсеместно вызывает производственные проблемы и биологического, и технологического характера [13, 14].

Собственно, *waste paper* («грязная бумага») и есть макулатура (нем. *Makulatur*, от лат. *maculo* — пачкаю) в современном европейском понимании этого слова. Поскольку работы европейских специалистов, содержащие данный термин, публикуются в основном в издательствах, контролируемых TAPPI Press (ассоциация, центр которой в США), очевидно, что этот термин и был заимствован у американцев. И изначально его упортебляли применительно к пищевой упаковке, из отходов деятельности таких сетей общественного питания, как McDonald's, Yum! Brands (дочерние компании — KFC, Pizza Hut, Taco Bell), Burger King, Subway и др.

Резюмируя вышеизложенные сведения, можно утверждать, что:

– несмотря на хорошо налаженную в странах Запада систему возврата пищевой упаковки, степень утилизации ее достаточно низка и не превышает 40 %, что обусловлено технологическими трудностями переработки, особенно на стадии роспуска, так как упаковка влагопрочная и часто жиростойкая;

– потенциально высока биологическая опасность упаковки, загрязненной пищевыми отходами. Эту проблему можно решить при переработке, используя технологию горячего роспуска, а затем термодиспергирования. Однако в процессе складского хранения такой макулатуры процессы гниения остатков пищи продолжают, равно как и размножение микрофлоры, в том числе болезнетворной. Это и обуславливает негативное отношение европейских производителей к такой макулатуре, особенно в связи с тем, что площади складов сырья у европейских бумажных фабрик ограничены, склады имеют большую высоту, поэтому процессы гниения и брожения активно продолжают в самой толще хранимой макулатуры.

Учитывая эти факторы, авторы готовы предложить ряд технологических рекомендаций, которые могут быть полезны как европейским, так и российским производителям пищевой упаковки.

Выше говорилось о постепенном превращении волокна в волокнистую пыль в результате многократных циклов переработки, что характерно для европейских бумажных фабрик. Использование таких отходов в совокупности с минеральными примесями, также образующимися при переработке макулатуры, для изготовления бумаги и картона с высокой степенью возврата нецелесообразно, так как эти отходы, если даже и удержатся в листе без существенных ухудшений его свойств, все равно

вернутся в производство, причем в еще большем количестве. С учетом того, что степень возврата пищевой упаковки сравнительно невысока, целесообразно добавлять такие отходы в композицию (до 30 %), особенно при производстве бумаги и картона сравнительно большой плотности (свыше 130 г/м²). При надлежащем использовании такой минерально-волоконный наполнитель хорошо удерживается в толще листа и практически не оказывает отрицательного влияния на его свойства. Более того, некоторые исследователи отмечали возможное повышение показателей, важных для таких видов картона: сопротивления продавливанию и жесткости. Проведенные авторами испытания подтверждают это [15, 16].

В производстве крафт-мешков для переноски еды подобную технологию применять пока рано, поскольку не все ее аспекты разработаны, зато в производстве пищевого картона и бумаги для гофрирования, например, для упаковки мороженого, мясных изделий и других продуктов ее уже можно использовать [15, 17].

К сожалению, мировое производство коробочного картона в настоящее время неуклонно падает. Связано это с унификацией бумагоделательного оборудования, от которого требуется работа на максимальных скоростях. Картоноделательные машины (КДМ) (само понятие уже начинает выходить из употребления) старого образца — круглосеточные — работают с очень низкой скоростью (около 100 м/мин). Более современные многосеточные КДМ типа «Инверформ» также по современным меркам имеют не очень высокую скорость, обычно в пределах 800 м/мин, и при этом отличаются сложностью конструкции и громоздкостью. Унифицированные же машины для производства картона-лайнера (например, «Дуоформер» фирмы «Фойт») очень быстрые, скорость свыше 1500 м/мин, полностью автоматизированы и сконструированы по модульному принципу, т. е. заменять или модернизировать отдельные узлы в них достаточно удобно. Поэтому КДМ повсеместно вытесняются сверхскоростными двухсеточными машинами, а коробочного картона, который может быть изготовлен только на КДМ, производится в мире все меньше и меньше [15].

В то же время коробочный картон — это материал, который на КДМ изготавливается многослойным до восьми слоев. Его часто путают с тарным картоном, а в зарубежной литературе такое понятие вообще исчезло. Принцип его изготовления состоит в том, что формирующие устройства КДМ кладут несколько относительно тонких слоев массы последовательно один на другой, потом сформованный лист картона проходит через классические стадии прессования и сушки.

При этом в качестве верхних слоев можно положить относительно благородные волокнистые полуфабрикаты — беленую целлюлозу, если требуется последующая печать, или крафт-целлюлозу как несущий каркас материала. Внутри же такого картона можно вводить все, что угодно: макулатурную массу, даже отходы ее переработки — осадок, состоящий из волокнистой пыли и минерального пигмента примерно в соотношении 50:50. Появление в структуре картона такого «балласта» из отходов не влияет на его прочностные показатели, поскольку многослойный коробочный картон значительно прочнее, чем аналогичный картон такой же массы, но изготовленный формованием в один слой. Более того, эти отходы могут повысить такое важное свойство коробочного картона, как жесткость. Кроме того, чтобы утилизировать упомянутые отходы, целесообразно делать коробочный картон для безвозвратной упаковки (это упаковка некоторых пищевых продуктов, например, замороженного или охлажденного мяса). В таком случае мы получим достаточно надежную и недорогую упаковку, которая гарантированно не вернется обратно в производство, и решим проблему накопления на фабриках отходов переработки макулатуры. А отработанную упаковку можно использовать в качестве топлива, предварительно изготовив из нее брикеты; соответствующие технологии имеются, но промышленники упорно не хотят их внедрять. Более того, в Европе было проведено целенаправленное уничтожение КДМ как якобы устаревших и замена их на двухсеточные машины, вызывающие накопление огромного количества отходов, с которыми фабрики не могут справиться.

