

УДК 691.113+630*165

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.5.48

МНОГООБРАЗИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ТОПОЛЕЙ

А.П. Царев, д-р с.-х. наук, проф.

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, ул. Ломоносова, д. 105, г. Воронеж, Россия, 394087;

e-mail: antsa-55@yandex.ru

К настоящему времени в России отмечена тенденция к увеличению площадей осиновых насаждений (по официальным данным до 24...25 млн га с запасом до 3 715 млн м³), имеются также насаждения других видов тополей (962 тыс. га с запасом 144 млн м³). Но ввиду истощения здоровых осинников и неразвитости инфраструктуры переработки и использования тополевого сырья этот ценный ресурс в нашей стране востребован недостаточно. Цель настоящей работы – анализ использования древесных ресурсов рода тополь в прошлом и рассмотрение возможностей расширения их потребления в современных условиях на примерах отечественного и зарубежного опыта. Изучение литературных источников и собственные наблюдения автора позволяют констатировать, что в XVIII–XX вв. в нашей стране осинная древесина в основном использовалась в бытовых целях, но постепенно она внедрялась и в промышленное производство: строительство; изготовление изделий; производство тары, спичек, фанеры, картона и бумаги; химическая переработка; углежжение, топливо, веточный корм и др. Во второй половине XX в. и в начале XXI в. применение древесины осины и тополей резко возросло во всем мире за счет как расширения направлений ее использования в традиционных целях, так и создания новых материалов с применением новых технологий. Выделяют следующие позиции применения древесины тополей и осины: пиловочник и разнообразные древесные материалы – строительный брус, вагонка, колодезные срубы и др.; композиты и панели – шпон и фанера, древесноволокнистые, древесностружечные и ориентировано стружечные плиты, древесноцементные и древесно-пластиковые композиты; клееные строительные изделия – ламинированные стружечные и шпоновые брусья, параллельно стружечные брусья, интегрированные лаги; целлюлоза и бумага; энергия биомассы и др. В работе приведена краткая характеристика перечисленных материалов. С учетом имеющегося опыта применения новых технологий и огромные запасы осиново-тополевого сырья в России предложено использовать их более эффективно.

Ключевые слова: древесина, тополь, осина, древесноволокнистые плиты, древесностружечные плиты, ориентировано стружечные плиты, ламинированные стружечные брусья, параллельно стружечные брусья, ламинированные шпоновые брусья, энергия биомассы.

Введение

В лесах России идет постепенное, но неуклонное увеличение доли осины в составе древостоя. По официальным данным лесоустройства на 01.01.1956 г., осиновыми лесами было занято 13,9 млн га [11], а на 01.01.2014 г. – уже 24,04 млн га с запасом древесины 3 715 млн м³ [7]. При этом ежегодный прирост площадей осины с 1956 по 2011 г. колебался от 12 до 40 тыс. га [7, 12, 13,

Для цитирования: Царев А.П. Многообразие использования древесины тополей // Лесн. журн. 2018. № 5. С. 48–64. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.5.48

14, 19, 25], в последние годы (с 2011 по 2014 г.) он увеличился до 80 тыс. га. Фактически осины в лесах, конечно, больше. Однако в соответствии с Лесо-устроительной инструкцией [18], если в насаждении присутствует 30 % семенного дуба, сосны сибирской, корейской (или других главных пород), то насаждение учитывается как представленное этими породами, а не осинной, даже если в составе ее 60...70 %.

Кроме того, в России к 2011 г. насчитывалось около 962 тыс. га насаждений других видов тополей с запасом древесины 144 млн м³ [19].

Накапливаемые запасы осины используются плохо или зачастую просто остаются нетронутыми рубками. С одной стороны, это обусловлено тем, что после многочисленных приисковых рубок на спичечный кряж и другие нужды, требующие здоровую древесину, в насаждениях оставались только экземпляры, пораженные сердцевинной гнилью, вызываемой грибами (*Fellinus tremula* и др.), с другой – неразвитостью инфраструктуры переработки и путей рационального использования древесины осины, также как и других видов тополей в стране. Следовательно, необходимо, во-первых, проводить генетико-селекционные работы по выведению быстрорастущих и гнилеустойчивых форм осины и тополей и разрабатывать приемы по их ускоренному выращиванию, во-вторых, развивать производственные мощности и технологии по использованию как имеющихся, так и прогнозных ресурсов древесины мягколиственных древесных пород.

На возможность селекции и выращивания гнилеустойчивых форм осины и быстрорастущих генотипов тополей неоднократно обращалось внимание в научных публикациях и отечественных, и зарубежных исследователей [3, 5, 6, 8, 23, 24, 29, 30, 32, 35–39, 42, 43, 45, 47, 49, 51, 52]. Кроме того, исследователи древесины указывали не только на возможность, но и на необходимость использования осины и тополей, причем не только в прошлом [2, 10, 17], но и в последние десятилетия [21, 26, 34, 50 и др.].

Особенно интенсивно используется древесины тополей в последние десятилетия в Китае, Индии, в странах Южной Америки, где на миллионах гектаров созданы тополевые плантации, большей частью на орошении, для снабжения древесиной перерабатывающих производств. Однако если в зарубежных странах бурно развиваются отрасли промышленности, перерабатывающие осиновую и тополевую древесину, то в нашей стране это наблюдается в гораздо меньшей степени. Многие годы идут разговоры о том, что делать с десятками миллионов кубометров осины в Подмосковье. Разрабатываются специальные виды рубок и других мероприятий в лесах Ленинградской области для уничтожения осины. При этом практикуются приемы рубки крупногабаритных деревьев осины и оставления их на перегнивание, чтобы через 40...50 лет и более, возможно, вырастить ель. В Астраханской области после ликвидации целлюлозно-картонного комбината не знают, что делать с насаждениями быстрорастущих тополей.

В отличие от нашего нерационального отношения к природным богатствам ряд стран используют для производства строительных материалов даже так называемую вторичную древесину, которую получают из отживших свой век построек, мебели и других предметов хозяйственного обихода [34, 50].

В связи с этим целью настоящей публикации является рассмотрение вопроса о возможности использования осиновой и тополевой древесины и ее рациональной утилизации как в нашей стране, так и за рубежом.

Краткая характеристика древесины некоторых видов рода Populus

Древесина осины и других видов тополей, как правило, имеет прямые волокна и однородную текстуру, легко обрабатывается. В сухом виде она белого цвета, без запаха и смол, что ценится достаточно высоко.

Характеристики древесины огромного количества видов (более 250), а также перечень разнообразных продуктов и технологий их производства в виде натуральной древесины или различных композиционных материалов на ее основе приведены в справочнике «Древесина как инженерный материал» [50], который издан лабораторией лесных продуктов сельскохозяйственного департамента США в 2010 г. и приурочен к 100-летию данной лаборатории. Для характеристики древесины и продуктов на основе европейской осины *Populus tremula* L. и других видов тополей использовались данные и из этого справочника.

