

УДК 699.87

**Строганов В.Ф.** – доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

**Бойчук В.А.** – кандидат биологических наук, доцент

E-mail: wasandr08@mail.ru

**Сагадеев Е.В.** – доктор химических наук, профессор

E-mail: sagadeev@list.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

## Биоповреждение древесных материалов и конструкций

### Аннотация

В работе проведен анализ литературных данных по процессам биоповреждения древесины и древесных конструкций, включая механизмы биокоррозии древесины и условия протекания процессов биоповреждения, а также вопросы защиты древесины от биоразрушения. Сделанные в работе обобщения позволяют выработать основные перспективные направления повышения эффективности использования древесины как природного строительного материала в современных технологиях и конструкциях зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** древесина, биоповреждение, биокоррозия, плесневые грибы, антисептики.

### Введение

Древесина является одним из основных традиционных природных строительных материалов. Роль древесины в строительстве являлась определяющей как в конструкциях минувших веков, так и в конструкциях настоящего времени. Древесина легко обрабатываемый материал, который обладает ценными эксплуатационными качествами, поэтому она используется как самостоятельно, так и в сочетании с другими материалами. Однако в отличие от других строительных материалов, являющихся неорганическими веществами, древесина – органический материал природного происхождения и может служить источником углеродного питания для многих живых организмов. По этой причине важно обеспечить биологическую стойкость деревянных конструкций [1].

Известно, что деревянные конструкции и сооружения служат многие десятки и даже сотни лет. Они экологически чисты, радиопрозрачны, химически стойки и не оказывают отрицательных воздействий, как каменные, железобетонные и пластмассовые конструкции, на биологическую активность человека и животных. Однако, указанные достоинства деревянных конструкций возможно полностью реализовать только в случае обеспечения их биологической устойчивости к воздействию следующих факторов: высокая влажность, закупорка влаги, увлажнение из-за отсутствия надежного проветривания и просушивания, т.е. условий, способствующих развитию дереворазрушающих грибов.

Известно, что основными агентами биоповреждений древесины являются развивающиеся на древесине грибы и насекомые [2]. В умеренных широтах на долю поражений грибами приходится около 90 % всех биоповреждений древесины [3]. Биоповреждение происходит в основном в результате использования грибами и насекомыми в качестве источника питания целлюлозы, лигнина и других компонентов древесины [4]. По сравнению с грибами и насекомыми, непосредственно разрушающими волокна древесины, бактерии причиняют меньший ущерб и оказывают косвенное повреждающее действие.

Исходя из выше изложенного, совершенно очевидна актуальность проблемы биоразрушения древесины – одного из основных и традиционных строительных материалов.

Цель данной статьи заключается в анализе литературных данных по вопросам биоразрушения древесины и древесных конструкций, их обобщению и выработке перспективных направлений, повышения эффективности использования древесины как природного строительного материала в современных технологиях и конструкциях зданий и сооружений.

Одними из основных составляющих проблемы биоразрушения древесины являются:

- механизмы биокоррозии древесины и условия протекания процессов биоповреждения;
- защита древесины от биокоррозии: материалы и технологии.

### **Условия и механизм биокоррозии древесины**

Известно, что деревянные конструкции при определенной температуре, влажности и других факторах подвергаются гниению в результате разрушения грибами, а также жуками-точильщиками и иными видами древоточцев [5]. В зависимости от способа извлечения органических веществ для питания грибы делятся на основные группы: *паразитов* и *сапротофитов*. К первой группе относятся грибы, развивающиеся на живых растениях. Ко второй – грибы, развивающиеся только на мертвой древесине, а также на органических остатках растительного или животного происхождения. Грибы, разрушающие только древесину в строительных конструкциях, относятся к *сапротофитам*. Всего существует около шестидесяти видов дереворазрушающих грибов [6].

Наиболее часто биокоррозия древесины вызывается действием грибов поверхностной плесени, деревоокрашивающих и дереворазрушающих грибов [7].