В России, наоборот, КДМ еще кое-где остались и на них делают коробочный картон по ТУ, главным образом из макулатуры, причем в рекламе предприятий указано, что он выпускается еще по советским ГОСТам, давно утратившим силу. И это при том, что не существовало ни одного советского ГОСТа на бумажную продукцию из макулатуры, а в указываемых в рекламе ГОСТах приводятся данные похожей продукции из первичного волокна. Сложилась нелепая ситуация: в европейских странах, где степень возврата макулатуры доходит до 70 % (с учетом всех марок выпускаемой бумаги), КДМ были бы очень нужны для переработки отходов бумажных фабрик, но их ликвидировали. В России же, где степень возврата макулатуры около 12 % и особой надобности в КДМ нет, они продолжают работать.

Таким образом, не очень быстрые, но неприхотливые в обслуживании и надежные, КДМ старого образца могли бы выступить в роли своеобразных «чистильщиков» европейских циклов вторичного волокна от всяких отходов и неконди-

ции, выпуская дешевый, прочный и качественный влагопрочный коробочный картон для пищевой упаковки, которая потом почти на 100 % перерабатывалась бы в топливные брикеты. Высокая рентабельность подобного производства многократно покрывает ее предполагаемое снижение из-за низкой скорости машин. Следовательно, выход из сложившейся в Европе ситуации с общим падением качества вторичного волокна и накоплением отходов его переработки, на наш взгляд, вполне очевиден. Однако это невыгодно международным банковским организациям, которым необходимо держать европейскую бумажную промышленность в полной зависимости от их кредитной политики. В результате европейское производство картона и пищевой упаковки фактически буксует, зато рынок наводнил китайский тарный картон очень низкого качества, производство которого в настоящее время превысило 2 млн т в год.

В 2001–2004 гг. авторы занимались опытно-промышленным производством коробочного картона для пищевой упаковки в рамках Российского мегапроекта по созданию отечественной технологии переработки вторичного волокнистого сырья, а также в рамках собственных исследований в этой области. Работа выполнялась совместно с такими предприятиями, как ОАО «ЦНИИБ», ОАО «Каравасово», Полотняно-заводская бумажная фабрика и Ступинский картонно-полиграфический комбинат (КПК). Учитывая особенности многослойной структуры коробочного картона, которую невозможно воспроизвести на обычном лабораторном листоотливном аппарате, мы вынуждены были прибегнуть к испытаниям опытно-промышленных образцов, изготовленных на КДМ Ступинского КПК. Разработки же выполнялись как в лабораториях Московского государственного университета леса, так и на вышеуказанных предприятиях. Ступинский КПК изначально имел две небольшие круглосеточные КДМ общей производительностью около 20 тыс. т в год. Машины были старого образца, но с широкими возможностями варьирования технологических параметров. На момент начала наших испытаний (2001) осталась только одна КДМ. В рамках курируемого ОАО «ЦНИИБ» мегапроекта нами было предложено несколько вариантов технологии производства коробочного картона для пищевой упаковки. Технология предполагала использование для внешних слоев картона относительно благородной макулатуры — белой (МС-1 + МС-2), если на картон будет наноситься печать, или коричневой (МС-6 + МС-7), если печати не будет. Внутренние слои должны были изготавливаться из макулатуры низших марок типа МС-13 или близких к ней, причем степень очистки массы для внутренних слоев подразуме-

валась только такая, которая гарантировала бы надежную работу оборудования без повреждений и износа. Удалялись относительно крупные включения и часть липких загрязнений, а печатная краска, минеральный наполнитель и прочие примеси, не влияющие на работу оборудования, оставались в массе. Механическая обработка массы для внутренних слоев предполагала достаточно тщательный роспуск, гарантировавший полное разволокнение. Для этого вместо оставшихся на предприятии еще с советских времен пульсационных мельниц, не годящихся для обработки макулатурной массы, рекомендовалось установить энтштипперы. Сильному же размолу подвергать эту массу не рекомендовалось. Для массы, идущей на изготовление внешних слоев картона, рекомендован аккуратный размол с настройкой размалывающей аппаратуры (дисковые мельницы) таким образом, чтобы происходили фибриллирование и гидратация волокон без их укорочения. Для этого не требовалось модернизации существующей на предприятии размольной линии, нужны были только ее настройка определенным образом (путем регулировки зазора между ножевыми дисками) и смена ножевой гарнитуры [15].

Что касается применения химической технологии в производстве тарного картона для пищевой упаковки, то основной нашей стратегией было максимальное использование комбинаций отечественных реагентов, где это возможно. Причем импортозамещение не должно было привести к снижению качества продукции — наоборот, качество должно было возрасти. Это обусловлено тем, что поставляемые на европейский рынок реагенты для бумажной промышленности имеют в основном синтетическое происхождение, а следовательно, не всегда высокое сродство к компонентам древесины. Кроме того, качество этих реагентов постоянно падает, хотя и 15 лет назад (в 2002 г.) особо высоким качеством они не отличались даже по сравнению с отечественными аналогами. Модифицированные природные реагенты в этом отношении намного более эффективны, и опыт мировых лидеров бумажного производства, США и Канады, это доказывает. Опыт же европейских и азиатских производителей бумаги, идущих по заведомо неверному пути, доказывает обратное — низкое качество производимых ими бумаги и картона [18–20].

Наши испытания продемонстрировали, что грамотное использование комбинации реагентов позволяет повысить прочность картона в сухом состоянии до 30 % (средняя результирующая по всем рассмотренным показателям). Прочность во влажном состоянии необходимо было повысить с 2...4 % для обычного картона до 50 % и более для картона — основы пищевой

упаковки. Если в первом случае вопрос решался достаточно просто, то во втором случае на начальных стадиях исследования достижение необходимых значений влагопрочности не обошлось без использования реагентов зарубежного производства. Лишь спустя несколько лет мы начали разрабатывать собственные относительно дешевые, эффективные и экологически безопасные аналоги [21].

