

**Міністерство освіти і науки України**  
**Донецький національний університет імені Василя Стуса**

На правах рукопису

**ВОЛОДАРЕЦЬ СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК 628.5:634.942:581.135

**САНУЮЧА ФУНКЦІЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ  
УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА**

03.00.16 – екологія

дисертація  
на здобуття наукового ступеня кандидата  
біологічних наук

Науковий керівник  
Глухов О.З.,  
член-кореспондент НАН України,  
доктор біологічних наук, професор

Вінниця – 2016

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                                                 | 4  |
| РОЗДІЛ 1. ФУНКЦІОНАЛЬНА РОЛЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В<br>УМОВАХ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ.....                                                            | 8  |
| 1.1 Санітарно-гігієнічні функції деревних культурфітоценозів                                                                                | 8  |
| 1.2 Фітонцидні властивості деревних рослин.....                                                                                             | 15 |
| РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА<br>МОНІТОРИНГОВИХ ТОЧОК.....                                                                  | 22 |
| 2.1 Екологічна характеристика району досліджень.....                                                                                        | 22 |
| 2.2 Екологічний стан моніторингових точок.....                                                                                              | 25 |
| 2.3 Біоекологічна характеристика досліджуваних<br>культурфітоценозів.....                                                                   | 36 |
| РОЗДІЛ 3. ОБ'ЄКТИ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                                                                          | 41 |
| 3.1 Видовий склад досліджуваних деревних рослин.....                                                                                        | 41 |
| 3.2 Погодні умови періоду досліджень.....                                                                                                   | 45 |
| 3.3 Методи досліджень.....                                                                                                                  | 54 |
| РОЗДІЛ 4. ПОКАЗНИКИ САНУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА<br>ПІГМЕНТНОГО АПАРАТУ РОСЛИН В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ<br>УМОВАХ ТА ЗА ВПЛИВУ УРБОГЕННИХ ФАКТОРІВ..... | 60 |
| 4.1 Стан фотосинтетичного апарату рослин .....                                                                                              | 60 |
| 4.2 Пилеосаджуюча здатність рослин.....                                                                                                     | 70 |
| 4.3 Антимікробна активність деревних рослин .....                                                                                           | 73 |
| РОЗДІЛ 5. ФІТОНЦИДНА АКТИВНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН<br>РІЗНИХ ТИПІВ НАСАДЖЕНЬ.....                                                              | 76 |
| 5.1 Протистоцидна активність деревних насаджень парків та<br>транспортних магістралей м. Донецька.....                                      | 76 |
| 5.1.1 Протистоцидна активність деревних рослин парків .....                                                                                 | 76 |
| 5.1.2 Протистоцидна активність деревних рослин транспортних<br>магістралей.....                                                             | 78 |

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2 Антимікробна активність деревних рослин санітарно-захисних зон підприємств.....                                           | 80  |
| 5.2.3 Новокраматорський машинобудівний завод.....                                                                             | 80  |
| 5.2.1 Донецький металургійний завод.....                                                                                      | 82  |
| 5.2.2 Єнакієвський металургійний завод.....                                                                                   | 87  |
| 5.2.4. Підприємства вугільної промисловості м. Донецька.....                                                                  | 89  |
| РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ФІТОНЦИДНОЇ АКТИВНОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН.....                                                    | 92  |
| 6.1. Вплив метеорологічних факторів на зміни протистоцидної активності деревних рослин.....                                   | 92  |
| 6.2. Особливості сезонного розвитку деревних рослин в різних екологічних умовах урбанізованого середовища .....               | 103 |
| 6.3. Сезонна динаміка фітонцидної активності хвойних.....                                                                     | 108 |
| 6.4. Сезонна динаміка фітонцидної активності листяних видів.....                                                              | 114 |
| 6.5. Добова динаміка протистоцидної активності деревних рослин...                                                             | 142 |
| РОЗДІЛ 7. ОЦІНКА САНУЮЧОЇ ФУНКЦІЇ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗАХ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА..... | 145 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                                                                | 152 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                               | 154 |
| ДОДАТКИ .....                                                                                                                 | 191 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В умовах промислових міст зелені насадження набувають провідної ролі в оптимізації середовища. Деревні рослини виконують різноманітні функції: санітарно-гігієнічні, структурно-планувальні, естетичні, рекреаційні [32, 328, 335]. Серед санітарно-гігієнічних функцій особливий інтерес представляє сануюча здатність рослин, що складається з пасивного (вловлювання пилу листками) та активного (антимікробна дія) механізмів очищення середовища. На теперішній час недостатньо вивчена активна складова сануючої функції, в основі якої лежить здатність деревних рослин пригнічувати ріст та розвиток простіших та бактерій, очищуючи таким чином повітря від шкідливої для здоров'я людини мікрофлори в умовах урбаносередовища.

