

УДК 502/504.06:504.87

## ФУНГІЦИДИ В ПРАКТИЦІ ЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД МІКРОПОШКОДЖЕНЬ

Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І.

Київський національний університет будівництва та архітектури  
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ  
alenaperebinos@gmail.com

У статті наведено основні технічні характеристики хімічних речовин у складі антисептиків. Перелік провідних біоцидних речовин включає неорганічні борвмісні сполуки й органічні сполуки, що використовуються в будівельній галузі. *Ключові слова:* деревина, біологічні агенти, антисептик, фунгіцид, біоцид.

**Фунгициды в практике защиты деревянных строительных конструкций от микрповреждений.** Перебинос А.Р., Кривомаз Т.И. В статье приведены основные технические характеристики химических веществ в составе антисептиков. Перечень ведущих бицидных веществ включает неорганические борсодержащие соединения и органические соединения, которые используются в строительной отрасли. *Ключевые слова:* древесина, биологические агенты, антисептик, фунгицид, биоцид.

**Fungicides in the protection practice of wooden structures from mycodamage.** Perebynos A., Kryvomaz T. The main technical characteristics for chemical substances that are part of antiseptics are given. The list of leading biocidal substances is established. The characteristics of the basic antiseptic substances used in the construction industry for protection from biological destructive agents are described. *Key words:* wood, biological agents, antiseptic, fungicide, biocide.

**Постановка проблеми.** В умовах кризи навколишнього середовища, в тому числі зміни клімату, в господарську діяльність держава впроваджується екобудівництво. Будівлі вважаються енергоефективними, якщо для їх спорудження використовують будівельні матеріали, що відповідають стандартам екологічної економіки. Одним із напрямів екобудівництва є створення так званих «пасивних» будинків з мінімізацією використання енергії в процесі експлуатації. Це можливо за рахунок використання в спорудженні будівель ізоляційних матеріалів з деревних композитів, оптимізації конструкцій вікон, дверей з урахуванням тепловологісного стану навколишнього середовища та впровадження схем їх монтажу, які виключають теплові мости тощо. Системи оцінювання екологічних будівель, що ґрунтуються на життєвому циклі матеріалів, сприяють ефективному використанню деревини. Одночасно заміна деревиною в будівельній галузі бетону, пластмаси, сталі спричиняє скорочення викидів, що утворюються під час спалювання викопних видів палива, і значних витрат енергії в процесі виробництва цих матеріалів. У кінці життєвого циклу виробу з масивної деревини можуть стати сировиною для виготовлення деревостружкових композитів або спалені для одержання біоенергії [1].

**Актуальність дослідження.** Отже, сьогодні лісоматеріал позиціонується як природна відновлювальна сировина з великим будівельним потенціалом під час упровадження технологій екологічного

будівництва в господарську діяльність прогресивних країн. Проте варто враховувати, що деревина як органічний матеріал може пошкоджуватись біологічними агентами (гриби, комахи, водорості, лишайники тощо), мати високий рівень займистості. Найпоширенішим способом біо- чи вогнезахисту в будівельній промисловості є використання хімічних речовин, так званих антисептиків чи антипіренів відповідно.

**Виклад основного матеріалу.** Мета дослідження – характеристика найпоширеніших хімічних речовин і сполук, що використовуються як фунгіцидні препарати в будівництві, і їх оцінювання для екологічної безпеки.

### Характеристика захисних препаратів

До хімічних засобів захисту деревини належать антисептики або біоциди (речовини та їх суміші, що підвищують стійкість деревини до цвілевих, деревозфарбуючих і дереворуйнівних грибів, а також до комах), антипірени (речовини та їх суміші, що знижують горючість деревини, а також здатність до тління) і вогнебіозахисні препарати (володіють властивостями комплексної дії). Антисептики, призначені для захисту деревини від пошкодження біологічними агентами руйнування (грибами, жуками, термітами тощо), повинні мати певну токсичність відносно них. Дія антисептиків переважно зводиться до руйнування ензиматичної системи організмів, що пошкоджують деревину. Гриби, на які впливає антисептик, не зможуть виділяти відповідні

ензими, за допомогою яких вони розкладають целюлозу або лігнін деревини й харчуються продуктами розкладання в процесі її життєдіяльності. Стосовно комах, то антисептики є отрутами, що діють на системи травлення, дихання чи нервову систему. У всіх випадках гриби й комахи гинуть або їхня життєдіяльність гальмується на термін служби виробів з деревини [2].