Для повышения прочности картона в сухом состоянии главным нашим шагом стал полный и решительный отказ от использования для этих целей катионных крахмалов как дорогостоящих реагентов, которые в условиях российских бумажных фабрик серьезно подвержены биологической порче. Они даже в идеальных лабораторных условиях не дают необходимого прироста прочности и к тому же производятся либо полностью за рубежом, либо в России, но из 100%-ного зарубежного сырья. К тому же цена, установленная фирмами-производителями на эти крахмалы, не вполне адекватна, с учетом их высокого расхода (8...10 кг/т бумаги и более) [6].

Взамен этого нами была разработана и запатентована технология упрочнения темных сортов бумаги и картона на основе теоретических положений о прочности древесины, согласно которым связующим веществом между целлюлозными волокнами древесины выступает лигнин. Однако известно, что при переработке волокна древесной массы, из которой лигнин не извлечен, теряются все его положительные свойства и сам лигнин выступает вредным балластом, оказывая отрицательное действие на прочность и долговечность волокна и снижая все показатели, как прочностные, так и эстетические, продуктов из этой волокнистой массы. Идея состояла в том, чтобы вернуть лигнину его положительные свойства, для чего из волокна его необходимо сначала извлечь, а потом в процессе изготовления бумажного листа вернуть обратно, но уже в другом виде, частично воссоздав его структуру. Такая идея возникла и раньше, в СССР предпринимались попытки ее осуществить, но закончились ничем: авторы тех исследований не понимали, что заставить вступить фрагментированный растворимый лигнин в реакцию с таким инертным материалом, как целлюлоза, в условиях бумажного производства практически невозможно. Поэтому данные исследования получили в свое время большое количество негативных отзывов, особенно со стороны технологов-практиков бумажных фабрик, на которых из-за таких «внедрений» технология была полностью нарушена, а план выработки бумаги срывался. Несмотря на неудачные промышленные испытания, этот способ был все-таки запатентован [21].

Выполненная нами тщательная проверка вышеуказанного способа, начиная с пробирочных испытаний и заканчивая получением контрольных образцов бумаги, показала, что способ действительно не работает. Суть его в том, что в советскую «классическую» схему реагентов вводят дополнительно фрагментированный растворимый лигнин в виде лигносульфонатов. А ведь еще С.Н. Иванов и Д.М. Фляте в своих классических монографиях указывали, что в данных условиях лигносульфонаты выступают в виде своеобразного «яда» для бумажной массы, и подчеркивали необходимость максимального избавления от них [8, 22].

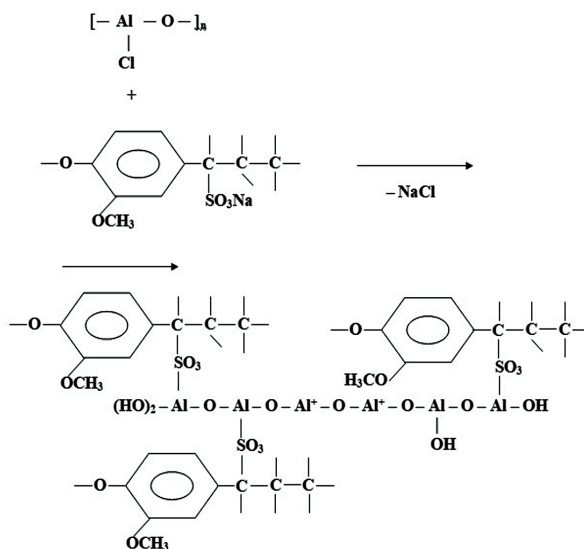
Для структурирования лигносульфонатов на волокнах целлюлозы, чтобы получаемый целлюлозный материал приобрел желаемые прочностные показатели, необходимо применять специальные катализаторы. Классическими катализаторами в данном случае являются соединения комплексообразующих металлов, наиболее известные из них — катализаторы Циглера — Натта, использование которых в реакциях полимерного синтеза, протекающих даже при нормальных условиях, описано в работах академика В.В. Коршака. Некоторые из этих соединений переходных металлов являются активными катализаторами, т. е. помимо ускорения реакции и смещения химического равновесия в сторону образования продуктов сами выступают в качестве реагентов, встраиваясь в структуру образующихся полимеров. К сожалению, в настоящее время данные разработки, выполненные в основном в МХТИ (РХТУ) им. Д.И. Менделеева и ИНЭОС им. А.Н. Несмеянова, оказались большей частью забытыми, а в производстве бумаги они вообще не применялись — даже такой дорогостоящей бумаги, как основа для декоративного пластика, где наполнителем является диоксид титана. В советское время не поднимался вопрос о коренной модификации этой технологии, в частности, о переводе диоксида титана, являющегося пассивным наполнителем, в активную форму в виде, например, хлорида с последующим образованием полимерных гидроксокомплексов, основной которых будет все тот же диоксид титана, но выступающий теперь уже в виде активного нанонаполнителя-катализатора. Хотя подобные разработки в СССР имелись, но касались они в основном вопросов придания бумаге огнестойкости и в открытой печати не публиковались.

Над созданием активных коагулянтов — катализаторов-наполнителей на базе полимерных гидроксокомплексов алюминия применительно к технологии бумаги в 1950–1960-е гг. активно работал С.Н. Иванов, но завершению работы помешала ранняя смерть ученого. По воспоминаниям доцента МГУЛ В.Л. Козловой, его бывшей

студентки, это был существенный удар по науке в Лесотехнической академии (Ленинград): там все больше стали превалировать узкоприкладные задачи в ущерб фундаментальным вопросам.