Фітонцидна активність (ФА) деревних рослин тісно пов'язана з мікрокліматичними умовами місця зростання. У літературі зустрічаються протилежні характеристики фітонцидності видів з різних лісорослинних зон, тому дослідження фітонцидних властивостей деревних видів на регіональному рівні є актуальним напрямком. У Донецькій області визначення антимікробної дії листків деревних рослин проводили лише у 70-х–80-х роках ХХ ст. у м. Донецьк [215, 267, 268]. В Україні вивчення характеру та ступеня виділення летких фітонцидів деревами в урбанізованому середовищі потребує детальних досліджень цього питання. Особливий інтерес представляє вивчення фітонцидності деревних рослин в умовах південного сходу України, як регіону з жорсткими лісорослинними умовами, що формуються за сумісної дії екстремальних природних та антропогенних факторів.

Проблемою виділення летких фітоорганічних речовин (ЛОР) листками деревних рослин займаються вчені багатьох країн світу. Основними напрямками вивчення проблеми фітонцидної активності рослин на сьогоднішній день є виявлення впливу ЛОР листків на зменшення кількості забруднюючих речовин, вивчення хімічного складу ЛОР, його зміни, що виникають під впливом умов урбаносередовища та ін. [289, 301, 305, 310, 314, 315, 321].

Виходячи з вищевикладеного, дослідження сануючої функції в аспекті антимікробної та протистотичної дії, видів деревно-кущових рослин, з урахуванням їх життєвого стану, у специфічних гідротермічних умовах південного сходу України за дії різних джерел забруднень є актуальним.

**Мета та завдання досліджень.** Мета роботи – оцінити сануючу функцію деревних рослин у складі культурфітоценозів в умовах урбанізованого середовища південного сходу України та виявити найбільш цінні у відношенні фітонцидної активності види.

Для досягнення поставленої мети передбачалось виконання наступних завдань:

- визначити показники сануючої здатності (пилозатримуючої та антимікробної дії) деревних рослин в урбанізованому середовищі;
- оцінити функціональний стан рослин за показниками пігментного апарату в екологічно чистих умовах та за впливу урбогенних факторів;
- встановити протистотичну та антимікробну активність деревних рослин різних типів насаджень (парків, транспортних магістралей, санітарно-захисних зон підприємств) урбанізованих територій;
- встановити вплив метеорологічних факторів на фітонцидну активність деревних рослин;
- визначити вплив просторової структури насаджень на сезонну та добову динаміку фітонцидної активності хвойних та листяних порід;
- провести добір видів деревно-кущових рослин з високими сануючими (фітонцидними) властивостями та розробити рекомендації щодо асортименту та особливостей використання високофітонцидних видів в умовах промислового регіону південного сходу України з метою оптимізації екологічного стану оточуючого середовища.

*Об'єкт досліджень* – фітонцидна активність деревних культурфітоценозів урбанізованого середовища південного сходу України.

*Предмет дослідження* – вплив абіотичних факторів та техногенного забруднення від різних джерел на фітонцидну активність деревних рослин.

*Методи досліджень.* Мікробіологічні, фізіологічні, експериментальні та статистичні.

**Наукова новизна одержаних результатів.** *Уперше:*

-досліджено антимікробну та протистостцидну дію деревних рослин у різних типах насаджень, залежно від їхнього призначення;

-проведено оцінку антимікробної дії деревних рослин з урахуванням їхнього функціонального стану за показниками пігментного апарату;

-доведено, що за дії забруднюючих речовин фітонцидна активність у листяних видів деревних рослин зростає;

-встановлено порогові значення забруднення повітря для стійких та нестійких видів до умов урбаносередовища;

-експериментально доведено вплив мікрокліматичних умов урбанізованого середовища на добову та сезонну динаміку фітонцидної активності деревних рослин;

-встановлено, що зі зростанням протистостцидної активності збільшується антимікробна активність у листяних видів.

*Уточнено* і розширено уявлення про сануючу функцію деревних рослин, як здатність пригнічувати ріст та розвиток мікроорганізмів повітряного середовища.

