

1. ЛІСОЗНАВСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО



Forestry Academy of Sciences
of Ukraine

Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/411816>

Article received 2018.06.03

Article accepted 2018.10.25

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Anatoliy Goychuk

ogoychuk@gmail.com

General Rodimtsev st., 19, Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 630*38:630*2:582.632.2

Ризик зникнення берези повислої в Житомирському Поліссі України

А. Ф. Гойчук¹, В. Ф. Дрозда², М. В. Швець³

З'ясовано причини усихання березових насаджень у Житомирському Поліссі України. Акцентовано увагу на глибокій патології берези повислої, яка спричинена комплексом факторів і передусім пов'язана з бактеріальною етіологією. Встановлено, що мокра деревина у стовбурі беріз – бактеріального походження. Відібрано зразки деревини й ексудату для лабораторних досліджень із рослин, які мали яскраво виражені ознаки патології (тріщини, здуття). Експериментально доведено, що збудником бактеріозу берези повислої є фітопатогенна бактерія-полібіотроф *Enterobacter nimipressuralis* Carter, яка спричинює водянку хвойних і листяних лісових деревних рослин.

Встановлено, що на ступінь всихання беріз децю впливає склад насаджень – складні за формою і мішані за складом деревостани є стійкішими до бактеріозу. Поширеність бактеріальної водянки в березових насадженнях різних вікових груп зростає зі збільшенням їхнього віку і зниженням повноти. Відзначено неоднаковий ступінь ураження бактеріальною водянкою різних груп рослинних асоціацій: чорницевих, злакових, зеленомохових та вересових.

Під час обстеження стовбурів модельних дерев виявлено закономірність висотного розташування осередків ураження. Наведено дані щодо характеру типу ураження і щільності розташування виразок на стовбурі, описано видовий склад і рівень домінування рогохвостів, котрі екологічно та трофічно пов'язані з березою повислою.

Ключові слова: *Betula pendula*; бактеріальна водянка; етіологія; *Enterobacter nimipressuralis*; симптоматика; патогенез; шкодочинна ентомофауна; вектор поширення.

Вступ. У здоровому лісі зазвичай існує динамічна рівновага в системі «автотрофи – гетеротрофи – навколишнє середовище». Порушення ж цієї рівноваги призводить до ослаблення (руйнації) устале-

них взаємозв'язків та формування різних рівнів патології лісу. Впродовж останніх років триває стійке погіршення санітарного стану березових насаджень на всій території України, а особливо актуальною ця

¹ Гойчук Анатолій Федорович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. генерала Родімцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-050-930-04-46. E-mail: ogoychuk@gmail.com

² Дрозда Валентин Федорович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач відділу біорізноманіття та сталого розвитку. Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК, вул. Машинобудівників, 7, с.м.т. Чабани, Києво-Святошинський р-н, 08162, Україна. Тел.: +38-044-526-45-04. E-mail: biomethod@quality.ua

³ Швець Марина Василівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології лісу та безпеки життєдіяльності. Житомирський національний агроекологічний університет, вул. Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10002, Україна. Тел.: +38-096-685-93-62. E-mail: marina_lis@ukr.net

проблема є в лісах Житомирського Полісся України. Основним рушійним фактором погіршення стійкості лісових екосистем є несприятливі синоптичні умови, збудники хвороб і шкідники. Через дефіцит опадів та підвищену температуру повітря впродовж вегетаційного періоду ослаблі насадження стають сприятливим середовищем для успішного розвитку бактеріозів у березових насадженнях. Назви хвороб у лісовій фітопатології не уніфіковані, тому часто назву одного й того самого захворювання трактують по-різному. Усихання берези, яке пов'язане з обводненням її тканин, у науковій літературі має декілька назв: бактеріальна водянка, бактеріальний мокрий рак, бура слизотеча, хвороба «водяних знаків», «плач» берези, «weetwood» (мокра деревина), «slime flux» (слизовий потік), «alcoholic flux» (алкогольний потік). Недостатня поінформованість, невидимість фітопатогенних бактерій під час проведення лісопатологічних обстежень призвела до «біологічних пожеж» у рослинному біоценозі. Свого часу для цього роду захворювання не було розроблено жодних заходів боротьби і профілактики, оскільки відмирання беріз були поодинокими. Наразі цю проблему в лісах України, зокрема в Житомирському, Чернігівському, Рівненському Поліссі, потрібно вирішувати на державному рівні. Загрозливі площі всихання березових насаджень від бактеріальної водянки за останні роки охопили території республіки Білорусь, Казахстану, Прибалтики, Башкирії, Татарстану, Адигеї, перетворившись у справжні панфітотії (Fedorov & Kovbasa, 2007). Очевидно, в назві хвороби має відобразитися як причина, так і найхарактерніші її симптоми. Науково обґрунтованою назвою в Україні є «бактеріальна водянка» лісових деревних рослин, маючи на увазі походження хвороби і винятковий характерний симптом – мокрий луб, здуття на стовбурах, зволожена деревина (Gvozdyak & Yakovleva, 1979).

Поряд з цим результати інших досліджень підтверджують, що найшкочинніші інфекційні хвороби берези повислої, які призводять до її швидкого відмирання, мають бактеріальну етіологію в комплексі із глобальними кліматичними змінами та забрудненням довкілля, які призводять до ослаблення її імунітету й ураження патогенними мікро- та мікроорганізмами у поєднанні зі шкодочинною ентомофауною (Cherpakov, 2012).

Зважаючи на лісівничу, екологічну та господарську цінність березових насаджень та враховуючи інтенсивне погіршення їхнього фітосанітарного стану, комплексне дослідження зазначених чинників у патології *B. pendula* є особливо актуальним.

Зазвичай збудник бактеріальної водянки формує стійкі, хронічні, прогресуючі осередки ураження з подальшим відмиранням *B. pendula*, які поступово трансформуються в епіфітотії, а враховуючи поширеність бактеріозу в ареалі *B. pendula* – у панфітотії. Такий стан пов'язаний з недооцінкою шкодочинності бактеріозів лісу.