Плотность древесины при влажности 12 % колеблется в зависимости от видовой принадлежности, возраста и условий произрастания. По данным Б.Д. Уголева [21] она составляет 495 кг/м³ для осины и 455 кг/м³ для тополя (к сожалению, в работе не указан вид). В Центральной лесостепи осина 5-го класса возраста при аналогичной влажности имеет плотность 500...502 кг/м³ для условий С₂ и 450...498 кг/м³ для условий Е₃ [24]. У американских видов (*P. tremuloides* и *P. grandidentata*) при влажности древесины 12 % удельный вес варьирует от 0,38 до 0,39 г/см³ [50].

Исследование плотности древесины разных сортов и клонов тополей 9-летнего (из Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области) и 11-летнего (в пойме р. Кубань Краснодарского края) возраста показало значительное варьирование этого показателя [33]. Так, в первом случае наиболее высокая плотность отмечена у местного тополя черного (544 кг/м³), самая низкая – у тополя Русского (345 кг/м³). У евро-американских гибридов черных тополей (Брабантика-175, Каролинский-62, Робуста-236, Сакрау-59, Вернирубенс) этот показатель изменялся от 459 до 488 кг/м³. В пойме р. Кубань плотность у евро-американских тополей (Робуста-236, I-154, Вернирубенс) составляла 419...432 кг/м³. Для сравнения: плотность древесины наших главных пород (сосны и дуба), по данным Б.Д. Уголева [21], соответственно 505 и 690 кг/м³.

Некоторые другие показатели физико-механических свойств древесины тополей, произрастающих в России, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические показатели древесины тополей (влажность 12 %)

Показатель	Осина	Тополь	Цитируемый источник	
Прочность при сжатии вдоль волокон: МПа кг/см ²	43	40	Уголев, 2007 [21]	
	331...359	–	Tsarev, 2013 [47]	
Прочность при растяжении вдоль волокон, МПа	121	88	Уголев, 2007 [21]	
	–	44,8...91,7	Якимов и др., 1981 [33]	
Прочность при растяжении поперек волокон, МПа	7,1	–	Уголев, 2007 [21]	
Прочность при статическом изгибе: МПа кг/см ²	77	68	Уголев, 2007 [21]	
	653...673	40,3...81,4	Якимов и др., 1981 [33]	
Прочность при скалывании вдоль волокон, МПа	6,2	6,0	Уголев, 2007 [21]	
	–	6,0...10,4	Якимов и др., 1981 [33]	
Статическая твердость, Н/мм ² :				
	торцевая	25,8	26,7	
	радиальная	18,7	18,5	Уголев, 2007 [21]
	тангентальная	19,6	–	

Если сопоставить данные табл. 1 с аналогичными показателями сосны и дуба по Б.Д. Уголеву [21], то выяснится, что более низкие показатели прочности при статическом изгибе и скалывании вдоль волокон, а также статической твердости наблюдались у осины и тополей. Однако осина оказалась более прочной, чем сосна: при сжатии поперек волокон – 5,4 МПа против 5,1 МПа, при растяжении вдоль волокон – 121 МПа против 109 МПа, при растяжении поперек волокон – 7,1 МПа против 5,4 МПа. При этом и осина, и тополь уступали по этим показателям древесине дуба.

Следует отметить, что древесина осины и других видов тополей хорошо впитывает обрабатывающие растворы, краски и клеи, что позволяет использовать ее в широком спектре изделий.

По химическому составу древесина осины состоит из целлюлозы – 42...52 %, лигнина – 17...22 %, гемицеллюлоз (пентозанов и гексозанов) – 17...24 и 2,6...4,5 % соответственно и некоторых других веществ [21]. По содержанию целлюлозы она близка к ели (42...51 %) и сосне (40...49 %), значительно превышая по этому показателю дуб (37 %). Состав американской осины (*P. tremuloides*): целлюлоза – 53 %, гемицеллюлозы – 31 %, лигнин – 16 % [34]. Высокое содержание целлюлозы и довольно низкое содержание лигнина позволяет использовать эту древесину в целлюлозно-бумажной промышленности.

Традиционное использование древесины осины и других видов тополей

На возможность использования древесины осины и других тополей обращали внимание у нас в стране еще во времена зарождения научного лесоводства, а также на протяжении XX в. [1, 2, 4, 5, 9, 10, 15–17, 20, 22, 24, 32 и др.]. Более 50 лет тому назад А.С. Яблоков в своем обстоятельном обзоре [32] указывал на многообразие применения *Populus tremula* L., приводя наиболее используемые направления.

Строительный материал. Брусья для постройки домов, стропила, балки для потолков, доски для пола, дрань для кровли, обшивка погребов и колодцев, шпалы (после пропитки антисептиками), рудстойка и др. Отдельные элементы кровельной драни называются гонтом, а в Карелии – лемехами. Они использовались для кровли храмов (рис. 1).

Подделочный материал. Мебель, рамы, деревянная посуда, детские игрушки и различные изделия домашнего обихода. В середине XX в. во Франции изготавливали мебель из древесины черных тополей.

Производство тары. Бочки для перевозки и хранения соли, сахара, муки, извести, крахмала, меда, соленых грибов и др., ящики, кадки. Древесная шерсть (мелкая стружка из осины) для упаковки плодов, яиц и др. Во Франции из шпона черных тополей толщиной 1...3 мм производили ящики для перевозки фруктов, овощей, упаковки сыра и др.

Спички и фанера. Использование осинового кряжа в производстве спичек и спичечного шпона как для собственного потребления, так и на экспорт значительно истощили запасы здоровой осины в лесах СССР. Теперь нужны немалые усилия, чтобы найти здоровые осинники. В связи с этим необходимо проводить специальные работы по гибридизации и селекции осины.

Целлюлозно-бумажная и вискозная промышленность. Осина и другие тополя отличаются небольшими размерами древесинных волокон. Их длина у тополя в среднем около 1,0 мм при варьировании от 0,70 до 1,60 мм, у осины – от 0,55 до 1,60 мм. При этом диаметр волокон составляет 17...44 мкм



а

б

Рис. 1. Примеры использования осины в строительстве: *а* – кровля лемехами маковок церкви XVI в. на о. Кижы в Карелии (сентябрь 2010 г., фото Н.В. Лаур); *б* – кровля из осинового гонта маковки церкви в Саввино-Сторожевском монастыре в г. Звенигород (апрель 2017 г., фото А.П. Царева)

Fig. 1. The use of aspen in construction: *a* – wood shingle roofing of onion domes of the 16th century church, Kizhi island, Kareliya (September, 2010, photo by N.V. Laur); *b* – aspen shingle roofing of onion dome of the church in Savvino-Storozhevsky Monastery in Zvenigorod (April, 2017, photo by A.P. Tsarev)

для тополя и 20...44 мкм для осины [21]. Размеры волокон у американских видов осин и тополей несколько выше (длина – около 1,3 мм, диаметр – 20...30 мкм) [34]. Несмотря на небольшую длину волокна достоинства осины (белизна и мягкость древесины, отсутствие в ней красящих веществ и смол, проницаемость для кислот и щелочей) позволяют использовать ее для производства бумаги. Раньше целлюлоза из осины шла на изготовление искусственного шелка.

Химическая переработка и топливо. Из древесины осины и тополя производились уголь, деготь, уксусная кислота, из пентозанов получался фурфурол. Осиновые дрова, дающие длинное некоптящее пламя, применялись для обжига глиняных изделий (черепица, кирпич, гончарные изделия), прочистки дымоходов и др.