**Практичне значення одержаних результатів.** Робота містить великий фактичний матеріал, який характеризує сануючу роль деревних рослин в умовах урбанізованого середовища. Для оцінки фітонцидності деревних рослин розроблена семибальна шкала з використанням у якості тест-об'єкту *Paramecium caudatum* Ehr., що підтверджується патентом на корисну модель А 01G/700 «Спосіб оцінювання фітонцидної активності деревних рослин в урбанізованому середовищі» (2014). Складено асортимент видів з високими фітонцидними властивостями для використання у санітарно-захисних зонах підприємств металургійної, машинобудівної, вугільної промисловості, вуличних та паркових насаджень.

Результати з вивчення антимікробної та протистоцидної дії листків деревних рослин культурфітоценозів з різним ступенем антропогенного навантаження можуть використовуватись як один з індикаторів забруднення середовища. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі («Фітооптимізація техногенного середовища», «Урбоекологія») та науковій діяльності (виконання студентами курсових та дипломних робіт) кафедри ботаніки та екології біологічного факультету Донецького національного університету.

**Особистий внесок здобувача** в одержанні результатів досліджень полягає в самостійному виконанні науково-дослідної програми, обробці й аналізу експериментальних даних (2010 – 2013 р.), вивченні й узагальненні отриманих даних, інтерпретації одержаних результатів. Разом з науковим керівником проведено вибір об'єктів і методик дослідження та розроблено структуру дисертаційної роботи. Результати виконаних досліджень відображено в публікаціях та дисертації.

**Апробація результатів досліджень.** Результати досліджень були представлені на на XIII з'їзді Українського ботанічного товариства (Львів, 19–23 вересня 2011 р.), IV міжнародній науковій конференції «Відновлення порушених природних екосистем» (Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р.), міжнародній науковій конференції «Дендрологія, квітникарство та садово-паркове будівництво» (Ялта, 5–8 червня 2012 р.), міжнародній науковій конференції молодих вчених «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Ужгород, 18 – 21 вересня 2012 р.), III міжнародній конференції «Інтродукція, селекція та захист рослин» (Донецьк, 25 – 28 вересня 2012р.), міжнародній науковій конференції «Від заповідання до збалансованого природокористування» (Донецьк, 20 – 22 березня 2013р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 25 робіт (5 у співавторстві), з них 6 статей у наукових фахових виданнях, 2 з яких – у виданнях, що входять до наукометричних баз даних, 4 статті – у виданнях які затверджені переліком МОН України, 1 патент та 18 тез доповідей у матеріалах конференцій.

## РОЗДІЛ 1 ФУНКЦІОНАЛЬНА РОЛЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УМОВАХ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ

### 1.1 Санітарно-гігієнічні функції деревних культурфітоценозів

Культурбіогеоценози являють собою особливу категорію біосфери. Поряд з закономірностями, загальними з природними біогеоценозами, ці штучно створені системи мають ряд суттєвих особливостей у компонентній структурі та матеріально-енергетичному метаболізмі, обумовлених специфікою культурних рослин та проведенням на ділянках вирощування заходів, спрямованих на створення сприятливих умов для росту та розвитку рослин [100].

За В.М. Сукачовим, провідним компонентом біогеоценозу є фітоценоз. Лише зелені рослини, що володіють хлорофілом, здатні акумулювати кінетичну енергію Сонця, та зв'язувати її, перетворюючи у потенційну енергію органічних речовин, які є джерелом існування та розвитку біогеоценозу в цілому [173, 242]. Фітоценоз характеризується певним видовим складом, структурою та взаємодією рослин між собою і з зовнішнім середовищем. Фітоценоз постійно розвивається під впливом зовнішніх факторів. Вплив людини призводить до заміни природних фітоценозів культурними [144]. У культурбіогеоценозах фітоценоз також є основним компонентом [100].

У великому місті змінюються майже усі компоненти природного середовища – атмосфера, рослинний світ, ґрунт, рельєф, гідрографічна мережа, підземні води. Антропогенні чинники впливають на показники температури, вологості, утворення повітряних мас, освітленість, що у цілому призводить до виникнення своєрідних мікрокліматичних умов. Через антропогенні едафічні та кліматичні фактори витісняється природна рослинність, збіднюється тваринний світ, обмежується діяльність мікроорганізмів-деструкторів. Тому екосистеми великих міст є енергетично субсидовані, їх діяльність часто повністю залежить від втручання людини. Основними урбогенними негативними факторами є теплові, хімічні, радіаційні, електромагнітні, світлові, звукові, вібраційні тощо.