Токсичність антисептиків визначається в лабораторії шляхом біологічних випробувань, цю ході яких зразки деревини зазнають впливу певних видів грибів. Ступінь токсичності антисептиків характеризується їх пороговим поглинанням (R95,%), яке виражається відсотковим співвідношенням маси введеного в деревину антисептика до маси абсолютно сухої деревини [3].

Антисептики залежно від біологічного агента, на який спрямована дія, поділяються на фунгіциди, що захищають від мікологічних організмів (гриби), інсектициди – діють проти комах, і біоциди, що мають широкий спектр дії. Антисептичні препарати повинні відповідати таким технічним вимогам:

- висока захисна здатність (захист від дереворуйнівних і деревофарбуючих грибів не менше ніж 2 місяці);

- стійкість до атмосферних впливів;

- неспроможність забарвлювати деревину та спричиняти корозію металів;

- не підвищувати гігроскопічність і горючість деревини;

- відсутність різкого запаху;

- легко та глибоко проникати в капілярно-пористу структуру як сухої, так і вологої деревини (на глибину не менше ніж 0,5 мм), надійно фіксуватися в ній без негативного впливу на фізико-механічні властивості деревини;

- добре розчинятись у воді, не мати осаду;

- бути безпечними для процесу просочування деревини за відсутності шкідливих відходів і можливості регенерувати відходи;

- бути стійкими при зберіганні, розчини антисептиків повинні залишатися стабільними в процесі просочування;

- не випаровуватися з виділенням шкідливих речовин і містити в собі хром, миш'як, ртуть, фтор, пентахлорфенол і його солі, антисептичні масла, що містять канцероген бензо- $\alpha$ -пірен [2, с. 4–7].

Усі фунгіцидні препарати й засоби розроблені на основі дослідження нових ефективних речовин з урахуванням їх безпечного застосування та досягнення максимальної ефективності. Це передусім пов'язано з істотним посиленням вимог до безпеки захисних засобів. Численні дослідження, присвячені аналізу впливу антисептиків на здоров'я людини й навколишнє середовище, призвели до відмови від використання найбільш ефективних груп консервантів, які довгий час переважали на ринку захисних засобів для деревини. Найбільш яскравим

прикладом є застосування хром– і миш'яковмісних фунгіцидів, оскільки саме ці речовини донедавна використовувались найчастіше для довгострокового захисту деревини [4].

Сьогодні, відповідно до Директиви 98/8/ЄС [8], хром дозволений до використання тільки як фіксуєча добавка у вигляді трьохокису хрому ( $\text{CrO}_3$ ), проте не може застосовуватися як самостійний фунгіцид. Директива також значно обмежила сферу застосування миш'яковмісних засобів. Використання ж інших високоєфективних консервантів – ртуті, фтору, пентахлорфенолу і його солей, органічних сполук (наприклад, трибутилтиноксиду), а також антисептичних масел, що містять канцероген бензо- $\alpha$ -пірен, призупинено вже наприкінці ХХ століття через небезпеку, яку вони становлять для здоров'я людей та екології.

Оральна летальна доза (LD50) антисептиків, дозволених до застосування, перевищує 500 мг/кг, причому ці речовини не повинні чинити канцерогенного й мутагенного ефекту. Сучасним жорстким екологічним вимогам найбільше відповідають такі групи антисептиків: які містять бор-речовини, карбонати, неорганічні сполуки міді, нафтанати й цитрати міді, модифіковані кріазотні масла, що не містять у своєму складі бензо- $\alpha$ -пірен, ізотіозолони, N-органодіазеніум-діоксиди металів, четвертинні амонієві сполуки, сульфаміди, триазоли [4].

#### Неорганічні фунгіцидні препарати

Неорганічні фунгіциди, що містять бор, до яких належать борна кислота, тетраборат натрію, октаборат натрію, борати цинку й деякі інші, традиційно використовуються для захисту деревини, експлуатованої всередині приміщень. Вони забезпечують захист від пошкодження приміщення дереворуйнівними грибами та комахами, а також істотно знижують горючість деревини. Зазвичай борати застосовуються у вигляді водних розчинів. Основною перевагою неорганічних борвмісних засобів є їх низька токсичність відносно людини й нешкідливість для навколишнього середовища [4]. Неорганічні водорозчинні антисептики характеризуються значною токсичністю до грибів і комах і легко випаровуються з деревини. Їх застосовують для просочування деревини в закритих приміщеннях і приготування антисептичних паст [9]. У таблиці 1 представлено узагальнену характеристику речовин, які будуть описані.