Корм и лекарственное сырье. Ветви и листья использовались в качестве корма для скота. В коре осины и тополей содержится популин, который может применяться вместо салицина для лечения некоторых заболеваний.

Современное использование древесины осины и других видов тополей

В XXI в. предложены новые направления использования древесины и древесной массы из осины и тополя. Особенно они развиты в странах Северной и Южной Америки, Западной Европы, в Китае, Индии и др. В настоящей статье приводится только краткий перечень направлений применения древесины некоторых видов рода *Populus* (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые позиции применения древесины тополей

№ п/п	Наименование продукции	
	на русском языке	на английском языке
1	Пиловочник и другие древесные материалы	<i>Saw log and other wood materials</i>
2	Композиты и панели	<i>Composites and panel products</i>
2.1	Шпон и фанера	<i>Veneer and plywood</i>
2.2	Древесноволокнистые плиты (ДВП)	<i>Fiber board</i>
2.3	Древесностружечные плиты (ДСтП)	<i>Particleboard</i>
2.4	Ориентировано стружечные плиты (ОСП)	<i>Oriented strandboard (OSB)</i>
2.5	Древесно-цементные композиты (ДЦК)	<i>Wood-cement composites</i>
2.6	Древесно-пластиковые композиты (ДПК)	<i>Wood-plastic composites</i>
3	Клееные строительные изделия	<i>Glued structural products</i>
3.1	Ламинированные стружечные брусья (ЛСБ)	<i>Laminated strand lumber (LSL)</i>
3.2	Параллельно стружечные брусья (ПСБ)	<i>Parallel strand lumber (PSL)</i>
3.3	Ламинированные шпоновые брусья (ЛШБ)	<i>Laminated veneer lumber (LVL)</i>
3.4	Интегрированные лаги	<i>I-joists</i>
4	Целлюлоза и бумага	<i>Pulp and paper</i>
5	Энергия биомассы	<i>Biomass energy</i>

Приведем краткие характеристики перечисленных в табл. 2 позиций применения тополевой древесины [21, 38, 47–51 и др.].

1. *Пиловочник и другие натуральные древесные материалы.* По качеству пиломатериалы из тополя уступают другим древесным породам. Так, исследования в США показали, что только 15 % пиломатериалов из тополя были отнесены к высокому качеству (отборные – 1-го сорта), 25 % – к среднему (2-го и 3-го сорта), 60 % – к низкому. Поэтому для использования тополевой древесины необходима более глубокая ее переработка.

2. *Композиты и панели.* Композиты на сегодняшний день имеют широчайшие возможности для применения. Это обусловлено тем, что для их изготовления не требуются деревья большого диаметра, а форма ствола не является критичной. Однако к некоторым композитам предъявляются специфические требования по содержанию коры, минимальному диаметру, длине волокна или обесцвечиванию. С другой стороны, для производства композитов можно использовать отходы и вторичную древесину, что часто делается в Европе. Эффективность преобразования исходных бревен в готовые пиломатериалы редко превышает 45 %, тогда как эффективность для композитов может варьировать от 50 до 95 %, в зависимости от типа продукта [34].

В составе композита два или более элементов с ценными характеристиками объединяются в новый материал, часто новый материал имеет больше полезных свойств, чем входящие в него составляющие.

2.1. *Шпон и фанера.* Тополевая древесина подходит для производства шпона и фанеры, но для этого требуется кряж самого высокого качества. Тополевые свежесрубленные бревна из-за их низкой плотности и высокой влажности требуют предварительной подготовки. Оптимальная температура окорки тополей около 16 °С, но подходящий результат можно получить в пределах 7...30 °С [34]. Таким образом, даже в зимние месяцы температура бревен должна быть около 7 °С. Толщина получаемого шпона, как правило, составляет 2,1...5,0 мм в зависимости от типа изготавливаемой фанеры (рис. 2).

Тополевая фанера отличается низкими значениями плотности и веса, используется для изготовления мебели. Она может облагораживаться покрытием облицовочным шпоном из декоративной древесины (орех, дуб, каштан и др.). В Китае используется древесина даже с сердцевинной красниной и гнилью. В этом случае лущение шпона производится до пораженной части, а цветной шпон закладывается в средние слои фанеры (рис. 2).



Рис. 2. Изготовление фанеры и мебельных плит из тополя: *a* – разгрузка тополевых бревен; *б* – получение шпона; *в* – сушка шпона; *г* – складирование шпона; *д* – изготовление фанеры; *е* – мебельные фанерные плиты из тополя, облицованные дубовым шпоном (КНР, ноябрь 2008; фото А.П. Царева)

Fig. 2. Production of plywood and lumber core boards from poplar: *a* – unloading of poplar logs; *б* – formation of veneer; *в* – drying of veneer; *г* – grading and packing of veneer; *д* – production of plywood; *е* – lumber core boards from poplar veneered with oak (People's Republic of China, November, 2008, photo by A.P. Tsarev)

Кроме того, из остающихся при изготовлении фанеры сердечников бревен, если они не поражены сердцевинной гнилью, могут производиться держатели жестких стеллажей для различных товаров. Тополевый шпон характеризуется отсутствием смол, запаха и легко поддается пропитке различными веществами. Его широко используют в спичечной промышленности, а также в качестве упаковки (фруктовые и овощные корзины, коробки для сыра и др.).

2.2. Древесноволокнистые плиты. Термин древесноволокнистые плиты (ДВП) включает в себя группу товаров, в которых компонентами материала являются волокна и их пучки. Различают три основных продукта: изоляционный картон (доска изоляции – *board*), ДВП средней плотности (MDF – *medium-density fiber board*) и ДВП-оргалит (*hardboard*). Сырьем обычно служат отходы: стружки, опилки, древесная щепа.

Доска изоляции имеет самую низкую плотность из различных ДВП ($190...380 \text{ кг/м}^3$), ее производство не предполагает горячего прессования.

ДВП средней плотности (ДВПСП) – это полученный сухим способом составной продукт, произведенный из лигноцеллюлозных волокон в сочетании с синтетическими смолами и другими добавками, которые объединены в жесткую панель при высоких температуре и давлении. Плотность ДВПСП составляет $500...800 \text{ кг/м}^3$. Материал используется для изготовления мебели, молдингов (лепных украшений) и шкафов.

ДВП-оргалит имеет наивысшую плотность ($625...1100 \text{ кг/м}^3$). Он широко применяется в строительстве (сайдинг, облицовка гаражей, межкомнатные двери), а также при изготовлении мебели, стеллажей в магазинах, игрушек, автомобильных интерьеров и т. п.

2.3. Древесностружечные плиты (ДСтП) – это составные панели, изготовленные из частиц или хлопьев из дерева и других лигноцеллюлозных материалов, в которых частицы соединяются с помощью синтетических клеев. ДСтП производят плотностью $550...800 \text{ кг/м}^3$. Тополя хорошо подходят для изготовления ДСтП, особенно из-за своей хорошей гибкости и сжимаемости.

