

В. В. Трут'ко, И. К. Божелко, В. Б. Снопков

Белорусский государственный технологический университет

АБИОТИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗРУШЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Идентификация разрушающих факторов среды эксплуатации выполнена для четырех классов условий службы древесины по EN 335-2:2006 в соответствии с географическими особенностями Республики Беларусь.

Выделены основные факторы, вызывающие разложение древесины в зависимости от среды эксплуатации – абиотические и биологические. Среди биологических факторов главная разрушающая роль в нашем регионе принадлежит грибам. Рассмотрена их классификация и дана характеристика. Отмечена разрушающая способность плесневых, деревоокрашивающих и дерево-разрушающих грибов.

Определены основные абиотические факторы, воздействующие на древесину в период эксплуатации. К ним отнесены климатические и эдафические факторы. Они определяют характер природной среды. Среди климатических факторов главная роль в разрушении древесины принадлежит колебаниям влажности и температуры воздуха, осадкам, ветровым нагрузкам и солнечному излучению. При этом большое значение имеют суточные, сезонные и годовые изменения этих показателей. Среди факторов почвенной среды определяющее значение принадлежит аэрации и влажности. Отмечено, что абиотические факторы вызывают физико-химические преобразования древесного материала.

Предложена классификация условий службы древесины для Республики Беларусь. В ней указаны в зависимости от условий эксплуатации материала воздействующие абиотические факторы, виды биологических агентов и характер поражения древесины, вызванного грибами.

Ключевые слова: древесина, разрушение, абиотические факторы, климатические факторы, эдафические факторы, биологические агенты, грибы, класс условий службы, влажность, гниль.

V. V. Trut'ko, I. K. Bozhelko, V. B. Snopkov

Belarusian State Technological University

ABIOTIC AND BIOLOGICAL FACTORS WHICH RESULT IN WOOD DETERIORATION DURING SERVICE

Identification of destructive factors of service environment is made for four classes of service conditions for wood in accordance with EN 335-2:2006, taking into account the geographical features of the Republic of Belarus.

The basic factors that cause decomposition of wood depending on service environment are abiotic and biological. Among the biological factors the major destructive role in the region belongs to fungi. The classification and characteristics of fungi are considered. The destroying ability of mold, wood staining and wood destroying fungi is marked.

The main abiotic factors affecting the wood during service are determined. Among them are the climatic and edaphic factors. They determine the nature of the environment. Among the climatic factors the main role in the destruction of wood belongs to fluctuations in humidity and air temperature, atmospheric precipitations, wind loads and solar radiation. At the same time are very important daily, seasonal and annual changes in these indicators. Among the factors of the soil environment the defining value belongs aeration and moisture. It is noted that the abiotic factors cause physic-chemical transformations of the wood material.

The classification of the service conditions of wood for the Republic of Belarus is offered. It indicates depending on the service conditions of the material abiotic factors, types of biological agents and nature of wood destruction caused by fungi.

Key words: wood, destruction, abiotic factors, climatic factors, edaphic factors, biological agents, fungi, class of service conditions, humidity, rot.

Введение. Древесина является строительным материалом, который широко используется в различных отраслях народного хозяйства. Легкость обработки, высокая прочность при

малой плотности, низкая теплопроводность, способность удерживать металлические и другие крепления – главные физические свойства древесины, позволяющие ей занимать ведущее

место среди других конструкционных материалов, применяемых в производстве домов, строительных деталей и конструкций. Обладая способностью гасить вибрации, она применяется в производстве железнодорожных шпал. Древесина используется для изготовления беседок, скамеек, заборов и других целей. Однако в период эксплуатации изделия и конструкции из древесины подвергаются воздействию суровых условий окружающей среды. Эти условия службы сначала вызывают поверхностные изменения в структуре материала, а в конечном счете приводят к его разрушению. Для прогнозирования срока службы изделий необходимо знать главные разрушающие факторы, присутствующие той или иной среде эксплуатации. При этом процесс разложения зависит от степени взаимосвязи между ними.

Целью работы является идентификация внешних факторов, влияющих на разрушение древесины во время службы.