*Борна кислота* в будівельній практиці частіше використовується як антипірен, але також володіє властивостями антисептика. Вона являє собою білі кристали, що нагадують лусочки, помірно розчиняється в воді, викликає слабку корозію металів, майже не підвищує гігроскопічність деревини, при нагріванні розплавляється в склоподібну масу [2, с. 11].

*Тетраборат натрію* (бура) належить до ефективних антипіренів, якому притаманні також властивості антисептика. Речовина являє собою білу кристалічну

негігроскопічну сіль; розчинність її у воді при 20°C становить 5,0%, при 80°C – 31,4%. Бура спричиняє незначну корозію металів і порівняно з іншими антипіренами в дуже малою мірою підвищує гігроскопічність деревини. У чистому вигляді не застосовується, але входить до складу антисептичних, антипіренних і біовогнезахисних препаратів [2, с. 11].

*Кремнійфторид амонію* – білий або сіруватий порошок, без запаху, має високу токсичність, добре розчиняється у воді, але легко вимивається з деревини й викликає корозію металів. Застосовується у вигляді 5–10% розчину, а також у вигляді сухої солі для приготування антисептичних паст.

Використовується для захисту лісоматеріалів від ураження синявою [2, с. 9].

*Дихромат натрію* – кристалічна сіль червоно-помаранчевого кольору, добре розчинна у воді. Речовина помірно токсична для біоруйнівників, у людей і теплокровних викликає місцеві подразнення шкіри і слизових, а також володіє загальнотоксичною дією. У деревині за наявності лігніну утворюються нерозчинні у воді сполуки; у чистому вигляді не застосовується. Входить до складу препаратів, що містять солі фтору, міді, цинку, миш'яку [2].

*Кремнійфторид натрію* – білий або сірий порошок, без запаху, що отримується з відходів супер-

Таблиця 1

## Узагальнена характеристика найпоширеніших речовин, що мають фунгіцидні властивості

Назва	Хімічна формула	Характеристика	Розчинність		Корозія металів	Токсичність
			у воді, %	в органічних розчинниках		
Неорганічні біоциди						
Борна кислота	$H_3BO_3$	Безбарвні або білі кристали	д. р.	Метиловий спирт	Слабка	Низька
Тетраборат натрію (бура)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Безбарвний порошок	д. р.	-	Слабка	Низька
Кремнійфто рид амонію	$(NH_4)_2SiF_6$	Безбарвний порошок	18,0	-	Висока	Висока
Дихромат натрію	$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	Помаранчево-червоні кристали	238	-	Слабка	Середня
Кремнійфто рид натрію	$Na_2SiF_6$	Безбарвний порошок	0,7	-	-	-
Фторид натрію	$NaF$	-	4,3	-	Слабка	Низька
Сульфат міді (мідний купорос)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Блакитні кристали	16	Метиловий, етиловий спирти	Висока	-
Органічні біоциди						
Нафтенат міді	$Cu(C_6H_9O_2)_2$	В'язка масляниста паста темно-зеленого кольору, $T_{пл} = 132-133^\circ C$	н. р.	д. р.	-	Середня
Пентахлор фенол	$C_6Cl_5OH$	$T_{пл} = 190-191^\circ C$	0,002	Метиловий спирт, етиловий спирт, граничні вуглеводні	-	Висока
Антисептичні оливи						
Кам'яновугільна олива	-	Фракція кам'яновугільної смоли	-	-	Слабка	Висока
Антраценова олива	-	-	-	-	Слабка	Висока
Сланцева олива	-	Рідина темно-коричневого або чорного кольору	-	-	Слабка	Висока

р. – розчиняється; д. р. – добре розчиняється; сл. р. – слабо розчиняється; н. р. – не розчиняється

фосфатного виробництва, більш дешевий, ніж фтористий натрій, але дуже слабо розчинний у воді (в холодній воді розчинність становить 0,65%, в гарячій – 2,4%). Застосовується переважно в багатоконпонентних антисептиках і для виготовлення антисептичних паст [2, с. 9, 10, 11].