Часто в містах вони діють одночасно, особливо це стосується транспортних магістралей із високою інтенсивністю руху [144, 158, 286].

Основними забруднювачами атмосфери у великому місті є транспорт та різні галузі виробництва. Під час роботи автомобільних двигунів виділяються оксид вуглецю, оксиди азоту, двоокис сірки, вуглеводні, альдегіди, сажа та бенз(а)пірен [194]. Для рослин найбільш небезпечним є двоокис сірки та оксиди азоту. Ураження деревних рослин двоокисом сірки призводить до передчасного опадіння листків та хвої [244, 340]. Під дією оксидів азоту на листках з'являються хлорози різних типів: на вершині та по краях листків утворюються буровато-чорні ділянки [350].

Залізничний транспорт, в порівнянні з автомобільним, є більш екологічно чистим. Використання електровозів замість тепловозів призводить до скорочення спалювання дизельного пального та зменшення небезпечних викидів у атмосферу. Залізничний транспорт за об'ємом вантажних перевезень займає перше місце серед інших видів транспорту, за об'ємом перевезень пасажирів – друге місце після автомобільного транспорту в Україні. Основним джерелом забруднення атмосфери є відпрацьовані гази дизельних двигунів тепловозів. У них містяться оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, різні вуглеводні, сірчистий ангідрид, сажа [233].

Джерелами забруднення атмосферного повітря від вугільної галузі є породні відвали, що горять, шахтні котельні, вентиляційні стволи, пункти вантаження вугілля. Метан, пил, сірчаний ангідрид, оксиди азоту виділяються у повітряне середовище під час добування вугілля та обслуговування шахт. З породних відвалів, що горять, здувається значна кількість пилу – до 50 мг/с залежно від швидкості вітру [168]. Безпосередньо під час добування вугілля виділяється метан, неорганічний пил з домішками двоокису кремнію [49].

Забруднення атмосфери металургійними заводами відбувається через викиди в атмосферу продуктів спалювання різних видів пального під час роботи доменних печей, переробки у них руди з нерудними домішками та коксу. Токсичні речовини, що утворюються при цьому, складаються на 78 % з

діоксиду вуглеводню, 15 % сірчаного ангідриду, 6% діоксиду азоту, 0,7 % вуглеводнів, разом з бенз(а)піреном, а також пилу з вмістом графіту та різних металів (алюміній, сурма, ртуть, свинець та ін.) [234, 316].

Частка забруднення атмосфери машинобудівною галуззю складає 1–2 % із загального об'єму промислових викидів, що потрапляють до оточуючого середовища. Під час здійснення технологічних процесів на машинобудівному заводі у повітря виділяються діоксид вуглецю, сірчаний ангідрид, оксиди азоту, пил та вуглеводні. До основних виробництв відносять: літійне, внутрішньозаводські енергоємні процеси, пов'язані зі спалюванням пального, металообробка конструкцій та окремих деталей, зварочне, гальванічне, лакофарбувальне виробництво [177]. Отже, викиди в атмосферу від автомобільного транспорту та металургійного виробництва завдають найбільшої шкоди оточуючому середовищу.

В умовах промислових міст зелені насадження набувають провідної ролі в оптимізації середовища. Зелені насадження виконують різноманітні функції: санітарно-гігієнічні, структурно-планувальні, естетичні, рекреаційні [143]. До санітарно-гігієнічних функцій відносять: фільтруючу, газозахисну, підвищення іонізації повітря, виділення фітонцидів, шумопоглинальну, вітрозахисну, киснеутворюючу, мікрокліматичну.

У науковій літературі з питань урбоекології та містобудівництва часто з поняттям санітарно-гігієнічні функції зустрічається – сануюча функція [32]. Рівнозначного погляду дослідників щодо використання вищезгаданих термінів нема. У нашій роботі сануюча функція відображає здатність рослин пригнічувати ріст та розвиток простіших та мікроорганізмів, що знаходяться у повітрі, очищуючи таким чином повітря від шкідливої для здоров'я людини мікрофлори. Фітонциди відіграють регуляторну роль у взаємодії організмів в урбанізованих фітоценозах, підтримуючи баланс патогенної мікрофлори у повітрі міста [1, 5, 16].