2.4. Ориентировано стружечные плиты (ОСП) – это инженерно-спроектированные структурные панели, изготовленные из прядей, больших хлопьев или слоев, как правило, отрезанных от бревна малого диаметра. Панели часто имеют слоистую конструкцию, как фанера, где в поверхностном слое пряди будут выровнены по длине панели, в то время как внутренний слой состоит из перекрестно или случайно расположенных прядей. Размеры слоя, которые используются большинством производителей, находятся в диапазоне $150 \times 25 \text{ мм}$. Отрасль ОСП начала развиваться из производства ДСтП в Канаде с использованием осины примерно в 1980 г. В настоящее время ОСП выпускают по всему миру. Они имеют широкий спектр применения, включая строительство, упаковку и тару, поддоны, каркасы мебели и др.

2.5. Древесно-цементные композиты. Они представляют собой смесь прядей, частиц, стружки или волокон древесины с цементом (обычно с порландцементом), из которой изготавливают панели, плитки, брусья, блоки, кирпич и другие продукты, используемые в строительной отрасли. Серийно выпускаемые композиты могут содержать по массе от 5 до 70 % частиц, стружки или волокон древесины. Тополя подходят для древесно-цементных композитов. Для изготовления древесно-цементных панелей повышенной прочности (эксцельсиор-панели) обычно используют древесную шерсть (тонкие длинные стружки) из осины. В этом случае диапазон их плотности и толщины может составлять $250...500 \text{ кг/м}^3$ и $25...100 \text{ мм}$ соответственно. Как древесностружечные

цементные панели, так и эксцельсиор-панели получили широкое распространение (акустические потолочные панели в общественных и коммерческих зданиях, облицовка промышленных и складских зданий, брендмауэры, недорогие элементы строений, корпуса, звуковые барьеры и т. п.).

2.6. *Древесно-пластиковые композиты (ДПК)* – это смеси из древесных волокон или диспергированных частиц древесины, заключенных в полимерную матрицу. Они используются в производстве легковых и грузовых автомобилей для изготовления различных деталей кузова (дверные панели, спинки сидений, подголовники, приборные панели, подлокотники, багажники, покрытия для запасных колес, солнцезащитные козырьки и др.), а также внешней обшивки и системы ограждений, дверных и оконных профилей, напольных покрытий, декоративной отделки, жалюзи, жалюзийных дверей и сайдинга, кровельной плитки и др. Производство компонентов для офисной и бытовой мебели является новейшей областью применения ДПК. Их высокая прочность, влагостойкость и не раскалывающаяся поверхность идеально подходят для кормораздатчиков, разбрасывателей удобрений и силосования в сельском хозяйстве.

3. *Клееные строительные изделия.* Клееные материалы включают ламинированные стружечные брусья (ЛСБ), параллельно стружечные брусья (ПСБ), ламинированные шпоновые брусья (ЛШБ), клееные брусья и панели и другие материалы.

3.1. *Ламинированные стружечные брусья (ЛСБ).* Как ЛСБ, так и ПСБ являются составными пиломатериалами, которые могут быть изготовлены из древесины тополя. Разница в том, что в ЛСБ стружки такого же типа, какие используются в ОСП, но длиннее (до 300 мм), а в ПСБ полосы («усы») из шпона являются основными древесными компонентами. Эти брусья замещают брусья из ценной древесины.

3.2. *Параллельно стружечные брусья (ПСБ).* В производстве ПСБ тонкие и длинные полосы из шпона используются в композите. Для ПСБ толстый соединительный профиль создается в непрерывной СВЧ пресс-системе. Можно изготовить заготовки с размерами сечений 280×480 мм и длиной до 20 м, использовать тонкомерную древесину, получаемую на короткоротационных плантациях тополя.

3.3. *Ламинированные шпоновые брусья (ЛШБ).* Это многослойный, спроектированный материал, состоящий из ламинированного шпона, в котором детали расположены параллельны друг другу по всей длине готового изделия. Листы шпона скреплены вместе водонепроницаемым структурным клеем. Основными конкурентными преимуществами ЛШБ являются их однородность, стабильность размеров и высокая прогнозируемых прочностных свойств. Различают структурные и неструктурные ЛШБ. Первые должны быть изготовлены с водостойким клеем, применяются в покрытиях как жилых, так и нежилых зданий в качестве опорных балок, ферм, стропил, обрешетки и др., вторые могут быть использованы в оконных и дверных рамах, при изготовлении лестниц, мебели и др.

3.4. *Интегрированные лаги (I-joists, И-лаги).* Это группа инженерно спроектированных древесных продуктов, внутренность которых составлена из структурных панелей, например ОСП (OSB) или фанеры, скрепленных двумя фланцами из сплошного бруса или ЛШБ. И-лаги используют в жилищном и коммерческом строительстве в качестве половых лаг, междуэтажных перекрытий, при изготовлении крыш и т. п.

4. *Целлюлоза и бумага.* Древесина тополя пригодна для всех методов производства целлюлозы, которые используются в настоящее время: механический (древесная масса), полухимический и химический (сульфатный – щелочной, сульфитный – кислотный). Выход продукта при механическом процессе составляет 90...96 %, при термомеханическом – 90...94 %, при химико-термомеханическом – 85...90 %, при химическом – 43...50 % [34]. В исследованных в Астрахани 9-летних тополях содержание целлюлозы колебалось от 40 до 56 %, выход полуфабриката – от 54 до 70 %, сопротивление излому (число двойных перегибов) – от 1377 до 2615 Н, раздиранию – от 0,392 до 0,627 Н [27].

Выход целлюлозы из древесины 40-летних тополей составлял от 57,0 до 63,5 %, из осины – от 55,3 до 55,8 % [30]. Основные области применения тополевой целлюлозы: производство специальных бумажных изделий (салфеток, полотенец, абсорбентных тканей и некоторых сортов бумаги); в смеси с хвойной целлюлозой для получения полиграфической бумаги; изготовление картона для упаковки, изоляционных материалов, потолочной плитки, рубероида и др.

5. *Энергия биомассы.* Возможность использования тополевой биомассы для получения биоэнергии испытывается с последней четверти XX в. [25, 28, 31, 34, 38, 40, 41, 44, 46, 51, 53–55]. Во многих странах получены практические результаты. Для этого применяются как отходы древесины при лесозаготовках и деревообработке, так и продукция из специально создаваемых короткоротационных плантаций.

Для преобразования биомассы в энергию существует три основных направления: тепловой; биологический или биохимический; физический [34]. При тепловых и термохимических процессах осуществляются прямое сжигание (тепло как конечный продукт), газификация и пиролиз. Биологические методы предполагают использование ферментов и бактерий для разложения и превращения биомассы в жидкость (этанол) и газы с помощью анаэробного брожения (метан – CH_4). Физические или физико-химические методы использует гидролиз (нагрев и давление), чтобы превратить сахара и лигнин биомассы в ароматические углеводороды, которые могут быть дополнительно переработаны в конечную продукцию, например этанол.

Заключение

Тополовая древесина находит широкое применение в различных отраслях промышленности и в домашнем обиходе.

Использование мягколиственных пород позволяет в различных странах мира, с одной стороны, восполнять дефицит имеющихся лесных древесных ресурсов, а с другой – развивать направление замещения дорогих материалов более дешевыми.

