

## **ПРОТИВОГНИЛОСТНАЯ ЗАЩИТА ДРЕВЕСИНЫ КАК ВАЖНЫЙ И ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСОВ**

Среди специалистов в области консервирования древесины признано, что ежегодно около 20% вновь заготовленной в наших лесах древесины расходуется на замену преждевременно сгнившей, не имевшей надежной антисептической защиты. К этому следует добавить трудовые и финансовые затраты на проведение противогнилостных ремонтов, оцениваемые в миллиард рублей.

Одной из причин такого положения является отсутствие отечественных высокоэффективных антисептиков, способных в тяжелых условиях эксплуатации обеспечить длительную защиту деревянных элементов зданий и сооружений от быстрого загнивания и разрушения.

Эффективные антисептики и хорошо организованная работа по консервированию древесины позволяют не только удовлетворить потребности народного хозяйства в древесине и повысить качество возводимых зданий и сооружений, но и сохранить огромные массивы леса, так необходимые для жизни людей на земле.

Поиск и разработка новых защитных средств зависят от наличия научно обоснованных, удобных и эффективных методов исследования основных свойств антисептиков, к которым относятся токсичность для повреждающих древесину грибов и защищающая способность, т. е. обеспечение длительной защиты древесины в тяжелых условиях эксплуатации.

У эффективного антисептика должны быть высокие токсичность и защищающая способность. При таком сочетании малое количество введенного в древесину антисептика обеспечит длительную ее защиту от гниения.

К сожалению, применяемые соединения фтора и бора, обладая высокой токсичностью для грибов, не фиксируются на волокнах древесины и быстро вымываются из нее во влажных условиях, т. е. имеют низкую защищающую способность. Наоборот, хромо-медные антисептики или креозотовое масло хорошо фиксируются в древесине, т. е. обладают высокой защищающей способностью, но малотоксичны. Так, для удовлетворительной защиты древесины от гниения хромо-медный препарат ХМ-11 должен быть введен в

древесину в количестве более 30 и даже 70 кг сухой соли на 1 м<sup>3</sup> (Горшин, 1977). Креозотовое масло вводится в количествах более 100 кг на 1 м<sup>3</sup> древесины. Естественно, что такие антисептики принесут мало пользы при защите древесины в тяжелых условиях эксплуатации.

Поиск новых антисептиков ведется в нашей стране уже давно, но высокоэффективные средства до сих пор не найдены. Одной из причин этого является отсутствие общепризнанных надежных методов исследования токсичности и защищающей способности антисептиков. Следует отметить, что методов исследования антисептиков существует много и в нашей стране, и за рубежом, но всем им присущи те или иные недостатки, которые не позволяют успешно проводить работы в области консервирования древесины.

Главной и определяющей чертой всех методов является выбор критерия реакции гриба на токсическое воздействие изучаемого антисептика. Этот критерий может быть двух видов: интенсивный и альтернативный. При интенсивном критерии учитывается изменение какой-либо функции гриба под действием определенной дозы яда. Например, уменьшение разрушительной активности гриба, изменение прироста мицелия и т. д. При альтернативном критерии учитывается наличие или отсутствие реакции гриба — разрушения древесины без учета величин, обрастания древесины, роста гриба и т. д.

По критерию оценки реакции гриба на токсическое действие яда все методы могут быть разделены на две группы: интенсивные и альтернативные.

Интенсивных методов сравнительно мало. Альтернативных методов, наоборот, очень много, они отличаются в основном техническими приемами и, как правило, определяют так называемую «предельную дозу» или интервал концентраций антисептика, в котором меньшая концентрация не защищает древесину, а большая — защищает.

Наиболее распространенным интенсивным методом является метод «кривой действия», положенный в основу ГОСТа 11540-65 и позднее ГОСТа 16712-71 «Антисептики для древесины. Метод испытания на токсичность». Основной теоретической предпосылкой этого метода является предположение о том, что разрушительная активность гриба закономерно изменяется по зеркальной S-образной кривой по мере увеличения количества антисептика в древесине.