Грибы поверхностной плесени поселяются преимущественно на сырьих бревнах, пиломатериалах, а также на различных загрязнениях древесины. Поверхностные плесени разрушают обычно паренхимные ткани заболони (наружных молодых физиологически активных слоев древесины). Грибы родов *Trichoderma*, *Penicillium* вызывают зеленоватое окрашивание различных оттенков, другие вызывают появление черных пятен – *Aspergillus*, *Alternaria*. Деревоокрашивающие грибы развиваются часто на древесине при замедленной сушке, поражают пиломатериалы, конструкции, и окрашивают древесину в разные цвета. К ним относятся грибы родов *Stemphulium*, *Cladosporium*, *Alternaria*. Одной из распространенных является синяя окраска, встречаются также желтая, оранжевая, коричневая и др. окраски. Наибольший ущерб древесине причиняют дереворазрушающие грибы. К их числу относятся домовые грибы родов *Serpula*, *Coniophora*, *Coriolus*, *Fomitopsis* и др. Необходимо отметить, что дереворазрушающие грибы в основном поражают живую древесину, влажные и сырье древесные материалы, а также изделия из них. Кроме того, домовые грибы наиболее быстро развиваются в непроветриваемых подвалах, в местах протечек и т.п. Почвенные дереворазрушающие грибы вызывают разрушения деревянных свай и опор мостов, шпал длительно находящихся в условиях повышенной влажности.

Биологическая сущность разрушения древесины грибами состоит в том, что они развиваются за счет клетчатки древесины, состоящей в основном из целлюлозы (40-50 %) и веществ, содержащихся в клетках: дубильных, белковых, красящих. Древесина начинает гнить при определенных условиях: влажности выше 20 %, температуре от 25 до 35 °C, застойном воздухе и заражении ее грибами.

Домовые грибы не развиваются на сухой древесине (влажность до 12 %) и на древесине, находящейся в воздушно-сухом состоянии (влажность 15-20 %). В полусухом состоянии (влажность 23-25 %) древесина поражается настоящим домовым грибом. В сыром состоянии (влажность 25-30 %) и при повышенной влажности (30-60 %) древесина разрушается всеми видами грибов. В то же время древесина, находящаяся в воде и на сквозняке, грибами не разрушается. Древесина, находящаяся в воде, поражается другими агентами биоразрушений: водными грибами, водорослями, улитками и моллюсками.

Древесина – природный органический материал с конгломератным типом структуры, в котором имеется матричная пространственная сетка из лигнина (вещество, характеризующее одеревеневшие стенки растительных клеток) и кристаллический волокнистый наполнитель в виде целлюлозы. Эта структура хорошо, например, видна на микроснимке, полученном американским исследователем Э. Келли [1] для среза осины при увеличении в 11000 раз (рис. 1). Темная полоса – лигнин, менее темная – стенка целлюлозной клетки и светлая область – полость клетки.



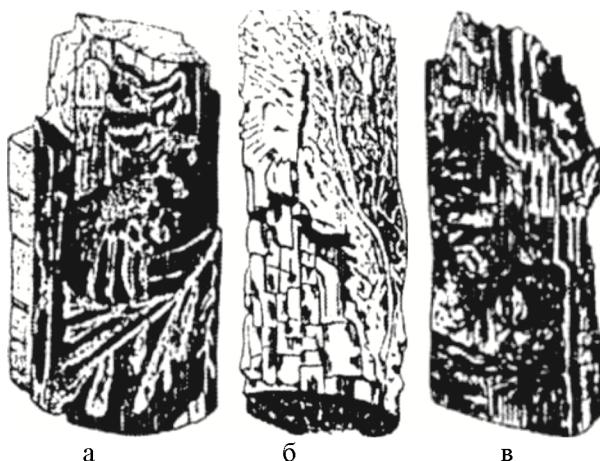
Рис. 1. Электронная микрофотография среза осины

Содержащая смолу древесина хвойных пород, как правило, обладает большей химической стойкостью, чем древесина лиственных пород. По стойкости к гниению древесина подразделяется на типы, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Тип биостойкости	Порода	
	Структурный элемент	
	Заболонь	Ядро, спелая древесина, ложное ядро
Стойкие	Сосна	Лиственница, дуб, ясень, сосна
Среднестойкие	Пихта, ель, лиственница	Пихта, ель, бук
Малостойкие	Бук, граб, дуб, клен, береза	Вяз
Нестойкие	Ольха, осина, липа	Береза, ольха, осина