Об'єкти та методика досліджень. Об'єкт дослідження – береза повисла у насадженнях Жито-

мирського Полісся. *Предмет дослідження* – фітосанітарний стан березових насаджень на державних лісогосподарських підприємствах Житомирського Полісся в осередках бактеріальної водянки.

Мета досліджень – системно дослідити симптоматику, етіологію і патогенез бактеріальної водянки *Betula pendula* в насадженнях Житомирського Полісся України та встановити роль шкодочинної ентомофауни як вектора у виникненні та поширенні інфекційної патології *B. pendula*.

Багаторічні дослідження базувалися на системному підході з використанням загальноприйнятих у галузях лісівництва і лісової фітопатології методів лісопатологічних обстежень (рекогносцирувальних і детальних) та фітопатологічних досліджень *B. pendula* в насадженнях з її участю. В оптимальних умовах для зростання березових насаджень ми здійснили обстеження на державних лісогосподарських підприємствах, що розташовані у північній і центральній частині регіону – Народицькому, Овруцькому, Словечанському, Лугинському, Коростенському, Ємельчинському, Олевському, Малинському, Новоград-Волинському.

У типових лісництвах лісогосподарських підприємств було закладено 45 тимчасових пробних площ (ТПП) у найпоширеніших суборових умовах (свіжих та вологих) Житомирського Полісся в чистих березових, березово-соснових, березово-сосново-осикових насадженнях. Для детальніших обстежень зрубано сім модельних дерев. Відібрано 187 зразків для міко- та мікробіологічних досліджень з уражених органів берези повислої, виділено 42 культури грибів та ізолятів бактерій (у чистій культурі). Проведено 141 штучне зараження органів (стовбурів і листків) *B. pendula* (в умовах *in vitro* та *in vivo*), ізолювано штами патогенних бактерій з вивченням їх анатомо-морфологічних та фізіолого-біохімічних характеристик.

За методиками (Beltiukova & Matyshevskaya, 1968) проведено мікробіологічний та фітопатологічний аналізи зразків. Облік уражень бактеріальної водянки і поселення комах виконано за методикою аналізу модельних дерев на гнилі хвороби і заселення шкідниками (Goychuk & Drozda, 2017). Під час статистичного опрацювання застосовано методи варіаційної статистики і пакет програм Microsoft Excel.

Окрім того, досліджено вплив метеорологічних чинників як каталізаторів патології *Betula pendula* та шкодочинну ентомофауну в контексті трофічних зв'язків між комахами і фітопатогенними мікроорганізмами як вектора в поширенні бактеріозів.

Результати та обговорення. Площа сухостійних беріз у Житомирському Поліссі на 2018 р. охоплює понад 3500 га зі стійким збільшенням з року в рік уражених територій березняків. Симптоматика бактеріальної водянки безпосередньо пов'язана з насиченням вологою тканин стовбура і пагонів берези повислої, формуванням мокрого патологічного ядра в деревині, тріщинами та вдавненими виразками на стовбурах, здуттями корку і перидерми

в період активної фази хвороби, некротичними мокрими плямами в місцях зовнішнього проникнення інфекції, рясними патьоками ексудату (рис. 1). В уражених деревах на стовбурах формуються численні водяні пагони, які свідчать про глибоку патологію берези повислої.

Хронічний патогенез супроводжується всиханням верхньої частини рослини, а з часом – і повним її відмиранням. Після спекотних і засушливих літніх місяців у частини беріз немає сокоруху та розпускання бруньок. Хвороба має системний характер, адже уражується не тільки флоема, але й ксилема. Кору уражених дерев відшаровується, оголюючи заболонь. Завдяки активній утилізації бактеріями вуглеводів виділяється сірководень, який розриває тканини заболоні з утворенням поздовжніх тріщин та витіканням ексудату із запахом «кислого», «масляно-кислого» бродіння. Основною ранньою діагностичною ознакою розвитку в дере-

востані бактеріозу є зрідженість крон, поява суховерхівковості в частини дерев.

Ознаки ураження рослин збудником бактеріальної водянки з'являються зазвичай навесні – у першій половині літа, коли на стовбурах під корком можна помітити утворення різних за розмірами здуттів. Таких здуттів може бути досить багато. У беріз з грубо-тріщинуватою та поздовжньо-тріщинуватою формами кори наявний характерний запах бродіння з витіканням коричнево-бурого ексудату (з місць найменшої товщини корку). У беріз з гладенькою (шаруватокорою) формою її розрив відбувається під тиском газів і рідин, що призводить до відшаровування корку від деревини чи до утворення тріщин. Ексудат темніє, стає коричневим або бурим, а іноді й навіть чорним. Його витікання є короткочасним і спостерігається найчастіше в травні-червні, згодом він засихає.



Рис. 1. Симптоми бактеріальної водянки: суховерхівковість *B. pendula*, ураженої *E. nimipressuralis* (зліва); ексудат *E. nimipressuralis* на стовбурі *B. pendula* (в центрі); водяні пагони на ураженому *E. nimipressuralis* стовбурі берези повислої (справа)

Поки мокра деревина утворюється тільки в центральній частині стовбура і не зачіпає зовнішніх річних кілець, рослина може жити ще довго. Коли процес утворення мокрої деревини починається в центральній частині стовбура, захоплює і зовнішні річні кільця, включаючи крайнє річне кільце, виходить з ладу провідна система ксилеми, а камбій відмирає (Черпаків, 2012). Очевидно, що рух бактерій йде не тільки уздовж по стовбуру, а й упоперек по серцевинних променях. Тому, чим більше площі займає мокра деревина на поперечному перерізі стовбура, тим більше уражається провідна система ксилеми. Варто зазначити також, що продукти життєдіяльності бактерій – гази і рідини, що зброджуються, можуть дифундувати й отруювати рослинні тканини.