По ГОСТу 16712-71 на чистые культуры пленчатого домового гриба устанавливаются образцы древесины без пропитки и пропитанные разными концентрациями испытываемого антисептика. После испытания путем взвешивания определяется среднее разрушение древесины без яда и для каждой концентрации антисептика. Эти данные наносят на график и проводится кривая действия.

Показателем токсичности изучаемого антисептика является пороговое поглощение, которое определяется по ординате, равной  $1/20$  от разрушения контроля. Пороговое поглощение уменьшает разрушительную активность гриба в 20 раз, но не защищает древесину от разрушения.

Основные принципы метода «кривой действия» были сформулированы П. И. Рыкачевым (1950). В 1965 г. утвержден первый ГОСТ 11540-65 на метод испытания токсичности антисептиков. Однако до сих пор в специальной литературе очень редко публикуют результаты испытания токсичности по кривой действия. Так, в монографии С. Н. Горшина (1977), посвященной научной деятельности Сенежской лаборатории — головной по консервированию древесины, не приводится ни одного графика кривой действия, хотя предложено много антисептических составов. Такое положение не может быть случайным: оно объясняется большими трудностями, которые возникают перед исследователем при обработке результатов наблюдений, и невозможностью получения воспроизводимых результатов.

Научный анализ теоретических основ метода «кривой действия» и специальные эксперименты показали, что ряд биологических закономерностей, наблюдающихся при разрушении грибами древесины с ядом и без яда, не согласуются с предложениями авторов ГОСТа 11540-65 и ГОСТа 16712-71. К этим закономерностям относятся следующие:

1. Разрушительная активность гриба на древесине без яда соответствует закону нормального распределения. Наличие в древесине даже небольших количеств яда приводит к тому, что распределение экспериментальных данных становится асимметричным. Это объясняется тем, что яд в древесине является не случайным фактором и изменяет разрушительную активность односторонне, приводя к асимметричности распределения. Кривая же действия предполагает сходство с интегральной функцией нормального распределения.

2. Многочисленные экспериментальные данные (Беленков, 1967) свидетельствуют о том, что серии однородных образцов древесины с одинаковым количеством антисептика после испытания на культуре гриба распадаются на две группы: разрушенные и не разрушенные грибом. При этом чем больше в древесине яда, тем больше относительное количество не поврежденных грибом образцов. Следовательно, в интенсивных методах средние разрушения древесины для высоких доз антисептиков могут быть определены только по небольшому числу образцов, т. е. не отражают реакции гриба в целом.

3. Исключительно сложно определение порогового поглощения, являющегося критерием оценки токсичности антисептика в методе «кривой действия». Оно определяется по ординате, равной  $1/20$

от разрушения древесины без яда, в зоне кривой действия, асимптотически приближающейся к оси абсцисс. Так как кривая действия проводится по экспериментальным точкам на глаз, определить пороговое поглощение с приемлемой точностью невозможно.

Отмеченные выше недостатки кривой действия, которая включена в ГОСТ 16712-71, явились основной причиной отставания в вопросах консервирования древесины.

Оценка защищающей способности антисептиков часто осуществляется путем испытания пропитанной древесины на специальных полигонах или на основании наблюдений за древесиной в процессе эксплуатации. Однако эти пути исследования защищающей способности очень длительны и трудновоспроизводимы.

Сравнительно недавно утвержден новый ГОСТ 24008-80 «Антисептики для древесины. Метод испытания защищающей способности к древоокрашивающим и плесневым грибам». К сожалению, новый стандарт не решил проблему исследования защищающей способности антисептиков, так как, во-первых, он касается группы грибов, которые не разрушают древесину, а во-вторых, в его основу положен пробит-анализ, который является в биологии методом исследования токсичности ядов для различных живых организмов и поэтому не может быть надежным инструментом в исследовании защищающей способности антисептиков.

Более распространенными являются методы исследования антисептиков, основанные на учете реакции гриба в альтернативной форме: «да» — «нет», в частности метод «предельной дозы». Общим их недостатком является невозможность получения воспроизводимой «предельной дозы» с узким интервалом (Беленков, 1971), к определению которой обычно стремятся.