Однако идея использования полимерных растворимых гидроксокомплексов алюминия не была забыта. После ряда неудачных попыток скопировать американский гидроксихлорид алюминия в России был наконец создан собственный продукт с похожими свойствами, но более удобный для производства, так и для применения в условиях российских фабрик — полиоксихлорид алюминия (ПОХА). От американского аналога он отличается более высоким содержанием ионов хлора. Изначально ПОХА разрабатывался и применялся для очистки воды. Его интересные свойства были обнаружены авторами, ими же этот реагент впервые в России был внедрен в технологию производства бумаги. Была разработана и запатентована технология структурирования лигнина из лигносульфонатов, где сшивающим агентом и впоследствии катализатором выступает ПОХА [21].

Лигносульфонаты вступают с полиоксихлоридом алюминия в обменную реакцию, в результате чего образуется алюмосодержащее высокомолекулярное соединение (полиоксилигносульфонат алюминия), макромолекулы которого имеют ярко выраженный положительный заряд и способны эффективно осаждаться и закрепляться на отрицательно заряженном целлюлозном волокне. При формовании целлюлозного материала полиоксилигносульфонат алюминия способствует лучшему образованию связей между целлюлозными волокнами, удержанию мелкого волокна и наполнителя в полотне целлюлозосодержащего материала, повышению прочностных и гидрофобных характеристик материала. Образование полиоксилигносульфоната алюминия можно представить в виде следующей схемы:



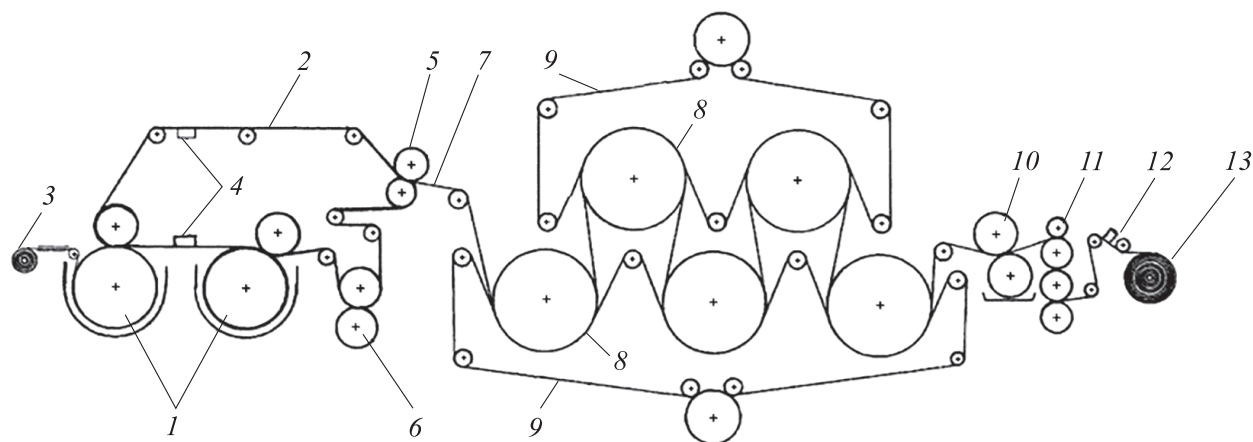


Рис. 1. Схема круглосеточной бумагоделательной машины КДМ, на которой изготовлены пробные образцы коробочного картона: 1 — сеточный цилиндр; 2 — съемное сукно; 3 — катушка с защитной нитью; 4 — отсасывающий ящик; 5 — гауч-вал; 6 — сукномойка; 7 — отсечка; 8 — сукно; 9 — сушильный цилиндр; 10 — клеильный пресс; 11 — машинный каландр; 12 — датчик контроля качества; 13 — накат

Fig. 1. Scheme of the PCM paper-making machine, on which test samples of boxboard are made: 1 — mesh cylinder; 2 — removable cloth; 3 — coil with a protective thread; 4 — the suction box; 5 — gauze-shaft; 6 — cloth sewing; 7 — cutoff; 8 — cloth; 9 — drying cylinder; 10 — gluing press; 11 — machine calender; 12 — quality control sensor; 13 — rolling

В дальнейшем, когда образующийся комплекс осаждается на целлюлозном волокне, на стадии сушки при температуре до 120 °С происходит его взаимодействие с компонентами целлюлозного волокна, скорее всего с гемицеллюлозами. О том, что некоторые образующиеся связи являются ковалентными, говорит повышение влагостойкости материала с 3 до 16 %. Механическая прочность сухого материала (на примере вышеуказанного картона для пищевой упаковки) возрастает в среднем на 30 % при расходе лигносульфонатов 15 кг/т и ПОХА до 40 кг/т. На 50 % возрастает гидрофобность. Из химии древесины известно, что гидрофобность древесине придает именно содержащийся в ней лигнин, и здесь нам частично удалось воспроизвести это его природное свойство. До необходимого значения гидрофобность можно довести путем использования канифоли — либо в виде натриевых солей модифицированных смоляных кислот, например резинатов натрия, выпускаемых до сих пор в Белоруссии, либо, что более перспективно, путем применения канифольной дисперсии собственной разработки с содержанием 100 % дисперсных свободных смоляных кислот. Для внутренних слоев коробочного картона нет смысла доводить гидрофобность до высоких значений при условии, что внутренние слои представлены в основном волокнисто-минеральными отходами, а внешние слои достаточно устойчивы и изготовлены из хорошо разработанного механически волокна. Но в России фактически нет волокнисто-минеральных отходов переработки макулатуры, это понятие применимо исключительно к Европе. Внутренние слои отечественного коробочного картона мы также рекомендуем гидрофобизировать, что исключит вероятность ошибки или брака на ли-

нии подготовки массы для разных слоев и выхода некондиционной продукции, которая «протечет» при упаковке в нее, например, охлажденного мяса.

В ряде случаев возможно использование для этих целей добавок нанодиспергированной целлюлозы [20, 23].

Активное физико-механическое воздействие на компоненты бумажных рецептов позволяет проводить целенаправленное структурирование получаемой продукции [24–26].