Основная часть. Определение разрушающих факторов проводили используя классификацию условий службы древесины, предложенную европейским стандартом EN 335-2:2006 [1]. В соответствии с указанным нормативным документом, выделяют пять классов условий службы древесины в зависимости от источников и особенностей увлажнения материала. Первый и второй класс службы предусматривают эксплуатацию изделий из древесины в помещении. Третий, четвертый и пятый класс условий службы соответствуют эксплуатации древесины на открытом воздухе. Поскольку территория Республики Беларусь не имеет выхода к морю, пятый класс условий службы не рассматривали.

Для исследования выбраны абиотические и биологические факторы среды эксплуатации, обладающие разной силой деструкции по отношению к древесине.

Биологические агенты играют главную роль в разрушении древесины. К ним относятся грибы, насекомые (жуки, термиты) и морские древоточцы (моллюски, ракообразные). Определенное разрушающее влияние оказывают бактерии, водоросли, мхи и даже цветковые растения и птицы [2].

Значение разрушений, наносимых жуками и морскими древоточцами, невелико по сравнению с разрушениями под действием грибов. Особенностью жизнедеятельности жуков является их заселение на загнившей древесине, т. е. они являются вторичными биоразрушителями [3]. При этом разрушающая роль принадлежит личинкам насекомых. Моллюски и ракообразные повреждают сооружения в морских водах.

И при благоприятных условиях они представляют опасность для древесины.

Значительные разрушения деревянных конструкций вызывают термиты. Однако они обитают в условиях субтропического и тропического климата.

С учетом вышесказанного в качестве определяющего биологического фактора разрушения древесины в Республике Беларусь выделены грибы. Они обладают различной деструктивной активностью ферментного аппарата и относятся к трем классам:

1) аскомицеты, или сумчатые грибы (*Ascomycetes*), вызывающие образование плесени;

2) дейтеромицеты, или несовершенные грибы (*Deuteromycetes*), вызывающие изменение окраски древесины;

3) базидиомицеты (*Basidiomycetes*), которые разрушают структурные элементы древесины.

Плесневые грибы заметны на поверхности древесины в виде налетов голубого, розового, малинового и чаще зеленого цвета. Наиболее важными особенностями этих грибов является быстрое размножение и способность длительно выдерживать неблагоприятные условия среды. Кратковременное пребывание плесневых грибов на древесине не оказывает отрицательного воздействия. При длительном развитии гифы грибов проникают вглубь материала и частично разрушают клеточные оболочки.

Деревоокрашивающие грибы в экологическом отношении близки к грибам плесени. Они вызывают – преимущественно на заболони – появление пятен синего, красного, желтого, коричневого и других цветов или сплошную окраску древесины. При длительном воздействии деревоокрашивающих грибов снижаются прочностные показатели материала.

Плесневые и деревоокрашивающие грибы являются первичными организмами, заселяющими древесину. Их присутствие указывает на наличие условий, благоприятных для развития более сильных деструкторов – дереворазрушающих грибов. В зависимости от характера процесса разложения они подразделяются на две основные группы [4].

Целлюлозоразрушающие грибы подвергают своему воздействию всю древесную массу, не оставляя неразрушенных частей древесины. Они разлагают, прежде всего, целлюлозу, которая определяет все физические свойства древесины. В процессе их жизнедеятельности древесина меняет окраску от красноватой до ржаво-красной. В результате освобождения лигнина она становится темно-бурой, хрупкой, легко ломается и крошится, заметно теряет в весе и объеме, разделяется на куски в виде кубиков

и призм. Это признаки деструктивного типа гниения, называемого также красной или бурой гнилью. Особым видом гнили при деструктивном распаде древесины в условиях периодического и постоянного увлажнения является умеренная (плесневая) гниль. Ее относительно трудно определить на вид. Поверхность зараженной древесины в зависимости от влажности может быть от светлосерой до темнобурой. Древесина становится мягкой. При высыхании образуются поперечные трещины.