Следует отметить, что применение древесины тополя не только позволяет экономить качественную древесину, но и предполагает создание высокотехнологичных производственных процессов и получение новых материалов.

Однако, несмотря на проведенные многочисленные исследования и опыт использования древесины осины и других тополей, быстрый рост этих древесных пород и возможность их применения при производстве многочисленных продуктов, именно в нашей стране этот ресурс явно недооценен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альбенский А.В.* Культура тополей. М.: Гос. лесотехн. изд-во, 1946. 45 с.
2. *Арнольд Ф.К.* Русский лес. Т. II, ч. I. СПб.: Изд. А.Ф. Маркса, 1898. 705 с.
3. *Бакулин В.Т.* Триплоидный клон осины в лесах Новосибирской области // Генетика. 1966. № 11. С. 58–68.
4. *Бессчетнов П.П.* Тополь (культура и селекция). Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. 152 с.
5. *Богданов П.Л.* Тополя и их культура. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 104 с.
6. *Владимиров Б.Н.* Гибридизация осины // Науч. тр. МЛТИ. 1972. Вып. 43. С. 49–57.
7. Государственный лесной реестр 2013: стат. сб. М.: Рослесинформ, 2014. 690 с.
8. *Иванников С.П.* Селекция осины в лесостепи на быстроту роста, устойчивость против гнили и качество древесины // Опыт и достижения селекции лесных пород: тр. ВНИИЛМ. 1959. Вып. 38. С. 63–124.
9. *Иванников С.П.* Тополь. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 85 с.
10. *Куницыкий Б.А.* О разновидностях осины // Лесн. журн. 1888. № 3. С. 328–334.
11. Лесной фонд РСФСР: стат. сб. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1958. 92 с.
12. Лесной фонд РСФСР (по материалам учета лесного фонда на 1 янв. 1961 г.): стат. сб. М.: Гослесбумиздат, 1962. 628 с.
13. Лесной фонд России (по учету на 1 янв. 1993 г.): справ. М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. 280 с.
14. Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 янв. 2003 г.): справ. М.: ВНИИЛМ, 2003. 640 с.
15. *Мелехов И.С.* Пути воспроизводства лесосырьевых ресурсов для целлюлозно-бумажной промышленности // Актуальные вопросы исследования лесов Сибири: тез. докл. Всесоюз. конф., Красноярск, 28–30 сент. 1981 г. Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1981. С. 104–106.
16. *Михайлов Л.Е.* Осина. М.: Агропромиздат, 1985. 72 с.
17. *Нестеров Н.С.* О пользе осины в нашем лесном хозяйстве // Лесн. журн. 1887. № 6. С. 677–687.
18. Об утверждении лесоустроительной инструкции: приказ Рослесхоза № 516 от 12.12.2011 г.: с измен. от 11.11.2014 г. М., 2012. 35 с.
19. Распределение площади лесов и запасов древесины по преобладающим породам и группам возраста на 01.01.2011 г. М.: Федер. агентство лесн. хоз-ва, 2011.
20. *Смилга Я.Я.* Осина. Рига: Зинатне, 1986. 239 с.
21. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение и лесное товароведение: учеб. М.: МГУЛ, 2007. 351 с.
22. *Фокель Ф.Г.* Собрание лесной науки / подгот. [вступ. ст.] Г.И. Редько; СПб ЛТА. 2-е изд. СПб.; Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1996. Ч. I. 207 с.
23. *Царев А.П.* Селекция осины в Воронежской области // Лесная генетика, селекция и семеноводство: [сб. по материалам совещания, состоявшегося 12–15 дек. 1967 г. в г. Петрозаводске]. Петрозаводск: Карелия, 1970. С. 346–352.
24. *Царев А.П.* Сортоведение тополя: моногр. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1985. 152 с.
25. *Царев А.П.* Древесина – как источник получения биоэнергии // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2015. С. 100–103.
26. *Царев А.П., Лаур Н.В.* Динамика породного состава лесного фонда РФ // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы Второй всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 65-летию высшего лесного образования в Республике Карелия, 24 мая 2016 г. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2016. С. 276–279.
27. *Царев А.П., Хэ А.Ф., Царева Р.П.* Технические показатели древесины и бумажного полуфабриката некоторых сортов тополей, выращенных в орошаемых условиях полупустыни // Современные проблемы древесиноведения: тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф., 22–24 сент. 1981. Воронеж: ВЛТИ, 1981. С. 177–180.

28. Царев А.П., Царев В.А. Биомасса тополей подрода *Europulus* Dode для производства биоэнергии // Лесн. вестн.–Вестн. МГУЛ. 2015. Т. 19, № 6. С. 57–62.

29. Царева Р.П. Селекция осины // Царев А.П., Погиба С.П., Лаур Н.В. Селекция лесных и декоративных древесных растений: учеб. / под ред. А.П. Царева. М.: МГУЛ, 2014. С. 350–363.

30. Царева Р.П., Евлаков П.М., Царев А.П., Вариводина И.Н., Царев В.А. Результаты опытной варки древесины перспективных для ЦЧР форм тополей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 5, ч. 3. С. 75–79.

31. Шегельман И.Р., Шукин П.О., Морозов М.А. Место биоэнергетики в топливно-энергетическом балансе лесопромышленного региона // Наука и бизнес: пути развития. 2011. № 6. С. 151–154.

32. Яблоков А.С. Воспитание и разведение здоровой осины. М.: Гослесбуиздат, 1963. 442 с.

33. Якимов И.В., Казанцев И.Я., Шаталов В.Г. Физико-механические свойства древесины сортовых тополей в пойменных условиях Нижней Волги и Северного Кавказа // Современные проблемы лесосиноведения: тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф., 22–24 сент. 1981. Воронеж: ВЛТИ, 1981. С. 288–291.

34. Balatinecz J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., Acker J.V. Properties, Processing and Utilization // *Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment* / ed. by J.S. Isebrands, J. Richardson. London: FAO, 2014. Pp. 527–561.

35. Breeding Programmes in Sweden. Arbetsrapport. Uppsala: Scog Forsk, 1995. No. 302. 25 p.

36. Carle J., Holmgren P. Wood from Planted Forests: A Global Outlook 2005–2030 // *Journal Forest Products*. 2008. Vol. 58, no.12. Pp. 6–18.

37. Del Lungo A., Ball J., Carle J. Global Planted Forests Thematic Study. Results and Analysis // *Planted Forests and Trees Working Papers*. Working Paper 38. Rome: FAO, 2006. 168 p.

38. Hoffmann M. Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. Hann. Münden, Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten. 2005. Band 8. 145 S.

39. Houtzagers G. Het Geslacht *Populus* Verband met zijn Beteekenis voor de Houtteelt [The Genus *Populus* and its Significance in Silviculture]. Vageningen: H. Veenman & Zonen, 1937. 266 S.

40. Isebrands J.G., Karnosky F. Environmental Benefits of Poplar Culture // *Poplar Culture in North America* / ed. by D.I. Dickmann, J.G. Isebrand, J.E. Eckenwalder, J. Richardson. Ottawa: NRC Research Press, 2001. Pp. 207–218.