*Фільтруюча функція.* Деревними насадженнями вловлюється пил з повітря. Фільтруюча здатність насаджень обумовлюється будовою крони та

листіків рослин. Значна частина пилу затримується на поверхні листків, гілок та стовбура [44, 112]. Враховуючи фактуру листової пластинки рослин та їх відношення до твердих та рідких аерозолів, поділяють рослини на дві групи. Перша група об'єднує рослини з листками без воскового нальоту, що легко змочуються, погано звільняються від пилових частинок. До другої групи відносяться рослини, листки яких мають восковий шар та легко звільняються від пилу [113, 143, 339].

*Газозахисна функція* зелених насаджень обумовлена різною швидкістю проникнення та накопичення токсичних речовин в тканинах листових пластинок та клітинних органелах. Під час дії токсикантів у рослин порушується фотосинтез, дихання, транспірація та інші біосинтетичні та обмінні процеси. Ступінь пошкодження атмосферними токсикантами рослин залежить від ендогенних (індивідуальні особливості) та екзогенних чинників (освітленість, зволоження, елементи мінерального живлення) [42, 113, 140, 141, 143, 317]. В умовах Донбасу газостійкими видами серед листяних є тополя чорна, робінія, абрикос звичайний, бирючина та інші [244].

*Іонізуюча функція.* Міська рослинність сприяє підвищенню іонізації повітря. Зелені насадження покращують електрогігієнічні властивості атмосфери. Вони приблизно у три рази збільшують кількість легких йонів з від'ємним зарядом [94, 207, 226].

*Сануюча функція.* Древа та кущі в процесі життєдіяльності виділяють в повітря антибактеріальні, протистостидні та фунгіцидні леткі органічні речовини [4, 195, 214, 342]. Більше 500 видів дерев та кущів виділяють фітонциди, що вбивають або гальмують розвиток шкідливих мікроорганізмів [82, 89, 247, 335]. Фітонциди – це один з факторів природного імунітету рослин. Біогенні леткі органічні речовини є одним з багатьох факторів життя біоценозів, що обумовлює антогонізм у світі мікроорганізмів, стимуляцію або пригнічення розмноження, росту та інших проявів життя у вищих рослин. Фітонциди – це один з багатьох факторів, що впливають на склад мікрофлори повітря в умовах різних рослинних асоціацій, регулюючи склад живих

організмів у біогеоценозах. Така специфіка біогенних ЛОР дозволяє відокремити виділення фітонцидів в окрему функцію.

Вплив летких органічних речовин рослинного походження на якість повітря у великих містах є одним з пріоритетних напрямків досліджень на сьогодні у світі. При взаємодії біогенних ЛОР з оксидами азоту та іншими хімічними речовинами, що містяться у вихлопних газах, при дії світла утворюється озон та вторинні органічні аерозолі [314, 320, 321, 329]. Озон є компонентом смогу, що виникає у великих містах, а вторинні органічні аерозолі є джерелом небезпечних для здоров'я людини частинок менше 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ). На сьогодні у світі проводяться дослідження механізмів взаємодії ЛОР деревних рослин з забруднюючими речовинами, що містяться у повітрі урбанізованого середовища [322, 323, 329, 347]. Деревна з високими показниками фітонцидної активності у південних містах на вулицях з інтенсивним рухом автотранспорту, не рекомендується висаджувати у великих кількостях. Деревні рослини з помірними фітонцидними властивостями здатні зменшувати кількість озону [335, 337].

Літературні дані щодо впливу забруднюючих речовин урбанізованого середовища на фітонцидну активність летких органічних речовин листків деревних рослин неоднозначні [121, 213, 229, 254, 262] та потребують подальшого вивчення, тому метою роботи було оцінити вплив забруднюючих речовин на сануючу функцію деревних рослин.

У сануючій здатності деревних рослин задоцільним є виділення пасивного (вловлювання пилу листками) та активного (антимікробна дія) механізмів очищення середовища. Заварзіним Г.А. встановлено, що мікроорганізми у повітрі зустрічаються головним чином на частинках пилу великого розміру [108]. На вегетативних органах рослин з забруднених районів виявлено у два рази менше різних представників мікрофлори, в тому числі й патогенних, ніж з чистих районів [214]. Ці дані підтверджують припущення про існування двох складових сануючої функції деревних рослин.

*Шумопоглинальна функція.* Експериментально встановлено вплив рослин на зниження рівня міських шумів, що полягає в ослабленні звукових коливань у момент проходження їх крізь гілки, листки та хвою. Зниження сили шума залежить від видового складу насаджень, щільності крони, густоти листя. Ступінь ефективності виконання шумопоглинальної функції насадженням залежить від прийомів озеленення [109, 353].