У досліджуваному регіоні нашими обстеженими охоплені лісостани різного віку (5-80 років), повноти (0,30-0,90), бонітету (I-IV), в основному в складній групі типів лісу з переважанням берези у складі насаджень (представлені як чисті березняки, так і з домішкою) та відрізняються за едафічними

умовами. На кожній пробній площі здійснювали перелік дерев за категоріями стану, враховували зовнішній вигляд корку, густоту та колір листків. Особливу увагу приділяли березнякам, які постраждали від сильних посух, зміни рівня ґрунтових вод, розташованих на узліссях. У середньому від водянки на 1 га пристигаючих, стиглих і перестійних насаджень у досліджуваному регіоні усихає приблизно 30-35% беріз (Goychuk & Shvets, 2016). Ураженість бактеріальною водянкою зростає зі збільшенням віку березових насаджень (рис. 2).

Встановлено, що у віці 25 років всихаючих та сухостійних дерев помітно менше (8%), ніж у віці 55 років (49%). Найбільша частка уражених бактеріозом дерев припадає на стиглі низькоповнотні насадження і середньоповнотні перестійні насадження на вологих ґрунтах у досить багатих лісостанових умовах. Нагромадження сухою (VI категорії) пов'язано з активним розширенням осередків хвороби і значним впливом бактеріозу на стан насадження та погіршенням фітосанітарного стану березняків.

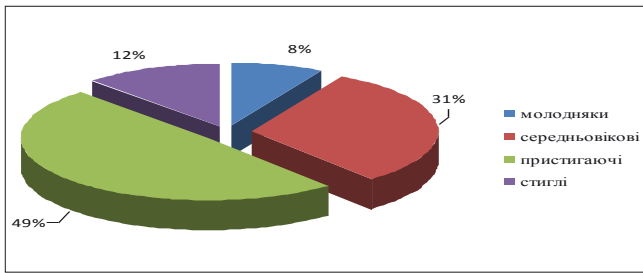


Рис. 2. Поширення бактеріальної водянки в березових насадженнях різних вікових груп

В осередках сильного ступеня розвитку бактеріозу зі збільшенням ураженості в насадженні і погіршенням його загального фітосанітарного стану зростає й ураження практично всіх дерев берези

повислої без певної залежності. Дерев середніх ступенів товщини, які в насадженнях чисельно переважають, у відсотковому співвідношенні уражені на 50-60% залежно від ступеня розвитку бактеріозу. Аналізуючи інтенсивність ураження беріз залежно від діаметра, виявлено певну залежність: чим менший діаметр дерева, тим швидше руйнується деревина стовбура під дією афілофоріодних мікроміцетів *Betula*-кисиломікокомлексу.

Виявлено і поодинокі ураження дерев *B. pendula* у віці 5-10 років, що зумовлює небезпеку підвищення агресивності патогена, оскільки раніше вважали, що хвороба уражує лише березняки старших вікових груп. Можливо, ураження молодих беріз пов'язано з наявністю збудника хвороби у рослинах у ролі ендофітної аутомікрофлори (Shvets, 2017) (рис. 3).



Рис. 3. Екссудат на стовбурах молодих беріз (вік – 7 років): загальний вигляд (зліва та в центрі); сліди від ураження бактеріальною водянкою на поперечному зрізі стовбура (справа)

Індекс санітарного стану досліджуваних насаджень змінюється в діапазоні від I,10 до II,75 бала (табл. 1), тобто насадження, уражене бактеріальною водянкою, поступово з роками переходить від категорії «ослаблене» до «сильно ослаблене». Склад насаджень дещо впливає на ступінь висихання *B. pendula*. У чистих березових насадженнях зафіксовано менше уражених дерев, ніж у мішаних: на ТПП № 7 у ДП «Білокоровицькому ЛГ», Зубковицькому лісництві за складу 6Бп4Вч + Ос ураження бактеріозом становить 34,0%, тоді як на ТПП №14 у ДП «Лугинське ЛГ», Липницькому лісництві за складу 10Бп + Сз частка ураження водянкою становить лише 6,1%. Встановлено, що за участі осики і вільхи чорної у складі насаджень на ТПП частка ураження водянкою зростає. Походження насаджень (природне чи лісові культури) не впливають на частку ураження бактеріозом. Інтенсивніше висиханню піддаються берези, які ростуть у вологіших умовах – В₃, С₃ та на пониженнях рельєфу. Таке явище пов'язане з поверхневою кореневою системою берези повислої в таких умовах і різким зменшенням рівня ґрунтових вод у засушливі періоди (Losytskyi, 1975).

За нашими дослідженнями та спостереженнями, орлякові (Орл) та чорницеві (Чор) асоціації березових лісів більше уражуються бактеріозом – 31,6%

та 44,3% відповідно, тоді як злакові (Злк), зеленомохові (Злм), вересові (Вер) асоціації березових лісів мали нижчий ступінь ураження (рис. 4).

У межах вікових груп встановлено таку залежність у поширенні бактеріальної водянки (рис. 5). Ураження бактеріальною водянкою зростає зі збільшенням віку березових насаджень. Значення коефіцієнта кореляції становить 0,787. Отже, можна стверджувати, що впродовж періоду спостережень був високий ступінь прямолінійного взаємозв'язку між віком насаджень та відсотком ураженості бактеріозом.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,620$ перевищує показник 0,332, тому можна зробити висновок про істотність зв'язку.

У досліджуваному регіоні насадження з повнотою 0,60 більше уражуються водянкою (62%), ніж за повноти 0,70 та 0,80 (ураженість бактеріозом становить 45% та 29% відповідно).

Варто зазначити, що високоповнотні лісостани представлені лісовими культурами та природними насадженнями. Значення коефіцієнта кореляції становить -0,946. Отже, можна стверджувати, що протягом періоду спостережень був високий ступінь лінійного оберненого взаємозв'язку між повнотою насаджень та відсотком ураженості бактеріозом.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,895$ перевищує показник 0,332, тому можна зробити висновок також про істотність цього зв'язку. Фітосанітарний стан березових насаджень поліпшується зі збільшенням повноти. Частина природних насаджень порослого походження в регіоні має низьку повноту, що

пов'язано із втратою здатності берези доживати до періоду стиглості. Також таке явище пов'язане з несприятливими умовами для розвитку збудника через високу щільність стояння дерев, де температура повітря нижча, ніж у достатньо освітлених і прогрітих низькоповнотних насадженнях.