На рис. 1 и 2 приводятся некоторые данные по исследованию процесса гидрофобизации и механических свойств разрабатываемого авторами опытного образца коробочного картона для пищевой упаковки.

В целях исследования влияния ПОХА («Аква-Аурата») на процесс изготовления и свойства коробочного картона проведена серия опытов по изготовлению лабораторных образцов этого картона. Для изготовления многослойного коробочного картона марки «В» по ТУ 13-0281020-99-90, масса 200 г/м², кроме смеси макулатуры марок МС-6 и МС-7 для внутреннего слоя, использовались следующие волокнистые полуфабрикаты:

- сульфатная (СФА) беленая целлюлоза из хвойных пород древесины по ГОСТ 9571–89;
- сульфатная беленая целлюлоза из лиственных пород древесины по ГОСТ 14940–85.

Употребляли целлюлозу производства Архангельского ЦБК [7].

В качестве наполнителя для верхнего слоя использовался мел природный тонкодисперсный для бумажной промышленности по ТУ 21-16232-01–91, марки МПНБ-2. Содержание наполнителя в верхнем слое — 10 %.

Структура коробочного картона показана на рис. 2.

25 г/м ² Целлюлоза сульфатная беленая (50 % листв. + 50 % хвойн.); наполнитель – мел, содержание – 10 %
150 г/м ² Макулатура (смесь марок МС-6 и МС-7)
25 г/м ² Целлюлоза сульфатная беленая (50 % листв. + 50 % хвойн.); наполнитель – мел, содержание – 10 %

Рис. 2. Структура коробочного картона
Fig. 2. Structure of boxboard

Порядок составления композиции волокнистой массы для каждого слоя был следующий.

Внутренний слой (150 г/м²):

1) макулатура (смесь марок МС-6 и МС-7), степень помола 21 °ШР;

2) лигносульфонаты — 10 кг/т;

3) «Аква-Аурат–18» — 30 кг/т;

pH = 6,9...7,1.

Наружные слои (25 г/м² каждый):

1) целлюлоза СФА хвойная беленая — степень помола 30 °ШР;

2) целлюлоза СФА лиственная беленая — степень помола 32 °ШР;

3) мел (с избытком около 20 % с учетом неполного удержания);

4) Na-КМЦ — 3 кг/т;

5) Новый гидрофобизирующий состав — 4 кг/т;

6) «Аква-Аурат» — 50 кг/т;

7) анионный полиакриламид (ПАА-А) — 0,1 кг/т;

pH = 6,3...6,5.

В качестве сравнительного варианта были изготовлены аналогичные образцы коробочного картона с использованием дорогостоящих компонентов зарубежного производства. Порядок составления композиции слоев для этих образцов был следующий.

Внутренний слой (150 г/м²):

1) макулатура (смесь марок МС-6 и МС-7) — степень помола 21 °ШР;

2) катионный крахмал MYLBOND 143 — 5 кг/т;

3) ПАА-К (Polimin, производство BASF) — 0,1 кг/т;

pH формования = 7,7...7,9.

Наружные слои (25 г/м² каждый):

1) целлюлоза СФА хвойная беленая, степень помола 30 °ШР;

2) целлюлоза СФА лиственная беленая, степень помола 32 °ШР;

3) мел (с избытком около 20 % , с учетом неполного удержания);

4) катионный крахмал MYLBOND 143 — 8 кг/т;

5) модифицированный полиэтиленимин (Katiofast производства BASF, Германия) — 3 кг/т по товарному раствору;

6) гидрофобизирующий состав на основе ДАК концентрацией 17 % по с.в. (Basoplast, BASF) — 1,7 кг/т по с.в.;

7) деаэратор (Afranil, BASF) — 0,1 кг/т по с.в., 0,3 кг/т по товарному раствору.

8) ПАА-К (Polimin, BASF) — 0,1 кг/т.

pH формования = 7,9...8,1.

Гидрофобность картона определялась по стандартной методике методом Кобб₆₀. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что по гидрофобным свойствам опытный коробочный картон практически не уступает картону, изготовленному с использованием «высокой» технологии. Причем необходимые гидрофобные свойства опытного картона были достигнуты сразу после изготовления его образцов (вариант 1), в то время как в сравнительном варианте гидрофобные свойства картона сразу после его изготовления были чрезвычайно низкими (вариант 3) и достигались только после сушки образцов. Это связано с относительно невысокой скоростью реакции димеров алкилкетенов, используемых в импортном гидрофобизирующем составе, с целлюлозой, что является его существенным недостатком.

Т а б л и ц а 1

**Результаты испытаний гидрофобности
коробочного картона**
Results of hydrophobicity testing
of boxboard

Вариант	Поверхностная впитываемость по Кобб ₆₀ , г/м ²					Среднее значение
	Серия образцов					
	I	II	III	IV	V	
1. Опытный (сразу после изготовления образцов)	36	35	38	31	37	36
2. Опытный (после сушки в течение 10 мин при 110 °С)	32	31	30	33	31	32
3. Сравнительный (сразу после изготовления образцов)	220	230	220	210	220	220
4. Сравнительный (после сушки в течение 10 мин при 110 °С)	34	36	35	36	34	35

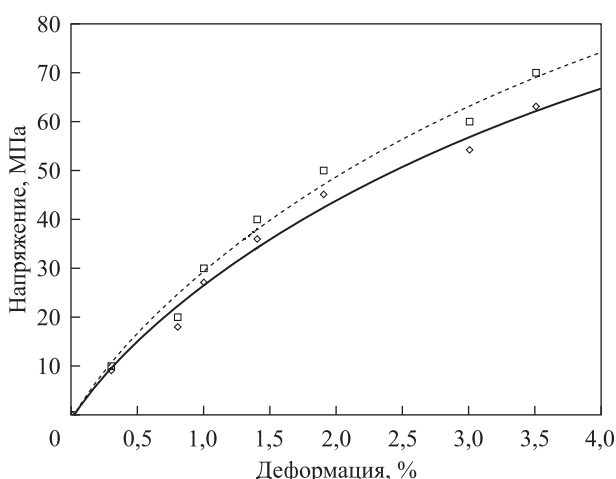


Рис. 3. Зависимость деформации от напряжения для коробочного картона: ——— опытный образец; образец сравнения