Основным признаком появления домовых грибов служит наличие гифов (нитевидных образований) на древесине. На более поздней стадии поражения древесина буреет, темнеет, покрывается трещинами. К этому времени на пораженных участках вырастает грибница, имеющая обычно вид ваты, белой или цветной окраски (рис. 2) [1]. На фотографиях, представлены результаты процессов биоповреждения трех идентичных по размеру образцов древесины одного вида, подвергшихся в процессе эксперимента в течение одинакового времени действию различных домовых и дереворазрушающих грибов. На основе анализа процессов биоповреждения, можно сделать вывод, что максимальную способность к биокоррозии проявляет пленчатый домовой гриб, который практически полностью изнутри разрушил образец древесины (в). Далее по степени биоповреждения древесных материалов вслед за домовым грибом идет настоящий домовой гриб, поразивший около 50 % объема деревянного образца (а), причем его нижний торец пострадал существенно меньше чем верхний. Минимальную способность к биокоррозии проявляет белый домовой гриб, поразивший менее 50 % объема образца, при практически полной сохранности его обоих торцов (б).

Рис. 2. Древесина, пораженная домовыми и дереворазрушающими грибами:  
а – настоящим, б – белым, в – пленчатым

На основании выше изложенного можно заключить, что для защиты древесины от гниения и разрушения, вокруг эксплуатируемых конструкций должна быть такая температурно-влажностная среда, в которой грибы не могут произрастать. Если это невозможно (не позволяют технологический и функциональный процессы, либо иные условия), древесные конструкции необходимо обрабатывать специальными химикатами – биоцидами (фунгицидами).

Биоразрушителями древесины являются также насекомые; среди них различаются физиологические и технические вредители. Биологические вредители нападают на живые деревья, технические вредители поражают мертвую древесину. Физиологические вредители – жуки-усачи, златки, рогохвосты – могут попадать с зараженными бревнами на стройплощадку и продолжать разрушительную деятельность вплоть до вылета взрослых жуков. Но для воспроизведения потомства им нужна кора и свежая древесина.

Технические вредители – жуки-корабельщики, точильщики, а также термиты – доводят деревянные элементы до полного разрушения в результате стадийного развития жуков от яйца, личинки, куколки до взрослого насекомого. Сроки их развития различны и делятся от нескольких дней до нескольких лет. Зимой развитие приостанавливается. Прогрев древесины до 80 °C вызывает гибель жуков на всех стадиях их развития.

Исходя из вышеизложенного, необходим обоснованный выбор материалов и технологий для защиты древесины от биокоррозии.

### **Захиста древесини від біокорозії: матеріали**

Біологічний процес руйнування дерев'яних конструкцій можна попередити путем їх *антисептирування* т.е. покриття малими дозами спеціальних препаратів.

Хіміческа захиста древесини від біоповреждень осуществляється в случаях применения древесины в наиболее жестких условиях, например постоянного или периодического контакта с почвой, влажной атмосферой и водой. При правильном применении антисептируования древесины срок службы стандартных деревянных домов может в среднем увеличиться с 15 до 50 лет, шпал – с 10 до 25 лет, столбов и опор линий электропередачи и связи – с 12 до 50 лет, деревянных мостов и гидросооружений – с 10 до 40 лет и т.д. [8].

К антисептикам предъявляются определенные требования: наряду с высокой токсичностью против дереворазрушающих грибов, они должны быть нелетучими, не вымываются из пропитанной древесины водой, должны легко проникать в древесину на достаточную глубину, не должны вызывать коррозию металлов, не снижать механические свойства древесины, не должны изменять её свойства, такие как способность склеиваться и окрашиваться, допускать последующую обработку древесины. Важнейшим свойством антисептика должна быть малая токсичность, а еще более желательна полная безопасность для человека и домашних животных.

В зависимости от своей растворимости антисептики делят на три большие группы: масла, *водорастворимые* (легко- и слабовымываемые) и *органорастворимые*.

*Масла.* Для пропитки древесины, служащей в тяжёлых условиях в открытых сооружениях (опоры мостов, шпалы, столбы и т.д.), используют каменноугольные или сланцевые пропиточные масла. Древесина, пропитанная маслами, практически не поглощает воду и не набухает, неэлектропроводна, не вызывает коррозии металлов. Масла не снижают механической прочности древесины. Пропиточное масло имеет ряд недостатков: повышение горючести древесины, окрашивание её в чёрный цвет и неприятный запах.