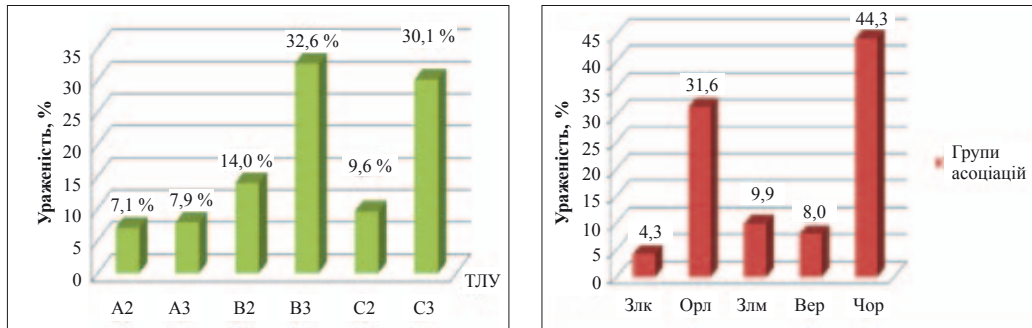


Рис. 4. Поширеність бактеріальної водянки берези у насадженнях різних лісорослинних умов (ліва); різних груп асоціацій (права)

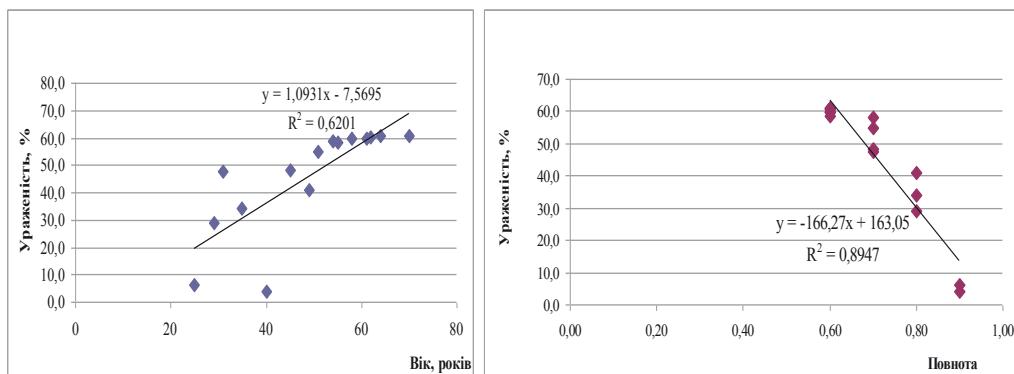


Рис. 5. Ураженість бактеріальною водянкою березових насаджень різного віку (ліва); різної повноти (права)

Швидкість розвитку хвороби залежить від стану деревної рослини в період ураження. Аналіз динаміки росту модельних насаджень показав, що в разі ураження бактеріальною водянкою здорових молодняків відмирання рослин відбувається через 1-3 роки, середньовікових – через 5-10 років, пристигаючих і стиглих – через 10-20 років. На ослаблених рослинах (до моменту зараження) хвороба протікає інтенсивніше і вони можуть всохнути впродовж двох-трьох років. На стиглих моделях внутрішнє патологічне ядро водянки простежено від кореневої частини вгору по стовбуру із плавним переходом до самої крони. Зафіксовано, що у деяких стиглих беріз патологічне ядро жодного разу не виходило назовні із заболоневої частини стовбура у вигляді тріщини, зберігаючись всередині стовбура впродовж усього онтогенезу. Життєздатність рослини забезпечувалась діяльністю останніх річних шарів деревини і камбію, які не були уражені бактеріальною водянкою і щорічно відкладали середньорічний радіальний приріст.

Для встановлення можливого зв'язку поширення бактеріальної водянки залежно від лісівничо-таксаційних показників насаджень проведено комп-

лексний кореляційний аналіз. У межах насаджень обстежено дерева різних ступенів товщини. В осередках хвороби рослини *B. pendula* належать до категорій «ослаблені» і «сильно ослаблені». Середні значення індексу санітарного стану – П,32, де майже всі насадження належать до II класу біологічної стійкості (з порушеною життєздатністю). Поточний відпад за запасом становить 15-25%. Гірші за станом берези мають на стовбурах значні некрози і виразки та відстають у своєму розвитку (низькі класи Крафта). Встановлено достовірний прямий зв'язок ураження водянкою беріз з віком, середньою висотою, середнім діаметром, бонітетом, зворотний зв'язок – зі середньою повнотою (табл. 2).

Очевидно, ці залежності можна пояснити біо-екологічними особливостями збудника водянки. З віком частка уражених рослин у насадженні зростає внаслідок накопичення інфекції і хронічного перебігу хвороби. Сприятливі умови для поширення бактеріальної інфекції й оптимальні мікрокліматичні умови для розвитку патогена створюються у низькоповнотних лісостанах. При цьому більшою мірою уражуються водянкою саме високопродуктивні березняки.