Основным недостатком всех методов исследования антисептиков по альтернативной форме реакции гриба является отсутствие количественной оценки наблюдаемого эффекта. Это объясняется тем, что, в отличие от других областей исследований ядовитого действия вещества на живой организм, когда имеется возможность работать с группой однородных организмов и изучать частоту эффекта, при исследовании антисептиков против повреждающих древесину грибов такая возможность практически отсутствует. Кроме того, токсичность антисептиков должна оцениваться не в «чистом виде» для изолированного организма, а в присутствии древесины, для защиты которой и ведется поиск антисептика.

Чтобы устранить указанные недостатки, присущие методам исследования антисептиков, и сделать реакцию повреждающего древесину гриба измеримой, в Уральском лесотехническом институте разработан метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины (Беленков, 1968б).

В основу метода положено два теоретических предположения: 1 — каждой дозе антисептика, введенной в древесину, соответ-

ствуется вполне определенная вероятность токсического действия, оцениваемая экспериментально относительным количеством не поврежденных грибом образцов или вероятностью защиты древесины; 2 — вероятность защиты древесины при увеличении количества антисептика в ней от низших до высших доз изменяется по закону нормального распределения.

Первое предположение может быть проверено при испытании в одинаковых условиях большого количества однородных образцов древесины, содержащих одну и ту же дозу антисептика. Такие испытания с пленчатым домовым грибом для фтористого натрия показали правильность этого предположения (Беленков, 1968б).

Правильность второго предположения подтверждают успешное применение в биологии и медицине пробит-анализа, а также специальные исследования разрушительной активности пленчатого домового гриба (Беленков, 1963) и дискретного повреждения поверхности свежей древесины деревоокрашивающими грибами (Серов, 1983), которые показали, что разрушительная активность грибов и дискретное заражение древесины происходят по закону нормального распределения. Кроме того, надежность второго предположения многократно подтверждена при исследовании токсичности многих антисептиков путем построения пробит-графиков, которые всегда были близкими к прямолинейным зависимостям (Беленков, 1968б).

Суть метода состоит в следующем.

На стерильных средах с ровной поверхностью из опилок древесины в конических колбах выращивается чистая культура изучаемого гриба. Заранее приготавливается много мелких образцов древесины ( $5 \times 5 \times 2 = 5$  мм) из заболони сосны, которая без антисептика быстро и сильно повреждается грибом. Одновременно испытывается пять растворов антисептика, в которых пропитываются мелкие образцы. Концентрация растворов подбирается так, чтобы была достигнута частичная защита древесины от слабой до высокой степени. Испытания обычно проводят в десяти колбах. В каждую колбу на разросшийся мицелий гриба устанавливают рядами по 10 шт. образцы без пропитки и пропитанные в каждом растворе. Выдержка в колбах 10—15 дней. Затем образцы переносят в чашки Петри по схеме колб и выдерживают еще 10—15 дней во влажных биксах.

В колбах происходит контакт гриба с опытными образцами. В опыт отбираются колбы, в которых вся поверхность среды равномерно покрыта мицелием гриба. В этих условиях небольшой образец древесины без антисептика, помещенный в любом месте культуры, будет обязательно поврежден в виде загнивания или окрашивания, т. е. вероятность его защиты будет равна нулю, а вероятность поражения — единице. Для образцов, содержащих антисептик, вероятность защиты не будет равна нулю, она будет

равна вероятности, которая теоретически соответствует введенной в древесину дозе. Экспериментальное проявление этой вероятности выражается в относительном количестве непораженных после опыта образцов. Степень близости теоретической и экспериментальной величин определяется законом больших чисел. Чем больше будет испытано образцов, тем точнее полученный результат.

Помещение образцов в чашки Петри и выдержка их во влажном биксе необходимы для того, чтобы устранить влияние на результат побочных явлений: вымывания антисептика из древесины, адаптации или гибели гриба, изменения влажности древесины, отличия обрастания образца мицелием от внедрения гриба в древесину и др. Внедрение гриба в древесину контрольных образцов характеризует активность культуры, а в пропитанные — способность гриба преодолеть токсическое действие введенной дозы антисептика, т. е. оценить токсичность испытываемой дозы.