*Фторид натрію* – порошок білого або світло-сірого кольору, нелеткий, без запаху, не забарвлює деревину, не викликає корозії металів, легко проникає в деревину. Важко розчиняється у воді (гранична розчинність у гарячій воді становить 3,5–4%), але легко вимивається з деревини. Найбільш широко застосовується для захисту деревини в будівництві, оскільки ця речовина характеризується високим рівнем токсичності проти грибів і комах. Є одним із найпоширеніших водорозчинних антисептиків і застосовується у вигляді 3–4% розчину для просочення деревини в конструкціях, призначених для важких умов експлуатації [2, с. 19].

*Сульфат міді*, або мідний купорос, кристалічна сіль світло-синього або блакитного кольору, має слабку токсичність відносно грибів, але характеризується високою ефективністю проти комах, особливо мурах і термітів. Сіль добре розчиняється у воді, але легко вимивається ґрунтовими водами, що містять амонієві солі, викликає корозію металів [2, с. 10].

#### **Органічні фунгіцидні препарати**

Органічні неолійні антисептики (динітрофенолят натрію, пентахлорфенол, пентахлорфенолят натрію, оксидифеніл технічний, оксидифенолят натрію, нафтенат міді) характеризуються високою токсичністю відносно грибів і комах, стійкістю до вимивання, але мають неприємний запах, фарбують деревину та є отруйними для людини. Розчиняються в гасі, мазуті, дизпаливі і смолах. Із загостренням екологічної ситуації застосування антисептиків на основі хлорфенольних сполук обмежується в усьому світі. Установлено, що в разі потрапляння пентахлорфеноляту натрію у воду можливе масове знищення риби, забруднення ґрунтових вод, а внаслідок спалювання утворюється високотоксична отрута – діоксан [9].

*Пентахлорфенол* – кристалічна речовина жовтувато-сірого кольору з бузковим відтінком; має високу токсичність до дереворуйнівних грибів, комах і древоточців, хімічно досить інертний, нелеткий, у воді практично не розчиняється, внаслідок чого стійкий до вимивання з деревини. Пентахлорфенол добре розчинний у багатьох органічних розчинниках нафтового походження й в оліях; застосовується у вигляді 3–5% розчину.

*Нафтенат міді* являє собою в'язку масу зеленого кольору; високотоксичний до дереворуйнівних грибів і комах. Розчинний в оліях та органічних розчинниках; застосовується у вигляді 5–10% розчинів, у воді практично не розчиняється; хімічно інертний, має низьку летучість; підвищує гідрофобність деревини [2].

Антисептичні оливи – це певні органічні сполуки, які мають високу токсичність до біоруйнівників. До таких олив належать *кам'яновугільна просочувальна олива* (фракція кам'яновугільної смоли, що отримується при високотемпературному коксуванні (800–1000°C) кам'яного вугілля), *антраценова просочувальна олива* (продукт кристалізації антраценової фракції кам'яновугільної смоли) та *сланцева просочувальна олива* (рідина темно-коричневого або чорного кольору з неприємним запахом, що складається з суміші фракцій сланцевих смол і продуктів їх переробки, одержуваних при термічній, генераторній і камерній переробці горючих сланців). Кам'яновугільна та антраценова просочувальні оливи є дуже отруйними антисептиками щодо всіх біоруйнівників деревини. Сланцева олива застосовується для просочення деревини в суміші з кам'яновугільною оливою й у чистому вигляді. За токсичністю поступається кам'яновугільній оливі, але при добавленні до сланцевої оливи пантахлорфенола або нафтена міді її токсичність підвищується й вона прирівнюється за якістю до кам'яновугільної. Загалом просочувальні оливи є негігроскопічними, не спричинюють корозії металів, не вимиваються з деревини; не знижують її міцності. Однак мають низку суттєвих недоліків: різкий неприємний стійкий запах, фарбують деревину в бурий колір, у початковий період експлуатації підвищують горючість деревини. У наш час стоїть питання про заборону використання олив у зв'язку з виявленням у складі випарів із просоченої ними деревини канцерогенних речовин [2, с. 9, 11].