Таблиця 1

Фітосанітарний стан березових насаджень у державних лісогосподарських підприємствах Житомирського Полісся в осередках бактеріальної водянки (за даними ГПП)

№ з/п	Державне підприємство, Лісництво	Квартал, виділ	Площа, га	Походження, склад	Середні			Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Бонітет	Запас, м ³ /га	Повнота	Кількість дерев, шт.	Розподіл дерев за категоріями санітарного стану						Частка уражених %
					I	II	III								IV	V	VI				
1	Ємільчинське ЛГ, Королівське л-во	77/4	2,1	Лісові культури 5Бп4Сз1Вч + Яле	62	27	28	1	230	0,65	172	63	27	29	18	24	11	11	11	60,4	
2	Ємільчинське ЛГ, Гартівське л-во	16/9	1,5	Лісові культури 5Бп3Сз2Вч + Яле	51	23	22	1	210	0,70	159	61	43	18	12	16	9	9	9	54,9	
3	Коростенське ЛГ, Бехівське л-во	109/29	1,2	Лісові культури 5Бп4Ос1Яле	31	16	18	1	130	0,70	176	87	30	25	7	13	14	14	14	47,6	
4	Коростенське ЛГ, Бехівське л-во	109/30	1,4	Природне насадження 5Бп5Ос + Яле	54	24	24	II	200	0,65	209	80	39	36	15	19	20	20	20	58,7	
5	Коростенське ЛГ, Бехівське л-во	109/31	0,8	Природне насадження 5Бп5Ос	45	19	22	III	150	0,70	184	90	30	26	7	15	16	16	16	48,1	
6	Білокоровицьке ЛГ, Зубковицьке л-во	63/19	1,1	Лісові культури 6Бп2Вч2Ос + Яле	29	16	18	I	110	0,80	165	87	6	42	19	8	3	3	3	29,0	
7	Білокоровицьке ЛГ, Зубковицьке л-во	63/26	0,9	Лісові культури 6Бп4Вч + Ос	35	21	20	II	160	0,80	202	106	11	51	20	4	10	10	10	34,0	
8	Білокоровицьке ЛГ, Зубковицьке л-во	67/15	2,6	Лісові культури 6Бп2Ос2Вч	49	23	24	II	170	0,80	177	94	15	19	23	19	7	7	7	41,1	
9	Словечанське ЛГ, Кованське л-во	41/18	2,1	Лісові культури 9Бп1Ос	70	26	26	I	290	0,60	152	55	28	10	30	17	12	12	12	60,8	
10	Словечанське ЛГ, Кованське л-во	41/22	3,0	Лісові культури 5Бп5Сз	58	25	24	I	210	0,60	212	79	23	38	43	18	11	11	11	59,7	
11	Олевське ЛГ, Сновидовицьке л-во	33/42	1,1	Природне насадження 6Бп3Ос + Яле	64	25	26	III	230	0,65	188	68	31	20	34	19	16	16	16	60,8	
12	Олевське ЛГ, Сновидовицьке л-во	33/46	1,8	Лісові культури 4Бп4Сз2Яле	55	24	24	I	230	0,70	183	71	33	19	30	23	7	7	7	58,2	
13	Олевське ЛГ, Сновидовицьке л-во	36/9	3,4	Лісові культури 5Бп4Сз1Яле	61	26	28	I	250	0,60	169	61	27	33	12	21	15	15	15	59,9	
14	Лугинське ЛГ, Липницьке л-во	61/20	1,3	Лісові культури 10Бп + Сз	25	15	16	I ^a	130	0,90	180	159	10	3	4	2	2	2	2	6,1	
15	Лугинське ЛГ, Липницьке л-во	61/24	0,8	Лісові культури 8Бп2Сз	40	21	22	I ^a	180	0,90	223	214	4	1	1	2	1	1	1	4,0	

Результати кореляційного аналізу поширення бактеріальної водянки залежно від лісівничо-таксаційних показників деревостанів

Показник	Поширення, %	Середня висота, м	Середній діаметр, м	Частка <i>B. pendula</i> , %	Повнота	Вік, років	Бонітет
Поширення, %	1	–	–	–	–	–	–
Середня висота, м	0,6835	1	–	–	–	–	–
Середній діаметр, м	0,6890	0,9450	1	–	–	–	–
Частка участі берези, %	0,1514	0,4143	0,4340	1	–	–	–
Повнота	-0,7641	-0,3582	-0,3410	-0,2784	1	–	–
Вік, років	0,7760	0,9418	0,9453	0,4113	-0,4769	1	–
Бонітет	0,2074	0,1057	0,2064	0,0554	-0,0545	0,1636	1

Наявність бактерій у ксилемі деревних рослин не завжди призводить до бактеріальних захворювань у лісових насадженнях. Під дією сильних стресових впливів зростає ураженість бактеріальною водянкою, що може бути зумовлено незначною транспірацією і, як наслідок, погіршенням метаболічних процесів, збільшенням концентрації метаболітів життєдіяльності бактерій у стовбурі та некрозом живих клітин. Частина відносно стійких дерев, уражених збудником бактеріальної водянки, у системній взаємодії *E. nimipressuralis* з іншими складниками мікро- та мікробіоти, самостійно може пригальмувати активність патогенних бактерій (Shvets, 2016).

У період кульмінації розвитку хвороби в досліджуваному регіоні виразки (як невід’ємні складники симптоматики бактеріальної водянки) на деревах відмічено до висоти 12-14 м. Обстежуючи стовбури модельних дерев, виявлено закономірність висотного розташування осередків уражен-

ня. Найвище розташовуються виразки в північному секторі стовбура, де і їх довжина максимальна. З південного боку стовбура виразки розташовуються значно нижче. Довжина некрозів у південному, західному і східному секторах стовбура істотно не відрізняється і становить 0,19-0,26 м, а їхня ширина з усіх боків незначно відрізняється та становить 0,08-0,09 м.

Найнижче виразки розташовуються в грубо-тріщинуватих беріз (майже на рівні ґрунту), трохи вище – в шаруватокорих (на висоті 0,3-0,4 м). Найвужчі виразки виявлені в ромбоподібно-тріщинуватих беріз (завширшки 0,02 м), найширші – на грубо-тріщинуватих формах берези (0,18 м). Ромбоподібно-тріщинуваті форми приурочені переважно до розріджених, освітлених і прогрітих ділянок лісу, що і визначає низьку частку ураження хворобою (6%) через зниження сприятливого середовища для патогена (рис. 6).