*Вітрозахисна функція.* Вітрозахисна роль зелених смуг визначається щільністю та розташуванням насаджень, а також типом забудови. Вітрозахисний вплив зеленої смуги, що складається з восьми рядів дерев висотою 15–17 м, відмічається на відстані 300–600 м. У цій зоні швидкість вітру може складати 25–30 % від первісних показників. На відстані, рівній десяти висотам насадження, спостерігається відносно безвітря [144]. Найбільш ефективні ажурні захисні полоси, що пропускають крізь себе до 40 % вітру всього потоку.

*Киснеутворююча функція.* У процесі життєдіяльності рослини поглинають вуглекислий газ та виділяють вільний кисень. При доборі асортименту деревних рослин для озеленення міської забудови враховують ефективність різних рослин у газообміні. Так, якщо ефективність ялини звичайної прийняти за 100 %, то для модрина вона буде складати 118, сосни звичайної – 164, липи великолисної – 254, дуба звичайного – 450, а тополі чорної – 691 % [18, 143].

*Мікрокліматична функція.* Міські зелені насадження є важливим засобом створення комфортних температурних умов для людини. Створюючи тінь та зволожуючи повітря, дерева та кущі позитивно впливають на мікроклімат міста. Так, угруповання деревних видів значно знижують теплову радіацію до 5 %. Зелені насадження сприяють збільшенню вологості повітря завдяки випаровувальній здатності рослинного покриву. Вологість повітря під кронами дерев у насадженні характеризується меншою амплітудою коливань, ніж на відкритій міській території: в парку вона становить 6,9 %, на відкритій території – 15,2 %. Для створення комфортних умов перебування людини

важливого значення набуває розміщення деревних рослин. Об'єднання міських та приміських насаджень в єдину систему у комбінації з вільною забудовою призводить до зміни температури та вологості повітря на відстані до 300 м [326, 330].

Деревні рослини селітебної зони м. Донецьку, за даними Р.Г. Сінельщикова, затримують 59% сонячних променів, що у період літньої спеки для Донбасу є суттєвим оптимізуючим фактором. Значно слабше проявляється охолоджуюча (в середньому на 4 %) та зволожуюча (на 14 %) роль рослин [216].

В умовах урбанізованого середовища трансформації підлягають у першу чергу біохімічні властивості, фізіологія і, як наслідок, морфоструктура рослин [12, 25, 160, 341]. За дії техногенного забруднення у дерев знижується асиміляційна активність, спостерігається зниження вмісту хлорофілу, змінюється будова хлоропластів, кислотність клітинного соку [36, 71, 139]. У листках деревних рослин збільшується використання води на транспірацію, скорочується продуктивність фотосинтезу [81, 150, 167]. Мінеральні водорозчинні частинки нерідко викликають локальні опіки на листках, а при довгому запиленні – ослаблення та загибель рослин [165, 166].

В умовах міста дерева мають розріджену крону, дрібні листки, в них змінений ріст пагонів, з'являються некрози листків. У цілому під впливом забруднення в рослинах відбуваються зміни, спрямовані на ксерофітизацію морфоструктурних ознак [37, 169, 170, 245, 255]. Промислові гази, концентрації яких перевищують ГДК, викликають некрози на листках та хвої деревних рослин, що знижує тривалість їхнього життя, прискорює всихання нижніх гілок у насадженнях таких представників хвойних, як ялина та модрина [87, 142, 172]. Зниження життєздатності міських деревних рослин сприяє розвитку шкідників та хвороб. Комплекс негативних факторів призводить до зниження у 2–3 рази тривалості життя міських рослин [124]. Умови зростання деревних рослин промислового міста ускладнюються ще й через зниження якості та зменшення зволоження ґрунтів культурфітоценозів, зокрема на зміни ґрунтової

вологості вказують особливості альгоугруповань, які є одними з біоіндикаторів урбаносередовища [158, 159].

Деревні рослини, що складають культурфітоценози, в процесі життєдіяльності створюють комфортні умови для існування людини в умовах урбоекосистем. З метою повного використання ресурсів зелених насаджень під час планування озеленення міста важливо дослідити початкові етапи трансформації рослинного організму в техногенному середовищі, фізіологічні та біохімічні реакції рослин на забруднення середовища, враховувати еколого-біологічні характеристики деревних порід, стійкість рослин до комплексу негативних факторів, кліматичні умови регіону (клімат, міську забудову, розу вітрів), специфіку промисловості та транспортної мережі міста.