Fig. 3. Dependence of strain on stress for boxboard: ——— prototype; reference sample

Т а б л и ц а 2

**Физико-механические свойства
коробочного картона
Physical and mechanical properties
of boxboard**

Показатель и единица измерения	Опытный образец	Образец сравнения
Торцевое сжатие вдоль плоскости, Н/м	3,4	3,5
Жесткость при изгибе, мН/см ²	850	900
Жесткость при растяжении, Н/м	530	570
Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа	790	745
Разрывная длина, м	7800	7600
Трещиностойкость (относительная), кДж · (м/кг)	15,2	15,1

Образцы коробочного картона с целью исследования их физико-механических свойств были подвергнуты испытаниям, предусмотренным существующим стандартом на данный вид материала. На рис. 3 представлена зависимость деформация — напряжение для опытного и сравнительного вариантов.

Как видно из графика зависимости, для опытных образцов картона деформационные свойства несколько более выражены, хотя в обоих случаях результаты различаются незначительно.

Другие физико-механические свойства коробочного картона приведены в табл. 2.

Анализируя данные таблицы 2, можно видеть, что опытный и сравнительный образцы коробочного картона имеют достаточно высокие и не слишком различающиеся физико-механические показатели. Сравнительный образец имеет более высокие показатели жесткости, а опытный образец — более высокие показатели сопротивления продавливанию и разрывной длины.

Выводы

Рассматривая вопросы создания высококачественной пищевой упаковки из вторичных целлюлозных материалов, можно заключить, что использование существующего оборудования российских бумажных фабрик позволяет выпускать коробочный картон для пищевой упаковки, ничем не уступающий импортным аналогам, а по некоторым показателям даже превосходящий их.

Сегодня реально открывается возможность многотоннажной переработки отходов использования макулатуры.

Химическая технология производства коробочного картона для пищевой упаковки позволяет практически на 100 % использовать реагенты отечественного производства и полностью отказаться от продукции зарубежных химических концернов.

Исследования в области разработки технологии производства дешевого, высококачественного и экологически безопасного коробочного картона для пищевой упаковки в настоящее время продолжают в Московском государственном университете леса (ныне Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана). Получены новые полимерные связующие и их комбинации, усовершенствована технология придания картону гидрофобности.

Список литературы

- [1] Matthews S., Tanninen P., Toghyani A., Eskelinen H., Varris J. Novel method for selection of drive motor in paperboard forming press utilizing multi-dynamics model based on material thickness // *Process Manufacturing*, 2017, v. 11, no. 10, pp. 2091–2098.
- [2] Lee K.T. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials // *Meat Science*, 2010, v. 86, no. 1, pp. 138–150.
- [3] Höke U. *Papermaking Science and Technology. Book 7: Recycled Fiber and Deinking*. Darmstadt: TAPPI Press, 1998, 649 p.
- [4] Yeu C.S., Leong K.C., Tong L.C., Hang S., Subhan M. A comparative study on international marketing mix in China and India: The case of McDonald's // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2012, v. 65, no. 12, pp. 1054–1059.
- [5] Bufalo G., Florio C., Cinelli G., Lopez F., Ambrosone L. Principles of minimal wrecking and maximum separation of solid waste to innovate tanning industries and reduce their environmental impact. The case of paperboard manufacture // *J. Cleaner Production*, 2018, v. 174, no. 2, pp. 324–332.