41. Kollert W., Carle J., Rosengren L. Poplars and Willows for Rural Livelihoods and Sustainable Development // *Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment* / ed. by J.G. Isebrands, J. Richardson. Rome: FAO, 2014. Pp. 577–602.

42. Meyer M. Trockenheistreaktion und Holzanatomische Eigenschaften der Zitterpappel (*Populus tremula* L.) – Physiologie und QTL-Mapping: Disertation zur Erlangung des akademischen Grades Doctor rerum silvarum. Dresden, den 02. Juni 2010. 147 S.

43. Sinclair F.L. Agroforestry // *Encyclopedia of Forest Sciences*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Ltd., 2004. Pp. 27–32.

44. Stanton B.J., Serapiglia M.J., Smart L.B. The Domestication and Conservation of *Populus* and *Salix* Genetic Resources // *Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment* / ed. by J.G. Isebrands, J. Richardson. Rome: FAO, 2014. Pp. 124–199.

45. Stout A.B., McKee R., Schreiner E.J. The Breeding of Forest Trees for Pulp Wood // *Journal of the New York Botanical Garden*. 1927. Vol. 28, no. 327. Pp. 49–63.

46. Tsarev A.P. Natural Poplar and Willow Ecosystems on a Grand Scale: the Russian Federation // *Unasylya*. 2005. Vol. 56, iss. 221, no. 2. Pp. 10–11.

47. Tsarev A.P. Growth and Breeding of Aspen in Russia // *Silvae Genetica*. 2013. Vol. 62, iss. 1–6. Pp. 153–160.

48. Tsarev A.P. Resource Potential of Aspen in Russia // The Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future Green Economies. International Poplar Commission – 25th Session. Berlin, Germany, September 13–16, 2016. Abstracts of Submitted Papers and Posters. Forestry Policy and Resources Division Forestry Department. Working Paper IPC/14. Rome: FAO, 2016. 174 p.

49. Tsarev A., Wühlisch G., Tsareva R. Hybridization of Poplars in the Central Chernozem Region of Russia // *Silvae Genetica*. 2016. Vol. 65, iss. 2. Pp. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1515/sg-2016-0011>. Режим доступа: <https://content.sciendo.com/downloadpdf/journals/sg/65/2/article-p1.xml> (дата обращения: 27.10.2017).

50. Wood Handbook – Wood as an Engineering Material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: USDA Forest Products Laboratory, 2010. 508 p.

51. Wühlisch G von. Ergebnisse der Züchtung von Pappeln und Aspen in Großhansdorf. Perspektiven für die Energie – und Rohstoffherzeugung // *Vortr. Pflanzenzüchtung*. 2006. Band 70. S. 157–172.

52. Wuehlish G von. Growth Performance of F1-Hybrids, Backcrossed Hybrids and F2-Hybrids of *Populus tremula* and *Populus tremuloides* // *Poplars and Willows: from Research Models to Multipurpose Trees for a Bio-Based Society*. Fifth Intern. Poplar Symp. Orvieto, Italy, September 20–25, 2010. 37 p.

53. Wuehlish G. Status of Short-Rotation Coppices (SRC) with Poplar and Willow in Germany. Improving Lives with Poplars and Willows. International poplar Commission. 24th Session. Dehradun, India, October 30 – November 2, 2012. Abstracts of Submitted Papers. Working Paper IPC/11. Rome: FAO, 2012. 112 p.

54. Ylitalo E., Mustonen M. Consumption of Renewable Energy and Wood Fuels in the European Union // *Forest Bioenergy for Europe*. 2014. No. 4. Pp. 17–22.

55. Zuffa L., Giordano E., Pryor L.D., Stettler R.F. Trends in Poplar Culture: Some Global and Regional Perspectives // *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation* / ed. by R.F. Stettler, Jr. H.D. Bradshaw, P.E. Heilman, T.M. Yinckley. Ottawa: NRC Research Press, 1996. Pp. 515–539.

Поступила 15.03.18

UDC 691.113+630*165

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.5.48

The Diversity of Use of Poplar Wood

A.P. Tsarev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, ul. Lomonosova, 105, Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: antsa-55@yandex.ru

There is a trend to increase the area of aspen plantations in Russia. According to official data there are about 24–25 mln hectares with stockpiles about 3715 mln m³. There are also plantations of other poplar species. It is about 962 thousands hectares with 144 mln m³ of stockpiles. However, this valuable resource remains in little demand in our country due to the depletion of healthy aspen forests and undeveloped infrastructure of processing and use of poplar wood. Analysis of the use of poplar wood resources in the past and consideration of the trends of increasing their consumption in current conditions exemplified by local and foreign experience are the main purposes of the present study. The literature search and the authors own observations allowed to conclude that in the past (18th – 20th century) in our country aspen wood was used mostly for domestic purposes. Slowly it had being implemented

For citation: Tsarev A.P. The Diversity of Use of Poplar Wood. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2018, no. 5, pp. 48–64. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.5.48

in industrial production such as: construction; production of wood articles, packaging, matches, plywood, cardboard and paper; chemical processing; charcoal burning, fuel, branch feed, etc. In the second half of the 20th century and in the beginning of the 21st century, the use of aspen and poplar wood has been increased dramatically around the whole world. This is due to the increasing of its use for traditional purposes and creation new materials with the use of new technologies. It is possible to identify the most common options of poplar and aspen wood applications. There are logs and other natural wood materials; composites and panel: veneer and plywood, fibreboard, particleboard, oriented strand board (OSB), wood-cement composites, wood-plastic composites; glued structural products: laminated strand lumber (LSL), parallel strand lumber (PSL), laminated veneer lumber (LVL), integrated joists (I-joists); pulp and paper; the use of biomass energy; etc. A brief characteristic of these materials is given in the paper. It is advisable to use aspen and poplar wood resources more careful and efficient due to the existing experience of new technologies application and huge reserves of these resources in Russia.

Keywords: wood, poplar, aspen, fibreboard, particleboard, oriented strand board, laminated strand lumber, parallel strand lumber, laminated veneer lumber, bioenergy.