## **1.2 Фітонцидні властивості деревних рослин**

Вперше термін «фітонциди» був введений Б.П. Токіним у 1928 р., який відкрив здатність подрібнених цибулин часнику та цибулі продукувати леткі та нелеткі речовини, що спричиняли зміни в рості колоній мікроорганізмів [248–252].

У 60–80-х роках ХХ сторіччя багато авторів пропонували різні тлумачення терміну «фітонциди». У зв'язку з різними функціями фітонцидів у природі різні дослідники вводили велику кількість термінів для позначення рослинних виділень різного походження. Так, С.С. Скворцов визначав їх, як «нативні леткі органічні речовини», що продукуються непошкодженими тканинами та органами рослин [217]. А.М. Гродзинський увів термін «коліни», під яким розумів фізіологічно активні речовини, які відіграють важливу роль у взаємозв'язках рослин [84–86]. Для позначення антибіотичних речовин, що утворюються у відповідь на інфекцію, використовують термін «фітоалексини» [1, 92, 95, 117, 300].

Термін «фітонциди» отримав найбільше розповсюдження і його використовують для позначення активних речовин, які містяться у виділеннях пошкоджених та непошкоджених тканин та органів рослин [224, 225]. На

сучасному рівні під фітонцидами розуміють бактерицидні, фунгіцидні, протистогіцидні речовини, що продукуються рослинами та є одним з факторів їхнього імунітету і відіграють важливу роль у взаємовідносинах організмів у біоценозах [252].

Для позначення леткої фракції фітонцидів в англомовних джерелах прийнятий термін – біогенні леткі органічні речовини (*biogenic volatile organic compounds*) [325]. Під цим терміном розуміють органічні атмосферні гази біогенного походження. У науковій літературі використовують скорочення БЛОП (BVOC), або біогенні ЛОР (*biogenic VOC*), ЛОР, що виділяються рослинами (*plant VOC*). Для позначення ЛОР, що виділяються рослинами, також доречно вживати термін леткі фітоорганічні речовини (ЛФОР) [148].

До складу летких фітоорганічних речовин, що виділяються як хвойними, так і листяними видами деревних рослин, входять речовини різної хімічної природи: ізопрен, терпеноїди, ефірні олії, спирти, органічні кислоти, альдегіди, складні ефіри, а також ненасичені вуглеводні [10, 116, 122, 203, 209, 232]. У виділеннях хвойних також присутні монотерпенові та сесквітерпенові вуглеводні [19, 246, 309, 336].

Усі відмічені органічні речовини характерні для виділень як цілих, так і подрібнених клітин та тканин рослин. Проте, в останньому випадку активність утворення летких речовин істотно зростає, тому що вільний доступ кисню до пошкоджених рослинних тканин призводить до значного посилення окисних та гідролітичних процесів, що сприяє зміні вихідних метаболітів [201, 202, 208].

Відмінності щодо інтенсивності та складу летких виділень цілісних та пошкоджених рослин дали можливість дослідникам розділити леткі речовини на первинні та вторинні фітонциди. Первинними фітонцидами називають леткі органічні речовини, що виділяються непошкодженими рослинами, а вторинними – леткі органічні речовини, що вивільнюються пошкодженими тканинами [103, 205, 206, 218, 304].

Аналіз літературних даних показав, що всі види хвойних характеризуються високою бактерицидністю первинних та вторинних

фітонцидів, окрім *Juniperus sabina* L. [5, 341]. Т.В. Старовойтова, О.С. Лахно та В.А. Ярошенко відмічають, що фітонциди ялівцю, як і вторинні, так і леткі, які вивільняються цілісною, не пошкодженою хвоєю, мають слабкі бактерицидні властивості. У деяких випадках під впливом фітонцидів цього виду відбувалось навіть збільшення колоній білого та золотистого стафілококів [237].

Серед листяних видів високою бактерицидністю вторинних фітонцидів характеризуються *Acer platanooides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Betula pendula* Roth, *Padus avium* Mill., *Morus alba* L., *Syringa vulgaris* L., *Ulmus pumila* L. [279, 280]. Первинні леткі виділення *A. pseudoplatanus* L., *Morus alba* L., *Padus avium* Mill, *Syringa vulgaris* L. мають високі бактерицидні властивості [237]. А.С. Спаховою та В.Н. Коноваловою була виявлена висока антимікробна активність по відношенню до золотистого та білого стафілококів методом «опарення» вторинних виділень листків *P. avium* у зеленій зоні міста Воронеж [230, 231]. У всіх інших видів даної групи леткі виділення непошкоджених листків мали середню або слабку дію на ріст колоній мікроорганізмів.