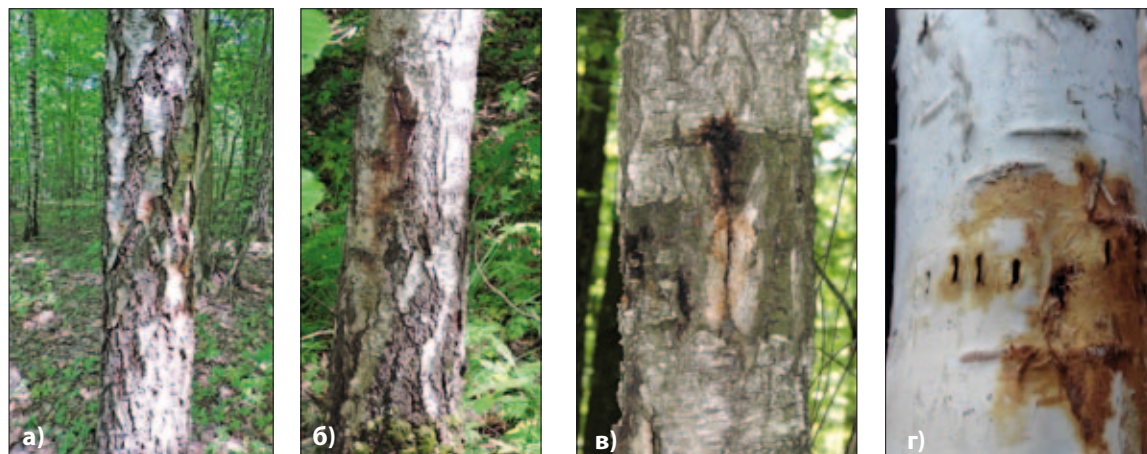


Рис. 6. Бактеріальна водянка на різних формах *B. pendula* (за будовою кори): а – ромбоподібно-тріщинуватій; б – поздовжньо-тріщинуватій; в – грубо-тріщинуватій; г – шаруватокорій

Отже, розвиток бактеріальної водянки на різних за формою кори березах суттєво відрізняється. Такі відмінності можна пояснити фізико-механічними властивостями деревини беріз різних форм. Тріщини, здуття і плями розташовувалися на різних висотах стовбурів дерев залежно від геоорієнтації деревостану.

Для збудника бактеріальної водянки характерний низовий тип ураження (здебільшого на комлевій

частині). Значну щільність розташування виразок на стовбурі встановлено на висоті 0,5-1,8 м, дещо меншу – на висоті 1,9-2,6 м. Вище 3,0 м виразки зазвичай не розміщуються, але як виняток зафіксовано в значно уражених беріз на висоті 6,5 м (табл. 3).

Середня кількість уражень на одне дерево залежить від ступеня ураженості насадження і становить $3,40 \pm 0,16$ шт. Середня протяжність ділянок розташування виразок на стовбурі $1,53 \pm 0,2$ м.

Таблиця 3

Розташування виразок від водянки на деревах *B. pendula* залежно від геоорієнтації насаджень (ТПП № 3)

Геоорієнтація	За висотою стовбура, см			
	0-100	101-140	141-180	181-220
	Кількість, шт.			
Північ	3	5	1	1
Південь	4	3	3	0
Захід	4	4	1	0
Схід	2	5	2	1

Патологічні процеси на стовбурах берези від *E. nimipressuralis* проявляються у вигляді здуттів (під корком) і тріщин (у кірці). Не встановлено чіткої структурної залежності розміщення осередків ураження від геоорієнтації, хоча на схилах західної експозиції виділення ексудату є неінтенсивним, порівняно з іншими експозиціями (сильна інтенсивність виділення становила лише 20 і 15 %).

За значного зниження фізіологічних функцій берези повислої на стовбурах оселяються різні види шкодочинних комах і передусім *T. fuscicornis*. Іноді щільність льотних отворів цієї комахи сягає 5-7 (10) шт./дм². Поодинокі доволіно розкидані льотні отвори рогахвостів наявні на кожному ураженому дереві з глибокою патологією. Наразі всихання *B. pendula* від *E. nimipressuralis* розтягнуто в часі (від одного до 2-3, іноді й більше років).

Встановлено, що в регіоні досліджень поширені такі види, як великий березовий (*Tremex fuscicornis*) та синій листяний (*Tremex maguss* F.) рогахвості; вільхова (*Xiphydria cameus* Z.), вербова

(*Xiphydria prolangata* G.) та дубова (*Xiphydria longicollis* G.) ксифідрії. З усієї кількості рогахвостів переважає *T. fuscicornis*. За останні роки ці види, внаслідок сприятливих для них гідротермічних умов, незначної чисельності та відсутності високоспеціалізованих ентомофагів, набули значного поширення (табл. 4).

Наведені дані свідчать про видовий склад та рівень домінування рогахвостів, котрі екологічно та трофічно пов'язані з березою повислою. Фактично імаго усіх видів живляться листками берези і після додаткового живлення проводять тривалий моніторинг місць оптимальної яйцекладки. Це механічні, біологічні або інші пошкодження дерев, куди самиці відкладають купками яйця. Нашими дослідженнями встановлено, що саме рогахвості є джерелом нагромадження та важливим вектором розселення інокулюму в насадження берези. Важливим при цьому є і те, що збудник хвороби є біологічно інертним відносно комах-ксилофагів. А саме такий симбіоз ксилофагів та збудників бактеріальної водянки є оптимальним для цього річної циркуляції збудника в сприятливі синоптичні періоди, а також спостерігається досить довготривала біологічна консервація еонімф ксилофагів, що діпаузують разом із збудником. Такий симбіоз утруднює, а в багатьох випадках унеможлиблює очищення насаджень від хвороби. Більше того, цілком очевидним є і те, що й інші ксилофаги теж є носіями збудника. Саме тому найпершим заходом контролю розповсюдження хвороби є заходи, спрямовані на обмеження чисельності рогахвостів, особливо фізіологічно повноцінної складової популяції з використанням традиційних винищувальних прийомів. Це дасть змогу контролювати поширення та розвиток збудника та унеможливити перехід хвороби в епіфітотійну стадію.

Таблиця 4

Видовий склад та рівень домінування популяцій рогахвостів у лісостанах Житомирського Полісся, 2015-2018 рр.