REFERENCES

1. Al'benskiy A.V. *Kul'tura topoley* [Poplar Culture]. Moscow, Gos. lesotekhn. izd-vo, 1946. 45 p. (In Russ.)
2. Arnol'd F.K. *Russkiy les* [Russian Forest]. Saint Petersburg, A.F. Marks Publ., 1898, vol. 2, part 1, 705 p. (In Russ.)
3. Bakulin V.T. Triploidnyy klon osiny v lesakh Novosibirskoy oblasti [Triploid Clone of Aspen in the Forests of Novosibirsk Region]. *Genetika* [Russian Journal of Genetics], 1966, no. 11, pp. 56–58.
4. Besschetnov P.P. *Topol' (kul'tura i selektsiya)* [Poplar: Culture and Breeding]. Alma-Ata, Nauka KazSSR Publ., 1981. 152 p. (In Russ.)
5. Bogdanov P.L. *Topolya i ikh kul'tura* [Poplars and Their Culture]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1965. 104 p. (In Russ.)
6. Vladimirov B.N. Gibrizatsiya osiny [Aspen Hybridization]. *Nauch. tr. MLTI* [Academic Papers of the Moscow Forest Technical Institute], 1972, no. 43, pp. 49–57.
7. *Gosudarstvennyy lesnoy reyestr 2013: stat. sb.* [State Forest Register 2013. Statistical Digest]. Moscow, Roslesinform Publ., 2014. 690 p. (In Russ.)
8. Ivannikov S.P. Seleksiya osiny v lesostepi na bystrotu rosta, ustoychivost' protiv gnili i kachestvo drevesiny [Aspen Breeding in Forest-Steppe on Growth Quickness, Steady against Heart Rot and Quality of Wood]. *Opyt i dostizheniya selektsii lesnykh porod: tr. VNIILM* [Experience and Achievements in Forest Tree Breeding. Proceedings of VNIILM], 1959, no. 38, pp. 63–124.
9. Ivannikov S.P. *Topol'* [Poplar]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1980. 85 p. (In Russ.)
10. Kunitskiy B.A. O raznovidnostyakh osiny [Aspen Species]. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 1888, no. 3, pp. 328–334.
11. *Lesnoy fond RSFSR: stat. sb.* [Forest Fund of the USSR. Statistical Digest]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1958. 92 p. (In Russ.)
12. *Lesnoy fond RSFSR (po materialam ucheta lesnogo fonda na 1 yanv. 1961 g.): stat. sb.* [Forest Fund of the USSR (According to the Materials of Forest Fund Inventory on January 1, 1961). Statistical Digest]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1962. 628 p. (In Russ.)
13. *Lesnoy fond Rossii (po uchetu na 1 yanv. 1993 g.): sprav.* [Forest Fund of the Russian Federation (According to the Inventory on January 1, 1993). Reference Book]. Moscow, VNIITSlesresurs Publ., 1995. 280 p. (In Russ.)
14. *Lesnoy fond Rossii (po dannym gosudarstvennogo ucheta lesnogo fonda po sostoyaniyu na 1 yanv. 2003 g.): sprav.* [Forest Fund of the Russian Federation (According to the State Forest Fund Inventory on January 1, 2003). Reference Book]. Moscow, VNIIL Publ., 2003. 640 p. (In Russ.)

15. Melekhov I.S. Puti vosproizvodstva lesosyr'yevykh resursov dlya tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti [The Directions of Forest Raw Material Resources Reproduction for Pulp and Paper Industry] *Aktual'nyye voprosy issledovaniya lesov Sibiri: tez. dokl. Vsesoyuz. konf., Krasnoyarsk, 28–30 sent. 1981 g.* [Issues of Importance of Siberian Forests Investigation. Scientific Conference Abstracts, Krasnoyarsk, September 27–28, 1981], Krasnoyarsk, 1981, pp. 104–106.

16. Mikhaylov L.E. *Osina* [Aspen]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 72 p. (In Russ.)

17. Nesterov N.S. O pol'ze osiny v nashem lesnom khozyaystve [About Benefits of Aspen in our Forestry]. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 1887, no. 6, pp. 677–687.

18. *Ob utverzhdenii lesoustroitel'noy instruktsii: prikaz Rosleskhoza № 516 ot 12.12.2011 g.* [The Order of the Federal Forestry Agency, December 12, 2011, no. 516 “On the Approval of Forest Management Instructions”]. Moscow, 2012. 35 p.

19. *Raspredeleniye ploshchadi lesov i zapasov drevesiny po preobladayushchim porodam i gruppam vozrasta na 01.01.2011 g.* [Distribution of Forest Area and Wood Resources According to the Dominant Wood Species and Age Groups, January 01, 2011]. Moscow, Feder. agentstvo lesn. khoz-va Publ., 2011.

20. Smilga Ya.Ya. *Osina* [Aspen]. Riga, Zinatne Publ., 1986. 239 p. (In Russ.)

21. Ugolev B.N. *Drevesinovedeniye i lesnoye tovarovedeniye: ucheb.* [Wood Technology and Forest Merchandizing. Textbook]. Moscow, MGUL Publ., 2007. 351 p. (In Russ.)

22. Fokel' F.G. *Sobraniye lesnoy nauki* [Collection of the Forest Science]. Arkhangel'sk, Sev.-Zap. kn. izd-vo, 1996, part 1, 207 p. (In Russ.)

23. Tsarev A.P. Seleksiya osiny v Voronezhskoy oblasti [Aspen Breeding in Voronezh Region]. *Lesnaya genetika, seleksiya i semenovodstvo: sb. po materialam soveshchaniya, sostoyavshegosya 12–15 dek. 1967 g. v g. Petrozavodsk* [Forest Genetics, Breeding and Seed Growing. Collection of the Meeting Data, Petrozavodsk, December, 12–15, 1967]. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1970, pp. 346–352.

24. Tsarev A.P. *Sortovedeniye topolya* [Poplar Breed Science]. Ed. by A.P. Tsarev, Voronezh, VGU Publ., 1985. 152 p. (In Russ.)

25. Tsarev A.P. Drevesina – kak istochnik polucheniya bioenergii [Wood as a Source of Bioenergy]. *Povysheniye effektivnosti lesnogo kompleksa: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem* [Improvement of the Effectiveness of Timber Complex. Proceedings of Sci. Pract. Conference with Int. Participation], Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2015, pp. 100–103.

26. Tsarev A.P., Laur N.V. Dinamika porodnogo sostava lesnogo fonda RF [Species Composition Dynamics of the Russian Federation Forest Fund]. *Povysheniye effektivnosti lesnogo kompleksa: materialy Vtoroy vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem, posvyashchennoy 65-letiyu vysshego lesnogo obrazovaniya v Respublike Kareliya, 24 maya 2016* [The Increasing of Timber Complex Efficiency. Proceedings of the Second Russian National Sci. Pract. Conf. with Int. Particip., dedicated to 65th Anniversary of the Higher Forestry Education in Karelia Republic, May 24, 2016]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2016, pp. 276–279.

27. Tsarev A.P., Khe A.F., Tsareva R.P. Tekhnicheskiye pokazateli drevesiny i bumazhnogo polufabrikata nekotorykh sortov topoley, vyrashchennykh v oroshayemykh usloviyakh polupustyni [Technical Characteristics of Wood and Paper Semi-Product of Some Poplar Breeds Cultivated in Irrigated Environment of Semidesert]. *Sovremennyye problemy drevesinovedeniya: tez. dokl. Vsesoyuz. nauch.-tekhn. konf., 22–24 sent. 1981* [Contemporary Issues of Wood Science. Abstracts of All-Union Sci.-Tech. Conf., September 22 – 24, 1981]. Voronezh, VLTi Publ., 1981, pp. 1977–1980.

28. Tsarev A.P., Tsarev V.A. Biomassa topoley podroda *Eupopulus Dode* dlya proizvodstva bioenergii [Biomass of *Eupopulus Dode* Poplars for Bioenergy Production]. *Lesnoy Vestnik* [Forestry Bulletin], 2015, vol. 19, no. 6, pp. 56–72.