Лигнинразрушающие грибы, кроме целлюлозной части древесины, разлагают и лигнин. Каждый вид лигнинразрушающих грибов по-разному влияет на древесину. Иногда древесина белеет по всей пораженной части, иногда появляются только светлые полосы. В некоторых случаях о результате разложения древесины может свидетельствовать образование заметных ямок, заполненных белой неразложившейся целлюлозой. Во всех случаях древесина становится мягкой, волокнистой. Она теряет в весе, но ее объем не изменяется. Лигнинразрушающие грибы вызывают коррозионный тип гниения, называемый также либо белой, либо пестрой гнилью (в случае образования заметных ямок в древесине).

На процесс разрушения материала в период эксплуатации оказывают влияние и абиотические факторы среды. Главными среди них выделены климатические и эдафические (или почвенные) факторы, которые определяют характер природных комплексов. Их воздействие приводит к физико-химическим преобразованиям древесного материала.

В помещении в условиях гигроскопического увлажнения изделия из древесины не подвергаются воздействию грибов. Однако различают виды влаги, вызывающие увеличение влажности материала до 20–70%: эксплуатационная, капельножидкая, конструкционная, поверхностная конденсация. На влажном субстрате при неподвижном окружающем воздухе активно развиваются плесневые и деревоокрашивающие грибы. При длительном воздействии источников увлажнения появляются целлюлозоразрушающие грибы, вызывающие образование красной или бурой гнили.

На открытые сооружения из древесины воздействуют климатические факторы. Среди них выделены колебания влажности и температуры воздуха, атмосферные осадки, ветровые нагрузки и солнечное излучение. При этом большое значение имеют суточные, сезонные и годовые изменения этих показателей.

Существенная деструкция древесины происходит в условиях колебания влажности и тем-

пературы. Суточный ход относительной влажности воздуха зависит от суточного хода парциального давления насыщения, которое, в свою очередь, зависит от температуры воздуха. Парциальное давление незначительно меняется в течение суток, а давление насыщения имеет колебательный характер, что характерно и для температуры. Поэтому суточный ход относительной влажности воздуха не совпадает с суточным ходом температуры. Наблюдается противоположный характер изменения показателей. С увеличением температуры относительная влажность воздуха падает, и наоборот, влажность воздуха возрастает при снижении температуры. Максимальное суточное значение относительной влажности воздуха наблюдается перед восходом солнца, а минимальное значение – в 15–16 часов.

Амплитуда суточных температур зависит, главным образом, от облачности. При ясном небе наблюдаются большие значения амплитуды температур, а при облачном небе – наименьшие. Суточные колебания температур вызывают конденсационное увлажнение деревянных конструкций при температуре их поверхности ниже точки росы.

Амплитуда суточного колебания относительной влажности воздуха в зимние месяцы незначительна и составляет 3–5%, а в летние месяцы может достигать 15–20%.

Годовой ход температуры воздуха характеризуется следующим образом. Отрицательные значения температуры наблюдаются в осенне-зимний период, а положительные – в весенне-летний период.

Что же касается годового изменения значений относительной влажности воздуха, то наблюдается следующая закономерность. Наименьшие значения данного показателя (30%) в Беларуси приходятся на май. В последующие летние месяцы относительная влажность воздуха медленно увеличивается. В холодный период года (октябрь–март) ее среднемесячные значения составляют 80–90%, а максимум наблюдается в декабре (87–90%). Начиная с января относительная влажность воздуха уменьшается.

При многократных изменениях влажности воздуха наблюдается разбухание древесины. Самые значительные изменения протекают в процессе первых циклов сорбции-десорбции, существенно влияющих на снижение долговечности древесины.

Источником увлажнения изделий из древесины, эксплуатируемых на открытом воздухе, являются атмосферные осадки в твердом или жидком виде. Территория Беларуси расположена

в зоне достаточного увлажнения, о чем свидетельствует среднегодовое количество осадков, составляющее 500–700 мм в год. Около 70% от их общего количества выпадает в теплую пору года (с апреля по октябрь) [5]. Годовой ход осадков близок к годовому ходу температур и абсолютной влажности. Самыми влажными месяцами в году на территории страны являются июль и август, а самыми «сухими» – январь и февраль.

Подсыхание поверхности древесины под действием ветра ведет к образованию трещин, т. е. зон с высокой влажностью и газообменом, являющихся источником проникновения редуцентов воздушной среды, которые, в свою очередь, способствуют появлению бурой и белой гнили.