Вид рогахвостів	Рівень домінування, %	Генерація	Види-супутники личинок рогахвостів
Великий березовий (<i>Tremex fuscicornis</i>)	82,4	Дворічна	Короїди, заболонники, златки, вусачі
Синій листяний (<i>Tremex maguss</i> F.)	7,2	Дворічна	Златки, короїди
Вільхова ксифідрія (<i>Xiphydria cameus</i> Z.)	6,1	Дво-трирічна	Златки, заболонники
Вербова ксифідрія (<i>Xiphydria prolangata</i> G.)	3,1	Дворічна	Заболонники, короїди
Ксифідрія дубова (<i>Xiphydria longicollis</i> G.)	1,2	Дво-трирічна	Златки, склівки

Висновки. Внаслідок глобального підвищення приземної температури повітря, зменшення кількості опадів, збільшення тривалості безморозного періоду та інших кліматичних характеристик відбувається скорочення і фрагментація ареалу берези повислої, що зумовлює посилений інтерес до визначення відповідної реакції біоти на інтенсивність трансформацій екосистеми. Поява симптомів хвороби свідчить про значну концентрацію патогенної інфекції в тканинах, тому важливе значення мають рання діагностика та ідентифікація збудника. Установлено певну залежність у поширеності

бактеріальної водянки в насадженнях різного віку, складу, повноти та в різних лісорослинних умовах. Так, поширення бактеріальної водянки в березових насадженнях різних вікових груп зростає зі збільшенням їхнього віку. Сприятливі умови для поширення бактеріальної інфекції й оптимальні мікрокліматичні умови для розвитку патогена створюються у низькоповнотних лісостанах. Показано різну чутливість виявлених форм *Betula pendula* (за будовою кори) до *E. nimipressuralis*. Для збудника бактеріальної водянки характерний низовий тип ураження. Досліджено роль і місце шкодочин-

ної ентомофауни як вектора поширення інфекції. Отже, є усі підстави вважати, що два чинники – масове усихання берези та спалахи рогохвостів – явища споріднені.

У цій ситуації необхідне запровадження комплексу ефективної боротьби з бактеріозом, який повинен поєднувати як ранню діагностику, так і можливості сучасних технологій, які дадуть змогу на глибокому рівні вивчити бактерію-збудника, що згодом відкриє можливість розробити заходи боротьби проти захворювання.

Бібліографічні посилання

- Beltiukova, K.Y., Matyshevskaya, M.S., Kulykovskaya, M.D., & Sydorenko, S.S. (1968). *Methods for investigating pathogens of bacterial plant diseases*. Kiev: Scientific thought (in Russian).
- Cherpakov, V.V. (2012). Bacterial diseases of forest species in pathology of forest. *SPb.: SPb GLTU*, 200, 292-303 (in Russian).
- Fedorov, N.I., Kovbasa, N.P., & Yarmolovich, V.A., (2007). *Harmfulness of bacterial drosy in birch stands*. Gomel: Harvest (in Russian).
- Gvozdyak, R.I., & Yakovleva, L.M. (1979). *Bacterial diseases of forest tree species*. Kyiv: Scientific thought (in Russian).
- Goychuk, A.F., Drozda, V.F., Shvets, M.V. (2017). *Bacterial drosy birch in stands of Zhytomyr Polissya of Ukraine: scientific and methodical recommendations for enterprises of the State Agency of Forest Resources of Ukraine*. Kyiv: NULES (in Ukrainian).
- Goychuk, A.F., & Shvets, M.V. (2016). *Bacterial pathology Betula pendula in the stands of Zhytomyr Polissya of Ukraine*. Zhytomyr: ZNAU (in Ukrainian).
- Losytskyi, K.B. (1975). The phenomenon of depression in hardwood forests. *Forestry*, 3, 40-44 (in Russian).
- Mishhenko, Yu. V. (1974). *Atlas of insects – pests of forest species*. Prague: SAPH (in Ukrainian).
- Parhomenko, L.I., Chernishov, O.V., & Gromova, O.P. (2013). A complex of harmful organisms inhabiting birch (*Betula L.*) in the arboretum of the National Botanical Garden named after. Grishko of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Plant introduction*, 4, 114-117 (in Ukrainian).
- Sheluhu, V.P. & Sidorov, V.A. (2008). Diagnosis and ways to reduce the economic importance of birch bacterial drosy. *Forestry*, 4, 48-52 (in Russian).
- Shvets, M.V. (2015). About the situation of birch stands in the forests of Zhytomyr Polissya of Ukraine. *Ecological, economic and social Problems of development agrarian Sphere in Conditions of Globalization*, 193-196. Kharkiv, Ukraine: Kharkiv National Agrarian University named after. V. Dokuchaev
- Shvets, M.V. (2016) *Enterobacter nimipressuralis – causative agent bacterial drosy of Betula pendula Roth. in the birch stands of Zhytomyr Polissya of Ukraine*. NULES, 255, 133-144 (in Ukrainian).
- Shvets, M.V. (2017). Symptomatology and etiology of «wetwood» birch in stands of Zhytomyr Polissya.

Contribution of young scientists on forestry, wood processing technologies and horticulture, 32-33. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

Sidorov, V.A. (2007). On the question of the role of insects in the spread of bacteriosis of birch, *BSUET*, 17, 234-236 (in Russian).

Риск исчезновения березы повислой в Житомирском Полесье Украины

А. Ф. Гойчук¹, В. Ф. Дрозда², М. В. Швець³

Выяснены причины усыхания березовых насаждений в Житомирском Полесье Украины. Акцентировано внимание на глубокой патологии березы повислой, вызванной комплексом факторов и, в первую очередь, которая связанная с бактериальной этиологией. Установлено, что мокрая древесина в стволе берез – бактериального происхождения. Отобраны образцы древесины и экссудата для лабораторных исследований из растений, которые имели ярко выраженные признаки патологии (трещины, вздутия). Экспериментально доказано, что возбудителем бактериоза березы повислой является фитопатогенная бактерия-полибиотроф *Enterobacter nimipressuralis* Carter, которая вызывает водянку хвойных и лиственных лесных древесных растений. Установлено, что симптоматика бактериальной водянки непосредственно связана с насыщением влагой тканей ствола и побегов березы повислой, формированием мокрого патологического ядра в древесине, трещинами и язвами на стволах, вздутиями перидермы в период активной фазы болезни, некротическими мокрыми язвами в местах внешнего проникновения инфекции, обильными потеками экссудата. В пораженных деревьев на стволах формируются многочисленные водяные побеги.