*Водорастворимые антисептики.* Легко вымываемые антисептики в основном используются для пропитки деталей заводского домостроения и строительных конструкций, не подвергаемых постоянному увлажнению в процессе службы. Сюда относятся: фтористый натрий, соли кремнефтористоводородной кислоты, тетрафтороборат аммония, препарат ББК (смесь буры и борной кислоты), а также составы на основе четырехкоординационных боразотных соединений (амин-бораты) [9] и др.

Фтористый и кремнефтористый натрий являются самыми широко распространенными и довольно эффективными водорастворимыми антисептиками. Они токсичны по отношению к домовым грибам и насекомым, не имеют запаха, не изменяют качества древесины, не летучи, не горючи, не вызывают коррозии железа. Недостаток их состоит в том, что они быстро вымываются из древесины под действием атмосферных осадков; их нельзя хранить и применять вместе с мелом, известью, цементом, так как в результате химической реакции эти препараты переходят в нетоксичную соль – фтористый натрий. Для производства защитных работ в бытовых постройках чаще всего рекомендуются именно эти антисептики. Они входят как составные компоненты в различные антисептические пасты, основой которых служат каменноугольный лак, каолин, полимерный латекс, поливинилацетатная дисперсия и др.

К слабо вымываемым водорастворимым антисептикам относятся вещества, хорошо растворяющиеся в воде, но, будучи введёнными в древесину, в результате химических взаимодействий теряют свою растворимость и осаждаются на её волокнах. Как правило, это многокомпонентные антисептические композиции на основе солей тяжёлых металлов или фтора с включением соединений мышьяка и шестивалентного хрома. При пропитке древесины в водном растворе мышьяковой кислоты, кислого двузамещённого арсената натрия, бихромата натрия и сульфата цинка в её волокнах образуются практически не растворимые в воде высокотоксичные вещества, которые надёжно защищают от гниения и одновременно снижают возгораемость. Их применяют для защитной пропитки опор, шпал, свай и других открытых сооружений [10].

Хорошо зарекомендовали себя невымываемые водорастворимые антисептики на основе мышьяксодержащих соединений, получаемых в виде отходов и побочных продуктов горнозаводской промышленности. Они содержат в своем составе гидроксиды меди и цинка, хромовый ангидрид и пентооксид мышьяка. Соотношение компонентов соответствует значению цифр в наименовании препаратов – МХМ-235 и МХМ-334. Применение этих антисептиков для защитной обработки древесины позволяет значительно удлинить срок её службы в самых неблагоприятных условиях эксплуатации.

Широко распространены и хорошо зарекомендовали себя для разных целей защиты древесины маловымываемые препараты типа ХМ (хром – медь), ХМХЦ (хром – медь – хлор – цинк). Эти препараты получают смешиванием солей металлов непосредственно перед их применением. При пропитке, как правило, образуются соединения трехвалентного хрома, которые вследствие своей нерастворимости осаждаются на волокнах древесины [10].

Большее признание получили различные комбинированные составы из ряда компонентов: например, фторхроммышьяковый (ФХМ), хромомедный (ХМ-5), хромхлорцинковый (ХХЦ) и др. Так, ФХМ или близкий к нему по составу «Доналит» содержат фторид натрия, бихромат натрия, двузамещенный арсенат натрия и динитрофенол. «Мебор», представляющий собой отход производства микроудобрений, содержит в водном растворе 0,15-0,16 % соединений меди (расчет на CuO) и 2,5-2,8 % соединений бора (расчет на B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), рекомендуется для защиты древесины в закрытых конструкциях. «Мебор» дешевле и эффективнее кремнефторида аммония и фторида натрия [1]. «Рибор» – новый водорастворимый борсодержащий антисептик без запаха и цвета, легко впитывается в древесину, не вызывает коррозии металлов. Поверхность обработанной древесины хорошо покрывается лаком и краской. Он нетоксичен для человека и животных, поэтому может быть рекомендован для специальных случаев защиты древесины. Антисептик «Кобор» – жидкость желтоватого цвета со слабым запахом, хорошо растворим и в воде и органических растворителях, что значительно расширяет область его применения. Используется часто для защиты древесины в закрытых конструкциях [1].