Географическая широта территории нашей страны ($56^{\circ}10'–51^{\circ}14'$ с. ш.) определяет угол падения солнечных лучей, продолжительность дня и солнечного освещения, которые, в свою очередь, влияют на величину поступающей солнечной радиации.

Максимальное суточное количество суммарной радиации приходится на июнь благодаря большой продолжительности дня.

Годовой ход суммарной радиации распределяется следующим образом. Из-за увеличения угла падения солнечных лучей, роста продолжительности дня и уменьшения облачности резкое возрастание суммарной солнечной радиации наблюдается в марте. Около 50% суммарной солнечной радиации приходится на период май–июль, а около 5% – на период ноябрь–январь.

Солнечный свет неоднороден по своей природе. Он состоит из излучений разных длин волн, каждое из которых имеет свою особенность воздействия на древесину. Выделяют инфракрасную, ультрафиолетовую и видимую составляющую солнечного излучения.

Инфракрасная составляющая солнечного спектра с длиной волны более 760 нм вызывает нагревание только поверхности древесины, т. к. дерево является хорошим изолирующим материалом. В результате усушки, вызванной повышенными температурами, на поверхности древесины образуются трещины.

Вредного влияния на древесину не оказывает видимый свет, характеризующийся длиной волны солнечного излучения 400–760 нм.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 400 нм представляют собой невидимую для человеческого глаза часть лучей солнечного спектра, которые из-за высокого содержания энергии вызывают разрушение основной структурной части древесины – лигнина.

Еще одним видом разрушений древесины в результате совместного действия климатических факторов является эрозия ее волокон. Данный процесс отличается значительной продолжительностью.

Особые условия процессов разложения древесины в почве, помимо климатических факторов, создают и эдафические. Важным параметром данной среды эксплуатации является ее тип, который характеризуется влагоемкостью и воздухоемкостью.

Главной чертой почвенной среды в экологическом отношении является относительно большая стабильность ее влажности, что приводит к относительно постоянной скорости развития грибов в пределах одного типа конструкции. При этом благодаря низкой теплопроводности почвы температурный режим ее довольно стабилен на небольшой глубине (около 30 см). Однако на глубине более 50 см воздухоемкость почв характеризуется минимальными значениями и кислород воздуха становится фактором, лимитирующим процесс гниения древесины. Возбудителями гнили древесины в почвенной среде главным образом являются микроорганизмы класса дейтеромицетов, многие виды класса сумчатых и реже базидиомицетов. В особых условиях влажности и аэрации древесину разрушают некоторые виды плесневых грибов, вызывающих умеренную гниль.

Наиболее опасная зона разрушения древесины располагается на границе земля-воздух. При изменении температурно-влажностных условий окружающей среды зона гниения может подниматься выше либо снижаться глубже в землю.

Изделия из древесины, эксплуатируемые под водой, гниению не подвергаются. Но при частичном погружении зона гниения располагается немного выше уровня воды. В данной среде, а также в условиях постоянного увлажнения деревянные конструкции при благоприятных условиях подвергаются воздействию грибов умеренной гнили.

Таким образом, в результате проведенного аналитического исследования была разработана классификация условий службы древесины для Беларуси с учетом разрушающих факторов, которая представлена в таблице.

Анализ таблицы показывает, что с возрастанием класса условий службы древесины наблюдается ужесточение условий эксплуатации под влиянием абиотических факторов, усиление атаки биологическими агентами, вызывающими определенный характер поражения материала.