29. Tsareva R.P. Seleksiya osiny [Breeding of Aspen]. Tsarev A.P., Pogiba S.P., Laur N.V. *Seleksiya lesnykh i dekorativnykh drevesnykh rasteniy: ucheb.* [Breeding of

Forest and Woody Ornamental Plants. Textbook]. Ed. by A.P. Tsarev, Moscow, MGUL Publ., 2014, pp. 350–363.

30. Tsareva R.P., Evlakov P.M., Tsarev A.P., Varivodina I.N., Tsarev V.A. Rezul'taty opytной varki drevesiny perspektivnykh dlya TSCHR form topoley [The Results of Experimental Kraft Pulping of Poplar Breeds with High Potential for Central Chernozem Region]. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [The Latest Trends of Scientific Research in the 21st Century: Theory and Practice]. 2014, no. 5, part 3, pp. 75–79.

31. Shegel'man I.R., Shchukin P.O., Morozov M.A. Mesto bioenergetiki v toplivno-energeticheskom balanse lesopromyshlennogo regiona [Place of Biopower in Fuel and Energy Balance of Forest Industry Region]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Ways of Development], 2011, no. 6, pp. 151–154.

32. Yablokov A.S. *Vospitaniye i razvedeniye zdorovoy osiny* [Raising and Breeding of Healthy Aspen]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1963. 442 p. (In Russ.)

33. Yakimov I.V., Kazantsev I.Ya., Shatalov V.G. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva drevesiny sortovykh topoley v poymennykh usloviyakh Nizhney Volgi i Severnogo Kavkaza [Physical and Mechanical Properties of Cultivar Poplar Wood in Flood Lands of Lower Volga Region and the North Caucasus]. *Sovremennyye problemy drevesinovedeniya: tez. dokl. Vsesoyuz. nauch.-tekhn. konf., 22–24 sent. 1981* [Contemporary Issues of Wood Science. Abstracts of All-Union Sci.-Tech. Conf., September 22–24, 1981]. Voronezh, VLTi Publ., 1981, pp. 288–291.

34. Balatinecz J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., Acker J.V. Properties, Processing and Utilization. *Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment*. Ed. by J.S. Isebrands, J. Richardson. London, FAO, 2014, pp. 527–561.

35. *Breeding Programmes in Sweden. Arbetsrapport*. Uppsala, Scog Forsk, 1995, no. 302, 25 p.

36. Carle J., Holmgren P. Wood from Planted Forests: A Global Outlook 2005–2030. *Journal Forest Products*, 2008, vol. 58, no 12, pp. 6–18.

37. Del Lungo A., Ball J., Carle J. Global Panted Forests Thematic Study. Results and Analysis. *Planted Forests and Trees Working Papers. Working Paper 38*. Rome, FAO, 2006. 168 p.

38. Hoffmann M. *Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl*. Hann. Münden, Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten. 2005, Band 8, 145 S.

39. Houtzagers, G. *Het Geslacht Populus Verband met zijn Beteekenis voor de Houtteelt* [The Genus *Populus* and Its Significance in Silviculture]. Vageningen, H. Veenman & Zonen, 1937. 266 S.

40. Isebrands J.G., Karnosky F. *Environmental Benefits of Poplar Culture. Poplar Culture in North America*. Ed. by D.I. Dickmann, J.G. Isebrand, J.E. Eckenwalder, J. Richardson, Ottawa, NRC Research Press, 2001, pp. 207–218.

41. Kollert W., Carle J., Rosengren L. Poplars and Willows for Rural Livelihoods and Sustainable Development. *Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment*. Ed. by J.G. Isebrands, J. Richardson, Rome, FAO, 2014, pp. 577–602.

42. Meyer M. Trockenheistreaktion und Holzanatomische Eigenschaften der Zitterpappel (*Populus tremula* L.) – *Physiologie und QTL-Mapping. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doctor rerum silvarum*. Dresden, den 02. Juni 2010. 147 S.

43. Sinclair F.L. Agroforestry. *Encyclopedia of Forest Sciences*. Amsterdam, Netherlands, Elsevier Ltd., 2004, pp. 27–32.

44. Stanton B.J., Serapiglia M.J., Smart L.B. The Domestication and Conservation of *Populus* and *Salix* Genetic Resources. *Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment*. Ed. by J.G. Isebrands, J. Richardson, Rome, FAO, 2014, pp. 124–199.

45. Stout A.B., McKee R., Schreiner E.J. The Breeding of Forest Trees for Pulp Wood. *Journal of the New York Botanical Garden*. 1927, vol. 28, no. 327, pp. 49–63.

46. Tsarev A.P. Natural Poplar and Willow Ecosystems on a Grand Scale: the Russian Federation. *Unasylva*. 2005, vol. 56, iss. 221, no. 2, pp. 10–11.
47. Tsarev A.P. Growth and Breeding of Aspen in Russia. *Silvae Genetica*, 2013, vol. 62, iss. 1–6, pp. 153–160.
48. Tsarev A.P. Resource Potential of Aspen in Russia. *The Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future Green Economies. International Poplar Commission – 25th Session. Berlin, Germany, September 13 – 16, 2016. Abstracts of Submitted Papers and Posters. Forestry Policy and Resources Division Forestry Department. Working Paper IPC/14*. Rome, FAO, 2016. 174 p.
49. Tsarev A., Wühlisch G., Tsareva R. Hybridization of Poplars in the Central Chernozem Region of Russia. *Silvae Genetica*. 2016, vol. 65, iss. 2, pp. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1515/sg-2016-0011>. Available at: <https://content.sciendo.com/downloadpdf/journals/sg/65/2/article-p1.xml> (accessed 27.10.2017).
50. *Wood Handbook – Wood as an Engineering Material. General Technical Report FPL-GTR-190*. Madison, WI, USDA Forest Products Laboratory, 2010. 508 p.
51. Wühlisch G von. Ergebnisse der Züchtung von Pappeln und Aspen in Großhansdorf. Perspektiven für die Energie – und Rohstoffherzeugung. *Vortr. Pflanzenzüchtung*, 2006, Band 70, S. 157–172.
52. Wuehlish G von. Growth Performance of F1-Hybrids, Backcrossed Hybrids and F2-Hybrids of *Populus tremula* and *Populus tremuloides*. *Poplars and Willows: from Research Models to Multipurpose Trees for a Bio-Based Society. Fifth Intern. Poplar Symp.* Orvieto, Italy, September 20–25, 2010. 37 p.
53. Wuehlish G. Status of Short-Rotation Coppices (SRC) with Poplar and Willow in Germany. *Improving Lives with Poplars and Willows. International poplar Commission. 24th Session. Dehradun, India, October 30 – November 2, 2012. Abstracts of Submitted Papers. Working Paper IPC/11*. Rome, FAO, 2012. 112 p.
54. Ylitalo E., Mustonen M. Consumption of Renewable Energy and Wood Fuels in the European Union. *Forest Bioenergy for Europe*. 2014, no. 4, pp. 17–22.
55. Zsuffa L., Giordano E., Pryor L.D., Stettler R.F. Trends in Poplar Culture: Some Global and Regional Perspectives. *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. Ed. by R.F. Stettler, Jr. H.D. Bradshaw, P.E. Heilman, T.M. Yinckley, Ottawa, NRC Research Press, 1996, pp. 515–539.

Received on March 15, 2018