Внимание исследователей с давних пор привлекают сильные яды – органические соединения олова. В настоящее время известны оловоорганические соединения, а также полимеры на их основе, которые обладают высокой активностью по отношению к грибам и микробам. Эти составы пригодны в качестве защитных покрытий по древесине и другим материалам. Они могут даже защищать подводные части кораблей от обрастания

морскими организмами. Однако существенным недостатком оловоорганических соединений является их высокая токсичность для человека.

Особняком в группе слабо вымываемых водорастворимых антисептиков стоит препарат пентахлорфенолят натрия. Это бесцветное кристаллическое вещество хорошо растворимо как в воде, так и в спирте, и в ацетоне. Пентахлорфенолят натрия очень токсичный антисептик, не понижающий прочности древесины, не корродирующий чёрные металлы. Кроме того, его недостатком является затрудненная диффузия вглубь древесины и возникающие отсюда трудности при пропитке. Защищённая древесина слегка окрашивается и пахнет фенолом. Пентахлорфенолят натрия широко применяется как антисептик древесины и технической тары. Им защищают пиломатериалы от деревоокрашивающих и плесневых грибов на период атмосферной сушки.

*Органорасторимые* антисептики являются наиболее современными органическими средствами для защиты древесины.

Пентахлорфенол и его производные являются наиболее совершенными органическими средствами для защиты древесины. Пропитанная пентахлорфенолом древесина хорошо противостоит воздействию различных биологических агентов. Пентахлорфенол устойчив к вымыванию из древесины, не летуч. Пропитанную им древесину можно склеивать. Понижает ценность пентахлорфенола как антисептика процесс «высаливания» его на поверхности древесины и специфический запах.

Антисептик нафтенат меди по внешнему виду представляющий собой вязкую массу зелёного цвета, хорошо растворим в маслах и органических растворителях. Токсичность его для дереворазрушающих насекомых и домовых грибов очень высока. К недостаткам препарата можно отнести то, что пропитанная нафтенатом меди древесина окрашивается в зелёный цвет.

Антисептик ионол – белый кристаллический порошок без запаха, хорошо растворяется в органических растворителях. Ионол и различные композиции на его основе обладают высокой токсичностью для грибов и насекомых, способностью прочно фиксироваться в древесине. Многокомпонентная композиция, составленная из отходов и побочных продуктов нефтехимической промышленности, содержащая ионол, алкилкрезолы, низкомолекулярные полимеры изобутилена, изоалканы и нормальные алкены, нафтены и ароматические углеводороды, нашла широкое применение как антисептик на практике. Древесина, обработанная полимерно-ионоловым антисептиком относится к наиболее биостойким в результате химического взаимодействия фенолпроизводных компонентов с веществами клеточных стенок древесины. Положительной особенностью данной композиции является то, что за её счет происходит улучшение технических свойств древесины: возрастает прочность при сжатии, изгибе, резко снижается водопоглощение, не разбухает, хорошо поддается последующей декоративной отделке лакокрасочными материалами, не вызывает коррозии соприкасающихся металлических конструкций [10].

### Защита древесины от биокоррозии: технологии

Антисептирование древесины может быть двух видов:

- непосредственного действия – поверхностное (производится в горяче-холодных ваннах, пропиткой под вакуумом и другими способами);

- последующего действия – диффузионное (сухое, в виде порошка) в предположении, что деревянные конструкции в процессе эксплуатации будут увлажняться и антисептик начнет свое действие.

Наиболее эффективно антисептирование протекает при влажности древесины до 20 %, когда исключено увлажнение или обеспечено быстрое высыхание конструкций (нормальное антисептирование).

Повышенное (удвоенное) антисептирование концентрированными антисептиками осуществляется при влажности древесины выше 25 %, когда ее высыхание затруднено. Такому антисептированию подвергаются и более сухие конструкции, которые могут увлажняться в процессе эксплуатации сооружений.

Способы и материалы для антисептирования древесины определяются назначением конструкций и их размерами. Все деревянные конструкции по характеру антисептирования делятся на две группы:

1. К первой группе относятся элементы конструкций открытых сооружений, находящихся в жестких условиях работы и требующих наиболее эффективной защиты [11]: сваи, элементы конструкций, находящиеся на открытом воздухе, цоколи, фундаментные стойки деревянных зданий. Конструкции первой группы глубоко пропитываются каменноугольным или сланцевым маслом под вакуумом.