Таким образом, в каждой опытной колбе снимается информация о реакции гриба в альтернативной форме на токсические действия всех доз изучаемого антисептика. Анализ результатов дает более полную характеристику токсичности. И в случае, если концентрации растворов были выбраны удачно, т. е. охватили весь диапазон защиты, результаты испытания могут быть использованы для пробит-анализа, который достаточно полно характеризует токсичность изучаемого антисептика для опытного гриба.

Метод оценки токсичности антисептика по вероятности защиты древесины от повреждения грибом путем установки на однородную чистую культуру гриба большого числа мелких образцов сериями, отличающимися количеством содержащегося в древесине ядовитого вещества, позволяет избегать трудностей, которые в токсикологии связаны с подбором серий однородных организмов и действием на них одинаковых доз яда.

Испытание мелких образцов с ядом и без яда на однородном инфекционном фоне повреждающего древесину гриба позволяет получить информацию о токсическом действии изучаемого антисептика, введенного в древесину на популяционном уровне.

Вероятностный метод оценки токсичности антисептика для повреждающих древесину грибов с использованием пробит-анализа неоднократно был успешно проверен при исследовании нескольких десятков антисептиков. Эти результаты вместе с пробит-графиками и экспериментальными данными приведены в работах Д. А. Беленкова (1968 а), Ю. А. Серова (1983), В. Н. Созоновой (1978), Е. В. Ворониной (1984), Л. З. Обласовой (1973), Б. П. Чуракова (1970) и др.

Вероятностная оценка реакции грибов на токсическое действие антисептиков позволяет решать ряд важнейших теоретических и практических вопросов при изучении и обосновании использования антисептиков для защиты древесины от биологического повреждения.

Так, например, на основе вероятностной оценки было показано (Беленков, 1971), что предельная доза антисептика с узким интервалом теоретически не может быть получена, а если в эксперименте все же удастся получить такую дозу, то ее воспроизводимость и научная значимость очень малы.

Вероятностная оценка токсичности антисептиков позволяет исследовать комбинированные антисептики, состоящие из смеси нескольких химических соединений. Это удается сделать путем применения теоремы сложения вероятностей для независимых совместимых событий (Беленков, Созонова, 1979; Серов, 1983). Если компоненты антисептика не оказывают взаимного влияния, то их совместное действие может быть аналитически оценено по формуле теоремы сложения вероятностей, при условии, что известна вероятность защитного действия доз, входящих в смеси. Если при экспериментальном исследовании смеси полученная вероятность защиты совпадает с расчетной, то в данном случае происходит простое сложение токсичностей, т. е. аддитивное действие компонентов смеси. При резком возрастании вероятности защиты наблюдается синергетический эффект в действии входящих в смеси отдельных веществ. Наоборот, резкое уменьшение токсичности смеси свидетельствует об антагонизме ее компонентов.

Явление резкого антагонизма наблюдается, например, в хромо-медных антисептиках (ХМ-5, ХМ-11 и др.). Так, было показано (Беленков, Созонова, 1979), что для пленчатого домового гриба серноокислая медь должна быть введена в древесину в количестве около 2% и тогда будет достигнута вероятность защиты 95%. Если же ее применять в виде препаратов ХМ-5 или ХМ-11, состоящих из равных количеств серноокислой меди и бихромата натрия, то наличие в древесине 2% серноокислой меди обеспечит вероятность защиты только на 10%, т. е. токсичность меди в присутствии хрома упадет в 9,5 раз. Этот явный антагонизм компонентов смеси приводит к бесполезной трате средств и материалов и препятствует увеличению стойкости древесины и срока ее эксплуатации.

Вероятностные методы исследования токсичности антисептиков позволяют изучать очень важное их свойство — защищающую способность, т. е. сохранение в различных условиях эксплуатации защитных свойств.

Известно, что антисептик, введенный в древесину, может из нее выйти в воду за счет диффузии, испариться, потерять токсичность от контакта с известью и другими строительными материалами и т. д.