Зафиксировано, что в некоторых зрелых берез патологическое ядро ни разу не выходило наружу с заболони в виде трещины, сохраняясь внутри ство-

¹ Гойчук Анатолий Федорович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. генерала Родимцева, 19, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-050-930-04-46. E-mail: ogoychuk@gmail.com

² Дрозда Валентин Федорович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом биоразнообразия и устойчивого развития. Украинская лаборатория качества и безопасности продукции АПК, ул. Машиностроителей, 7, п.г.т. Чабаны, Киево-Святошинский р-н, 08162, Украина. Тел.: +38-044-526-45-04. E-mail: biomethod@quality.ua

³ Швець Марина Васильевна – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры экологии леса и безопасности жизнедеятельности. Житомирский национальный агроэкологический университет, ул. Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10002, Украина. Тел.: +38-096-685-93-62. E-mail: marina_lis@ukr.net

ла в течение всего онтогенеза. Жизнеспособность растения обеспечивалась деятельностью последних годичных слоев древесины и камбия, которые не были поражены бактериальной водянкой и ежегодно откладывали среднегодовой радиальный прирост. Это свидетельствовало о глубокой патологии березы.

Установлено, что на степень усыхания берез несколько влияет состав насаждений – сложные по форме и смешанные по составу древостои более устойчивы к бактериозу. Распространенность бактериальной водянки в березовых насаждениях различных возрастных групп растет с увеличением возраста и снижением полноты. Отмечена неодинаковая степень поражения бактериальной водянкой различных группы растительных ассоциаций: черничниковых, злаковых, зеленомошных и вересковых.

При обследовании стволов модельных деревьев обнаружена закономерность высотного расположения очагов поражения. Приведены данные о характере типа поражения и плотности расположения язв на стволе, описаны видовой состав и уровень доминирования рогахвостов, которые экологически и трофически связаны с березой повислой. Именно рогахвосты являются носителями возбудителя бактериальной водянки. Более того, именно они являются источником накопления и важным вектором расселения инокулюма в насаждениях березы. Важным при этом является и то, что возбудитель болезни является биологически инертным по отношению к насекомым-ксилофагам.

Ключевые слова: *Betula pendula*; Житомирское Полесье; бактериальная водянка; этиология; *Enterobacter nimipressuralis*; симптоматика; патогенез; вредоносная энтомофауна; вектор распространения.

Risk of birch disappearance in Zhytomyr Polissya of Ukraine

A. Goychuk¹, V. Drozda², M. Shvets³

The studies have established a number of causes of birch stand dieback in the Zhytomyr Polissya of

¹ *Anatoliy Goychuk* – Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Biology Forest and Hunting Science. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, General Rodimtsev st., 19, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-050-930-04-46. E-mail: ogoychuk@gmail.com

² *Valentin Drozda* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Division for Biodiversity and Sustainable Development. Ukrainian laboratory of quality and safety of products AIC, Mashynobudivnykiv st., 7, s.t.t. Chabany, Kiev-Svyatoshinsky district, 08162, Ukraine. Tel.: +38-044-526-45-04. E-mail: biomethod@quality.ua

³ *Marina Shvets* – Ph.D, Biology, Senior Lecturer of the Department of Forest Ecology and Life Safety. Zhytomyr National Agroecological University, Stary`j Bul`var, st. 7, Zhytomyr, 10002, Ukraine. Tel: +38-096-685-93-62. E-mail: marina_lis@ukr.net

Ukraine. Attention is focused on the deep pathology of the birch, caused by a complex of factors and, first of all, associated with bacterial etiology. It is established that the wetwood in the trunk of birch trees is of bacterial origin. The samples of wood and exudate have been selected for laboratory studies of plants, which had pronounced signs of pathology (cracks, swelling). It has been experimentally proven that the causative agent of birch dieback is the phytopathogenic bacteria *Enterobacter nimipressuralis* Carter, which causes dropsy of coniferous and deciduous forest trees. It has been established that the symptoms of bacterial dropsy are directly related to the saturation of the moisture of the tissues of the trunk and the shoots of the birch, the formation of the wet pathological nucleus in the plant, the cracks and ulcers on the trunks, the periderm during the active phase of the disease, necrotic wet ulcers in the places of external penetration of the infection, abundant fluxes exudate in the affected trees on the trunks are formed numerous water shoots.

It was observed that in some mature birches the pathological core never came out with sapwood in the form of a crack, remaining inside the trunk during the whole ontogenesis. The plant's vitality was ensured by the activity of the last year's annual layers of wood and cambium, which were not affected by bacterial dropsy and annually set aside annual radial growth. This testified to the deep pathology of birch.

It has been established that the composition of stand somewhat affects the dieback of birch trees. Complex and mixed tree stands are more resistant to bacteriosis. The prevalence of bacterial dropsy in birch stands of different age groups increases with their age and decrease in fullness. The unequal level of bacterial dropsy of various groups of plant associations was noted: blueberry, cereal, green-moss and heather. When examining the trunks of model trees, a pattern of altitude location of lesions was discovered. The data on the type of lesion and the density of wounds on the trunk are given, the species composition and the level of dominance of tremex, which are ecologically and trophically associated with birch, are analysed.

Tremex are carriers of the causative agent of bacterial dropsy. Moreover, they are the source of accumulation and an important vector of inoculum spread in birch stands. It is also important that the pathogen is biologically inert to xylophagous insects.

Key words: *Betula pendula*; Zhytomyr Polissya; bacterial dropsy; etiology; *Enterobacter nimipressuralis*; symptoms; pathogenesis; harmful entomologic fauna; distribution vector.