2. Ко второй группе относятся периодически увлажняемые строительные конструкции [12]: перекрытия первого этажа, наружные стены, балки, подоконные доски и все тонкие внутренние деревянные элементы, редко и случайно увлажняемые; доски перегородок и подшивок потолка антисептируются в целях профилактики, а также когда влажность древесины превышает нормативную. Конструкции второй группы антисептируются химическими растворами путем пропитки в горяче-холодных ваннах, окраски, обмазки.

Поверхностное антисептирование рекомендуется производить два раза (преимущественно водным раствором фторида натрия с концентрацией 3-10 %) путем опрыскивания из гидропульта или покраски кистями. При погружении древесины в жидкий антисептик или в раствор твердого антисептика происходит проникновение антисептика в поры, трещины и щели. Пропитку осуществляют в ваннах, заполненных раствором антисептика, в котором выдерживают древесину в течение заданного времени (от нескольких минут до нескольких суток).

Сухое антисептирование осуществляется на горизонтальных поверхностях (например, на чердачном перекрытии) порошкообразными антисептиками с влажными опилками или песком.

Широко распространенный в строительстве метод пропитки древесины в горяче-холодных ваннах основан на капиллярном поглощении пропиточных растворов. Более глубокую пропитку и лучшую защиту обеспечивает пропитка горячим растворителем, а затем холодным раствором антисептика. Защищаемое изделие вначале выдерживают в ванне с горячим растворителем. При нагревании находящийся в трещинах и порах древесины воздух расширяется и частично выходит. После этого горячий растворитель сливают и ванну заполняют холодным раствором антисептика, который глубоко проникает в поры благодаря вакууму, создающемуся в порах в результате сжатия воздуха при охлаждении.

Таким образом, можно сделать однозначный вывод, о том, что проблема биоповреждения древесины является весьма актуальной. Данные по процессам биоповреждения древесины весьма важны для эффективного использования древесных материалов и конструкций в строительной отрасли, и, в частности, при разработке нового направления в строительстве – создания деревожелезобетонных конструкций. Использование последних весьма актуально не только для реконструкции исторических зданий, но и при строительстве современных зданий и сооружений. Однако, несмотря на обилие экспериментальных данных по биокоррозии древесины и методов исследования процессов биоповреждения, в литературе до сих пор не сформулирована общая теория биоповреждения древесных материалов. Поэтому, несмотря на кажущееся многообразие защитных средств от биоповреждения проблема сохранения древесины и древесных конструкций в настоящий момент еще весьма далека от окончательного решения. Принципиально новой задачей является разработка защитных многофункциональных препаратов, которые сочетали бы в себе свойства антисептиков, антиприренов (веществ защищающих древесину от возгорания), гидрофобизаторов (препятствующих увлажнению) и модификаторов древесины.

#### Список библиографических ссылок

- Гридчин А.М., Баженов Ю.М., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Пушкаренко А.С., Васильченко А.В. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 595 с.

2. Allsopp D., Seal K.J., Gaylarde Ch.C. Introduction to biodeterioration, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge. 2004. – 252 p.
3. Shupe T.S., Lebow S.T., Ring D. Causes and control of wood decay, degradation and stain. Res. & Ext. Pub. N. 2703. Zachary, LA: Louisiana State University Agricultural Center. 2008. 27 p.
4. Мжачих Е.И., Сухарева Л.А., Яковлев В.В. Биокоррозия и физико-химические пути повышения долговечности покрытия // Практика противокоррозионной защиты, 2006, № 1. – С. 55-58.
5. Покровская Е.Н., Ковалчук Ю.Л. Химико-микологические исследования и улучшение экологии внутри зданий // Вестник Московского государственного строительного университета, 2012, № 8. – С. 181-188.
6. Войтович В.А., Мокеева Л.Н. Биологическая коррозия. – М.: Знание, 1980. – 64 с.
7. Пехташева Е.Л. Биоповреждения непродовольственных товаров: учебник для бакалавров под редакцией профессора А.Н. Неверова. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. – 332 с.
8. Биоповреждения в строительстве. Под редакцией Иванова Ф.М., Горшина С.Н. – М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.
9. Степина И.В., Котлярова И.А., Сидоров В.И., Мысоедов Е.М. Повышение биостойкости древесины путем модификации ее поверхности боразотными соединениями // Вестник Московского государственного строительного университета, 2013, № 11. – С. 149-154.
10. Ильичев В.Д. Биоповреждения. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
11. Экологические проблемы биодеградации промышленных, строительных материалов и отходов производств: Сб. материалов. – Пенза: Научный совет РАН по проблемам биоповреждений, 2000. – 192 с.
12. Абдрахманов И.С., Сафин Д.Р., Шакиров И.Ф. Прочность и деформативность деревожелезобетонных конструкций. Монография. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, 2014. – 434 p.