Классификация условий службы древесины

Класс условий службы	Условия эксплуатации	Абиотические факторы	Биологические факторы и результат их воздействия	
			Вид биологического агента	Характер поражения древесины
1	Гигроскопическое увлажнение в замкнутом пространстве или непрветриваемом помещении	Стабильная влажность воздуха и температура воздуха	—	—
2	Редкое увлажнение внутри помещения	Колебания влажности и температуры воздуха	Плесневые грибы, деревоокрашивающие и целлюлозоразрушающие грибы	Бурая гниль
3.1	Редкое увлажнение в условиях, защищенных от действия атмосферных осадков (без контакта с почвой)	Колебания влажности и температуры воздуха, солнечное излучение, осадки, ветровые нагрузки	Плесневые, деревоокрашивающие, целлюлозо- и лигнинразрушающие грибы	Бурая и белая гнили
3.2	Атмосферные осадки (нет контакта с почвой)	Колебания влажности и температуры воздуха, солнечное излучение, атмосферные осадки, ветровые нагрузки	Плесневые, деревоокрашивающие, целлюлозо- и лигнинразрушающие грибы	Бурая и белая гнили
4.1	Вне помещения, непостоянное увлажнение в контакте с почвой и/или пресной водой	Колебания влажности и температуры воздуха, солнечное излучение, атмосферные осадки, ветровые нагрузки, тип почвы	Плесневые, деревоокрашивающие, целлюлозо- и лигнинразрушающие грибы	Бурая, белая и умеренная гнили
4.2	Вне помещения, постоянное увлажнение в контакте с почвой и/или пресной водой	Колебания влажности и температуры воздуха, солнечное излучение, атмосферные осадки, ветровые нагрузки, тип почвы	Плесневые, деревоокрашивающие, целлюлозо- и лигнинразрушающие грибы	Бурая, белая и умеренная гнили

Заключение. 1. Увеличение срока службы изделий из древесины различными способами обязательно должно согласовываться с условиями эксплуатации, характеризующимися абиотическими и биологическими факторами.

2. Наиболее благоприятные температурно-влажностные условия для развития биологиче-

ских агентов возникают в теплый период года. В это же время активно протекает процесс разрушения древесины под действием климатических и эдафических факторов.

3. Совместное воздействие факторов среды эксплуатации определяет скорость процесса разрушения древесины.

Литература

1. Трут'ко В. В. Определение параметров защищенности древесины в зависимости от класса условий службы / В. В. Трут'ко, В. Б. Снопков // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообаб. пром-сть. 2010. Вып. XVIII. С. 134–137.
2. Горшин С. Н. Защита памятников деревянного зодчества / С. Н. Горшин, Н. А. Максименко, Е. С. Горшина. М.: Наука, 1992. 279 с.
3. Горшин С. Н. Консервирование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1977. 336 с.
4. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Лесная пром-сть, 1967. 276 с.
5. Леонович И. И. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог: учеб. эл. изд. / И. И. Леонович, Н. П. Вырко. Минск: БНТУ, 2013. 332 с.

References

1. Trut'ko V. V., Snopkov V. B. Determining the parameters of wood protection depending on the class of service conditions. *Trudy BGTU – Proceedings of BSTU*, 2010, ser. 2 Lesnaya i derevoobrab. prom-st', pp. 134–137 (in Russian).
2. Gorshin S. N., Maksimenko N. A., Gorshina E. S. *Zashchita pamyatnikov derevyannogo zodchestva* [Protection of monuments of wooden architecture]. Moscow, Nauka Publ., 1992. 279 p.

3. Gorshin S. N. *Konservirovanie drevesiny* [Wood preservation]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 336 p.
4. Ripachek V. *Biologiya derevorazrushayushchih gribov* [Biology of wood-destroying fungi]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1967. 276 p.
5. Leonovich I. I., Vyrko N. P. *Vodno-teplovoj rezhim zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog* [Water and thermal regime of the subgrade of roads]. Minsk, BNTU Publ., 2013. 332 p.

Информация об авторах

Трутько Виктория Владимировна – аспирант кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: trutko_v_v@belstu.by

Божелко Игорь Константинович – ассистент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: bikbstu@mail.ru

Снопков Василий Борисович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: snopkov_v_b@belstu.by

Information about the authors

Trut'ko Victoriya Vladimirovna – post graduate student, Department of technology woodworking production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: trutko_v_v@belstu.by

Bozhelko Igor' Konstantinovich – assistant, Department of technology of woodworking production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: bikbstu@mail.ru

Snopkov Vasiliy Borisovich – Ph. D. Engineering, assistant professor, head of the Department of technology woodworking production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: snopkov_v_b@belstu.by

Поступила 20.02.2015