- [6] Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д., Тарасов С.М., Жилин Ю.Н. Переработка органических отходов: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2016. 400 с.
- [7] Тарасов С.М., Ковернинский И.Н., Дулькин Д.А. Опытные-промышленные испытания «Аква-Аурата» // Науч. тр. 5-й Междунар. науч.-техн. конф., май 2004 г., Каравасо – Правдинский. Каравасо: ОАО «КАРАВА-ЕВО», 2004. С. 17–19.
- [8] Иванов С.Н. Технология бумаги. М.: Школа бумаги, 2006. 520 с.
- [9] Ramos M., Valdés A., Mellinas A.C., Garrigós M.C. New trends in beverage packaging systems. Review // Beverages, 2015, no. 1. pp. 248–272.
- [10] Singh J., Cooper T. Towards a sustainable business model for plastic shopping bag management in Sweden // Procedia CIRP, 2017, v. 61, no. 5, pp. 679–684.
- [11] Tarrés Q., Pellicer N., Balea A., Merayo N., Mutjé P. Lignocellulosic micro nanofibers from wood sawdust applied to recycled fibers for the production of paper bags // Int. J. Biological Macromolecules, 2017, v. 105, part 1, pp. 664–670.
- [12] Тарасов С.М., Азаров В.И., Ковернинский И.Н. Роль новых химических вспомогательных средств в современной технологии бумаги и картона // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2004. № 1. С. 87–91.
- [13] Selke S.E.M. Recycling of Paper Products. Encyclopedia. Reference module in materials science and materials engineering. London: Elsevier, 2016. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818036511>
- [14] Wagner T.P. Reducing single-use plastic shopping bags in the USA // Waste Management, 2017, v. 70, no. 1, pp. 3–12.
- [15] Тарасов С.М., Азаров В.И., Ковернинский И.Н. Современные тенденции в развитии технологии производства бумаги и картона // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2003. № 5. С. 89–92.
- [16] Способ изготовления целлюлозосодержащих материалов. Пат. 2237768 Российская Федерация. / С.М. Тарасов, В.И. Азаров, И.Н. Ковернинский. Заявл. 12.08.2003, опубл. 10.10.2004, бюл. № 28.
- [17] Linvill E., Wallmeier M., Östlund S. A constitutive model for paperboard including wrinkle prediction and post-wrinkle behavior applied to deep drawing // Int. J. Solids and Structures, 2017, v. 117, no. 1, pp. 143–158.
- [18] Tarrés Q., Pèlach M.A., Alcalà M., Delgado-Aguilar M. Cardboard boxes as raw material for high-performance papers through the implementation of alternative technologies. More than closing the loop // J. Industrial and Engineering Chemistry, 2017, v. 54, no. 1, pp. 52–58.
- [19] Yuan X., Cao Y., Li J., Wen B., Cui Z. Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and cardboard // Biores. Technol., 2012, v. 118, no. 8, pp. 281–288.
- [20] Tarrés Q., Oliver-Ortega H., Alcalà M., Merayo N., Delgado-Aguilar M. Combined effect of sodium carboxymethyl cellulose, cellulose nano fibers and drainage aids in recycled paper production process // Carbohydrate Polymers, 2018, v. 183, no. 3, pp. 201–206.
- [21] Способ получения волокнистой массы для изготовления газетной бумаги. Пат. 2019615 Российская Федерация. А.А. Комиссаренков, Л.Л. Парамонова, А.В. Васильев. Заявл. 17.01.1992, опубл. 15.09.1994, бюл. № 27/2000.
- [22] Фляте Д.М. Технология бумаги. М.: Лесная пром-сть, 1988. 440 с.
- [23] Прошина О.П., Олиференко Г.Л., Евдокимов Ю.М., Иванкин А.Н. Наноцеллюлоза и получение бумаги на ее основе // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 7 (90). С. 112–114
- [24] Brodnjak U.V. Influence of ultrasonic treatment on properties of bio-based coated paper // Progress in Organic Coatings, 2017, v. 103, pp. 93–100.
- [25] Muthu S.S. LCA of cotton shopping bags. Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing. London: Elsevier Ltd., 2015, pp. 283–299.
- [26] Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Нигматуллина Л.И., Ишкватова А.Р. Влияние процесса вторичной переработки макулатуры на бумагообразующие свойства целлюлозного сырья // Междунар. ж. прикладных и фундаментальных исследований, 2015. № 4 (ч. 1). С. 32–34.

Сведения об авторах

Тарасов Сергей Михайлович — канд. техн. наук, доцент кафедры химии МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), smtarasoff@mail.ru

Иванкин Андрей Николаевич — д-р хим. наук, академик Международной академии наук высшей школы, профессор кафедры химии МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), aivankin@inbox.ru

Грачева Ирина Владимировна — студентка МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), irena.magic@yandex.ru

Леонтьев Павел Константинович — студент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), pashe11@yandex.ru

Принята к публикации 12.10.2017.

Поступила в редакцию 24.11.2017.

CONCEPT OF HIGH-QUALITY FOOD PACKAGING CREATION FROM RECYCLED MATERIALS

S.M. Tarasov, A.N. Ivankin, I.V. Gracheva, P.K. Leont'ev

BMSTU (Mytishchi branch), 1st. Institutskaya st., 141005, Mytishi, Moscow reg., Russia

smtarasoff@mail.ru

A detailed analysis of secondary fibrous raw materials processing in Russia and abroad was carried out. Issues of wastes recycling in production process and possible ways of their solution are being raised. It is concluded that the production of moisture-proof food packaging, mainly boxboard, is one of the most effective methods of combating the accumulation of waste in paper mills. The possibility of wide use of fibrous-mineral wastes of recycling of waste paper in the composition of boxboard is shown. It is said about the need to revive the production and use of cardboard machines, now universally and unreasonably replaced by standardized machines of two-part molding. It is argued that a competent combination of the use of mechanical methods of processing plant fibers with modern achievements in chemical technology of paper production will allow producing high-quality, cheap and environmentally friendly boxboard for food packaging. Original chemical technologies are given, allowing to follow different ways in the production of boxboard, depending on its specific purpose. It is claimed that the new resource-saving technology will allow producing food packaging with full import substitution, with the exception of the dependence of Russian paper mills on international chemical concerns. It is shown that the use of this technology will also be useful in European paper production, where the accumulation and utilization of paper mill waste is a significant problem. A conclusion is made about the prospects for the development of the proposed technologies in the future.

Keywords: food paper cardboard packaging, environmentally friendly cardboard

Suggested citation: Tarasov S.M., Ivankin A.N., Gracheva I.V., Leont'ev P.K. *Kontsepsiya sozdaniya vysokokachestvennoy pishchevoy upakovki iz vtorichnykh tsellyuloznykh materialov* [Concept of high-quality food packaging creation from recycled materials] // *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 104–116. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-104-116