**Stroganov V.F.** – doctor of chemical sciences, professor

E-mail: svf08@mail.ru

**Boichuk V.A.** – candidate of biological sciences

E-mail: wasandr08@mail.ru

**Sagadeev E.V.** – doctor of chemical sciences

E-mail: sagadeev@list.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

## Biodeterioration of wooden materials and structures

### Resume

Biodeterioration problems are relevant to all types of natural and man-made building materials. One of the main traditional natural building materials is wood. The role of wood in construction was decisive as in the construction of the past centuries, and currently as well. The most relevant issue is application of wooden structures in the restoration of the architectural heritage, including the use of new technologies to protect wood: antiseptics, use of composite materials based on wood (timber-metal, timber-reinforced concrete structures etc.). The article presents an analysis of the publications under the terms of the processes and mechanisms of wood biodeterioration, protection of wood structures from biocorrosion as well of materials and antiseptics technology. On the basis of the presented analysis are identified tasks to ensure durability and reliability of timber structures: development of multifunctional coatings combined with properties of flame retardants, fungicides, water repellents, wood modifiers, etc.

**Keywords:** wood, biodeterioration, biocorrosion, mold fungi, antiseptics.

**Reference list**

1. Gridchin A.M., Bagenov U.M., Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Pushkarenko A.S., Vasilchenko A.V. Building materials for use in extreme conditions. – Belgorod: Publisher BGTU, 2008. – 595 p.
2. Allsopp D., Seal K.J., Gaylarde Ch.C. Introduction to biodeterioration, 2-nd edn. Cambridge University Press, Cambridge, 2004. – 252 p.
3. Shupe T.S., Lebow S.T., Ring D. Causes and control of wood decay, degradation and stain. Res. & Ext. Pub, no. 2703, Zachary, LA, Louisiana State University Agricultural Center, 2008. – 27 p.
4. Mzhachikh E.I., Sukhareva L.A., Yakovlev V.V. Biokorroziya i fiziko-khimicheskie puti povysheniya dolgovechnosti pokrytiya [Biocorrosion and Physico-chemical Ways to Improve the Coating Durability]. Praktika protivokorrozionnoy zashchity [Experience of Anticorrosive Protection], 2006, № 1. – P. 55-58.
5. Pokrovskaya E.N., Koval'chuk Yu.L. Khimiko-mikologicheskie issledovaniya i uluchshenie ekologii vnutri zdaniy [Chemical Analysis, Mycological Examination and Improvement of the Indoor Ecology]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2012, № 8. – P. 181-188.
6. Voitovich V.A., Mokeeva L.N. Biological corrosion. – M.: Znanie, 1980. – 64 p.
7. Pehtasheva E.L. Biodeteriorations of nonfoods: textbook for bachelors edited by Professor Neverova A.N. 2nd edition revised and updated. – M.: Publishing and Trading Corporation «Dashkov and K°», 2013. – 332 p.
8. Biodeteriorations in construction. Edited by Ivanov F.M., Gorshina S.N. – M.: Stroyizdat, 1984. – 320 p.
9. Stepina I.V., Kotlyarova I.A., Sidorov V.I., Myasoedov E.M. Povishenie biostoycosti drevesin'i putem modifikacii ee poverhnosti borazotn'imi soedineniyami [Raising the biostability of wood by modifying its surface by boron-nitrogen compounds]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2013, № 11. – P. 149-154.
10. Il'ichev V.D. Biodeteriorations. – M.: Vyshaya shkola, 1987. – 352 p.
11. Environmental problems biodegradation of industrial, construction materials and waste products: Sourcebook. – Penza: Scientific Council of the RAS on biodegradation, 2000. – 192 p.
12. Abdrahmanov I.S., Safin D.R., Shakirov I.F. Strength and deformation of timber-concrete structures. Monograph. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrucken. 2014. – 434 p.