#### **Полігуанідинові біоциди**

Поліалкіленгуанідини (далі – ПАГи) – унікальні нетоксичні полімери з широким спектром біоцидної активності, що за хімічною природою належать до високомолекулярних катіонних ПАР. ПАГи володіють широким спектром антимікробної, антивірусної, фунгіцидної, пестицидної й альгіцидної дії, низькою токсичністю і корозійною активністю, довго зберігаються без втрати бактерицидних властивостей і, найголовніше, мають пролонговану бактерицидну дію, оскільки утворюють на обробленій поверхні найтоншу полімерну плівку, що забезпечує тривалий захист поверхні від атаки мікроорганізмів.

Сьогодні механізм дії ПАГів (препарати на основі гуанідину) на мікроорганізми проявляється так:

- гуанідинові полікатіони адсорбуються на негативно зарядженій поверхні бактеріальної клітини, блокуючи тим самим дихання, харчування, транспорт метаболітів через клітинну стінку бактерій (цей ефект залежить від величини іонного заряду полікатіону);

- макромолекули ПАГ дифундують через стінку клітини, викликаючи незворотні структурні пошкодження на рівні цитоплазматичної мембрани, нуклеотиду, цитоплазми (цей процес залежить від величини поверхневої активності, ліпофільності,

розчинності у воді, молекулярного об'єму дифундуєючої частки);

- ПАГи зв'язуються з кислотними фосфоліпідами, білками мембрани цитоплазми, що призводить до її розриву (цей ефект залежить від концентрації й молекулярної маси антисептика);

- результатом цього є блокада гліколітичних ферментів дихальної системи, втрата патогенних властивостей і загибель мікробної клітини [12–14].

**Головні висновки.** З огляду на викладене вище, можемо підсумувати таке:

1. У зв'язку з поширенням принципів екобудівництва, деревина як будівельний матеріал відновлює свої позиції як один із найпопулярніших будівельних матеріалів, при цьому питання про захист лісомате-

ріалу від біологічних руйнівників виходить на перший план.

2. Антисептичні речовини за хімічною структурою поділяються на неорганічні, органічні біоциди та просочувальні оливи.

3. Полігуанідин є перспективними для практичного використання біоцидним препаратом, але недостатньо дослідженим з погляду дії на навколишнє середовище та здоров'я людини.

4. Серед найбільш екобезпечних методів захисту будівельних матеріалів і конструкцій від впливу біологічного руйнування визначено застосування захисних конструктивних рішень на стадії проектування будівель і профілактичні заходи проти біопшкоджень під час експлуатації.

### Література

1. Пінчевська О.О. Актуальні напрями розвитку деревообробної промисловості в Україні / Національний університет водного господарства та природокористування. URL: <http://goo.gl/POLbG0>.
2. Расев А.И., Косарин А.А., Краснухина Л.П. Технология и оборудование защитной обработки древесины: учебник / под ред. А.И. Расева. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. 171 с.
3. Калниньш А.Я. Консервирование древесины: учебное пособие для вузов. Москва: Гослесбумиздат, 1962. 145 с.
4. Мазаник Н.В. Современные биозащитные средства для древесины Труды БГТУ / Белорусский государственный технологический университет. 2011. № 2. С. 181–184.
5. Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие. Москва: Форум, 2010. 416 с.
6. Консервирование и защита лесоматериалов: справочник / А.Я. Калниньш и др. Москва: Лесн. пром-сть, 1971. 424 с.
7. ГОСТ 30495-1997 Средства защитные для древесины. Общин технические условия. Введен 01.01.1998. Москва: Изд-во стандартов, 1997. 9 с.
8. Про розміщення біоцидних продуктів на ринку: Директива 98/8/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 16 лютого 1998 року.
9. Гаврилюк Л.А., Озарків І.М. Аналіз складів антисептиків для просочування чорнових меблевих заготовок. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.3. С. 180–185. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu\\_2013\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2013_23).
10. Гольшин Н.М. Фунгициды. Москва: Колос, 1993. 319 с.
11. Никитин М.К., Мельникова Е.П. Химия в реставрации: Справ. изд. Ленинград: Химия, 1990. 304 с.
12. Комохов П.Г. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / под ред. П.Г. Комохова, В.Т. Ерофеева, Г.Е. Афиногенова. Санкт-Петербург: Наука, 2009. 192 с.
13. Гембицкий П.А., Волынцева И.И. Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин. Запорожье: Полиграф, 1988. 44 с.
14. Лисиця А.В. Механізми бактерицидної дії полігексаметиленгуанідину. Наукові доповіді НУБіП. 2011. № 3(25). URL: [http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011\\_3/11lav.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_3/11lav.pdf).