References

- [1] Matthews S., Tanninen P., Toghyani A., Eskelinen H., Varis J. Novel method for selection of a motor in a paperboard forming a multi-dynamics model based on material thickness. *Process Manufacturing*, 2017, v. 11, no. 10, pp. 2091–2098.
- [2] Lee K.T. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, 2010, v. 86, no. 1, pp. 138–150.
- [3] Höke U. *Papermaking Science and Technology. Book 7. Recycled Fiber and Deinking*. Darmstadt: TAPPI Press, 1998, 649 p.
- [4] Yeu C.S., Leong K.C., Tong L.C., Hang S., Subhan M. A comparative study on international marketing mix in China and India: The case of McDonald's. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2012, v. 65, no. 12, pp. 1054–1059.
- [5] Bufalo G., Florio C., Cinelli G., Lopez F., Ambrosone L. Principles of the minimum wrecking and total of the division of solid waste to innovate tanning industries and reduce their environ mental impact. The case of paperboard manufacture. *J. Cleaner Production*, 2018, v. 174, no. 2, pp. 324–332.
- [6] Ivankin A.N., Neklyudov A.D., Tarasov S.M., Zhilin Yu.N. *Pererabotka organicheskikh otkhodov* [Processing of organic waste]. Moscow: MGUL Publ., 2016, 400 p.
- [7] Tarasov S.M., Koverninski I.N., Dul'kin D.A. *Opytno-promyshlennyye ispytaniya «Akva-Aurata»*. [Experimental-industrial tests of the «Aqua-Aurat»]. *Nauchnye trudy 5-y Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii* [Scientific Works of the 5th International Scientific and Technical Conference]. May 2004, Karavaevo – Pravdinski, 2004, pp. 17–19.
- [8] Ivanov S.N. *Tekhnologiya bumagi* [Technology of paper]. Moscow: School of Paper, 2006, 520 pp.
- [9] Ramos M., Valdés A., Mellinas A.C., Garrigós M.C. New trends in beverage packaging systems. *Review. Beverages*, 2015, no. 1, pp. 248–272.
- [10] Singh J., Cooper T. Towards a sustainable business model for plastic shopping bag management in Sweden. *Procedia CIRP*, 2017, v. 61, no. 5, pp. 679–684.
- [11] Tarrés Q., Pellicer N., Balea A., Merayo N., Mutjé P. Lignocellulosic micro nanofibers from wood sawdust applied fibers for the production of paper bags. *Int. J. Biological Macromolecules*, 2017, v. 105, part 1, pp. 664–670.
- [12] Tarasov S.M., Azarov V.I., Koverninskiy I.N. *Rol' novykh khimicheskikh vspomogatel'nykh sredstv v sovremennoy tekhnologii bumagi i kartona* [The role of new chemical auxiliaries in modern paper and paperboard technology]. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy vestnik*, 2004, no. 1, pp. 87–91.
- [13] Selke S.E.M. *Recycling of Paper Products*. Encyclopedia. Reference module in materials science and materials engineering. London: Elsevier, 2016. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818036511>
- [14] Wagner T.P. Reducing single use plastic shopping bags in the USA. *Waste Management*, 2017, v. 70, no. 1, pp. 3–12.
- [15] Tarasov S.M., Azarov V.I., Koverninski I.N. *Sovremennyye tendentsii v razviti tekhnologii proizvodstva bumagi i kartona* [Modern trends in the development of technology for the production of paper and paperboard]. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy vestnik*, 2003, no. 5, pp. 89–92.
- [16] Tarasov S.M., Azarov V.I., Koverninski I.N. *Sposob izgotovleniya tselliulozosoderzhashchikh materialov* [Method of manufacturing cellulose-containing materials]. Patent RU 2237768. Appl. 12.08.2003, publ. 10.10.2004, bul. no. 28.
- [17] Linvill E., Wallmeier M., Östlund S. A constitutive model for paperboard including wrinkle prediction and post-wrinkle behavior applied to deep drawing. *Int. J. Solids and Structures*, 2017, v. 117, no. 1, pp. 143–158.

- [18] Tarrés Q., Pèlach M.A., Alcalà M., Delgado-Aguilar M. Cardboard boxes as raw material for high-performance papers through the implementation of alternative technologies. More than closing the loop. *J. Industrial and Engineering Chemistry*, 2017, v. 54, no. 1, pp. 52–58.
- [19] Yuan X., Cao Y., Li J., Wen B., Cui Z. Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and cardboard. *Bioresource Technology*, 2012, v. 118, no. 8, pp. 281–288.
- [20] Tarrés Q., Oliver-Ortega H., Alcalà M., Merayo N., Delgado-Aguilar M. Combined effect of sodium carboxymethyl cellulose, cellulose nano fibers and drainage aids in recycled paper production process. *Carbohydrate Polymers*, 2018, v. 183, no. 3, pp. 201–206.
- [21] Komissarenkov A.A., Paramonova L.L., Vasiliev A.V. *Sposob polucheniya voloknistoy massy dlia izgotovleniya gazetnoy bumagi* [A method for obtaining fiber-weights for the production of newsprint]. Patent RU 2019615, appl. 17.01.1992, publ. 15.09.1994, bul. no. 27/2000.
- [22] Flyate D.M. *Tekhnologiya bumagi* [Technology of paper]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest Industry] Publ., 1988, 440 p.
- [23] Proshina O.P., Oliferenko G.L., Evdokimov Yu.M., Ivankin A.N. *Nanotselliuloza i poluchenie bumagi na ee osnove* [Nanocellulose and the production of paper on its basis]. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy vestnik*, 2012, no. 7 (90), pp. 112–114.
- [24] Brodnjak U.V. Influence of ultrasonic treatment on properties of bio based coated paper. *Progress in Organic Coatings*, 2017, v. 103, pp. 93–100.
- [25] Muthu S.S. LCA of cotton shopping bags. *Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing*. London: Elsevier Ltd., 2015, pp. 283–299.
- [26] Mullina E.R., Mishurina O.A., Nigmatullina, L.I. Ishkuvatova A.R. *Vliyanie protsessa vtorichnoy pererabotki makulatury na bumagoobrazuiushchie svoystva tsellyuloznogo syr'ia* [Influence of the recycling process of waste paper on the paper-forming properties of cellulose raw materials]. *Int. J. Applied and Fundamental Research*, 2015, no. 4 (part 1), pp. 32–34.

Authors' information

Tarasov Sergey Mikhaylovich — Cand. Sci. (Tech), Associate Professor of Department of Chemistry of BMSTU (Mytishchi branch), smtarasoff@mail.ru

Ivankin Andrey Nikolaevich — Academician of International Academy of Higher School Sciences, Dr. Sci. (Chem.), Professor of Department of Chemistry of BMSTU (Mytishchi branch), aivankin@inbox.ru

Gracheva Irina Vladimirovna — student of BMSTU (Mytishchi branch), irena.magic@yandex.ru

Leont'ev Pavel Konstantinovich — student of BMSTU (Mytishchi branch), pashe11@yandex.ru

Received 12.10.2017.

Accepted for publication 24.11.2017.