Защищающую способность антисептика можно очень быстро и весьма надежно оценить на малых образцах пропитанной древесины, если воспроизвести эксплуатационные факторы, например, вымывание, а затем определить вероятность защиты древесины без

вымывания и после вымывания. Например, если в древесину ввести 0,04% фтористого натрия и определить вероятность защиты от разрушения пленчатым домовым грибом, то она будет достаточной высокой, около 95%. Однако опытные образцы с таким же содержанием фтористого натрия, выдержанные в воде в течение одних суток, теряют защитный эффект полностью, так как антисептик выходит из древесины в воду. В этом случае вероятность защиты древесины, определенная в опыте, будет равна нулю. Этот пример показывает, что вероятностный метод может применяться при определении токсичности и защищающей способности антисептика.

Вероятностные методы исследования антисептиков для древесины позволили создать на базе соединений мышьяка новые эффективные антисептики, безопасные для природной среды, человека и животных и обеспечивающие длительную и надежную защиту древесины от гниения и разрушения насекомыми в самых сложных условиях эксплуатации (Созонова, 1978, Воронина, 1984). Таким антисептиком является «Урал Р-111», который разрешен Минздравом СССР для полов большегрузных морских контейнеров и Агропромом СССР для полов животноводческих помещений.

Насколько важно иметь высокоэффективный антисептик и широко применять его в производстве свидетельствует опыт использования неантисептированной древесины в тяжелых условиях эксплуатации. Например, в свинарниках деревянные полы выходят из строя в течение одного года, в оранжереях и теплицах — за 3—4 года, деревянные столбы и шпалы становятся непригодными к эксплуатации через 5—7 лет. В то же время древесина, пропитанная фиксирующимися мышьяковыми антисептиками, эксплуатируется 25—30 и более лет.

Осуществление противогнилостной защиты древесины позволит значительно уменьшить ее потребление и сохранить огромные площади леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

Беленков Д. А. Тип распределения экспериментальных данных, характеризующих противогнилостную стойкость древесины//Лесной журнал. 1963. № 6. С. 111—116.

Беленков Д. А. Исследование действия малых доз антисептиков на разрушительную активность пленчатого домового гриба//Лесной журнал. 1967. № 6. С. 89—92.

Беленков Д. А. О применимости пробит-анализа для оценки токсичности антисептиков на древесине//Лесной журнал. 1968 а. № 2. С. 83—86.

Беленков Д. А. Биологическое обоснование и разработка метода оценки токсичности антисептиков для дереворазрушающих грибов по вероятности защиты древесины: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск, 1968 б. 46 с.

Беленков Д. А. Несостоятельность предельной дозы как критерия оценки токсичности антисептиков для дереворазрушающих грибов//Лесной журнал. 1971. № 6. С. 77—80.



Беленков Д. А. Метод исследования токсичности комбинированных антисептиков для дереворазрушающих грибов//Проблемы биоповреждений. М., 1972. С. 118—124.

Беленков Д. А., Созонова В. Н. О надежности защиты древесины от гниения препаратом ХМ-5//Защита леса: Межвуз. сб. Л., 1979. Вып. 4. С. 11—15.

Воронина Е. В. Исследование токсичности и защищающей способности антисептических растворов на основе мышьяка и влияние пропитанной древесины на окружающую природную среду: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1984. 22 с.

Горшин С. Н. Консервирование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 356 с.

ГОСТ 11540-65: Антисептики для древесины: Метод испытания на токсичность.

ГОСТ 16712-71: Антисептики для древесины: Метод испытания на токсичность.

ГОСТ 24008-80: Антисептики для древесины: Метод испытания защищающей способности к деревоокрашивающим грибам.

Обласова Л. З., Харлампович Г. Д. Исследование токсичности антисептиков ряда фенола и нафталов//Лесной журнал. 1973. № 6. С. 121—124.

Рыкачев П. И. Критика метода «предельной дозы» и пути создания нового метода испытания антисептиков для древесины//Тр. ин-та леса АН СССР. М.; Л., 1950. Т. 6. С. 271—292.

Серов Ю. А. Биологическое обоснование и разработка метода оценки токсичности антисептиков для деревоокрашивающих грибов по вероятности защиты древесины: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1983. 22 с.

Созонова В. Н. Разработка биологических основ использования промстоков серноокислотного производства, содержащих мышьяк, для противогнильной защиты древесины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1978. 22 с.

Чураков Б. П. Изыскание новых трудновываемых антисептиков для защиты от гниения деревянных строительных конструкций: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1970. 24 с.