Як вторинні, так і первинні леткі виділення *Populus bolleana* Lauche, *Salix alba* L., *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L., *Sorbus aucuparia* L., *Spiraea × vanhouttei* (Briot) Carrière, *Viburnum opulus* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tillia cordata* Mill. характеризуються середньою антимікробною дією. Так, безпосередньо в природних умовах бактерицидні властивості деяких видів р. *Populus* L. вивчали Р.Г. Синельщиков та К.Н. Мекель. Чашки Петрі з м'ясо-пептонним агаром дослідники розміщували у кронах дерев, а також на відкритому місці (контроль). Було встановлено, що в похмуру погоду в кронах *Populus bolleana* Lauche, *P. simonii* Carrière та інших деревних порід (*Robinia pseudoacacia* L., *Acer saccharinum* L., *Fraxinus lanceolata* Borck, *Ulmus pumila* L.) число бактеріальних колоній знижувалось порівняно з контролем на 3–24% [215].

Вторинні та первинні фітонциди листків видів *Sambucus racemosa* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Berberis vulgaris* L. та *Junglans regia* L. спричинювали слабку дію на ріст та розвиток мікроорганізмів. Так, у дослідях М.В. Кочергіної

леткі виділення листків *Morus alba* знизили кількість колоній білого стафілококу лише на 3% [135]. Дослідження Н.М. Вереїкіної показали, що раньові фітонциди *Ligustrum vulgare* L. мали слабку дію на найпростіших (*Paramecium caudatum* Ehr.) [41]. У цілому в результаті огляду літературних джерел були виділені 6 видів хвойних та 28 видів листяних рослин з високою та середньою фітонцидною активністю.

В основному ЛОР виділяються через продихи, або кутикулу епідермісу листків [23, 202, 297, 311]. При анаеробному диханні під час підтоплення заплав через сочевички пагонів та коренів виділяються пари етилового спирту, ацетатальдегіду та етилену [126].

Леткі органічні речовини синтезуються у цитоплазмі та органелах рослинних клітин, як продукти вторинного обміну. Біогенетичними попередниками цих речовин є мевалонат, ацетил-КоА, корична кислота та амінокислоти. Водорозчинні речовини накопичуються у вакуолях, а газоподібні та ліпофільні екскрети виділяються у вільний простір клітини, звідки вони виводяться за межі рослинного організму [202, 203, 291, 312].

Фітонциди різних рослин розрізняються за хімічним складом та потужністю дії. Фітонциди одних рослин відрізняються бактерицидними властивостями – вбивають бактерії, інших – бактериостатичними, тобто тільки затримують ріст та розмноження мікроорганізмів. Усі фітонциди спричинюють протистоцидну дію – загибель простіших організмів за певний проміжок часу. Леткі органічні речовини спричинюють також загибель грибків – фунгіцидна дія.

Фітонцидна активність деревно-кущових рослин залежить від багатьох факторів: пори року, часу доби, погодних умов та інших. Фітонцидність тісно пов'язана з віком рослин, їх розвитком в онтогенезі та носить виражений сезонний характер – у різні сезони та фази вегетації різні органи однієї й тієї ж рослин характеризуються різною активністю [2, 7, 240, 271].

Найбільшу кількість летких речовин з високою фітонцидною активністю виділяють молоді органи рослин. Зі збільшенням їхнього віку знижується

активність [83, 92]. Більш складна залежність спостерігається залежно від віку рослин. Поряд з активністю фотосинтезу та ростових процесів велику роль відіграє збільшення маси асиміляційного апарату рослин [193, 281].

У весняний період у молодих листків покривні тканини тонкі та ніжні, тому кількість летких речовин, що виділяються через кутикулу, значно збільшується. У більшості деревних рослин фітонцидність досягає максимуму приблизно на початку червня. Восени виділення зменшуються, а в період глибокого спокою практично відсутні [192, 282, 287, 349].

Мінімальна кількість летких виділень спостерігається зранку. Вдень виділення ЛОР поступово збільшується та досягає максимуму ввечері. Погіршення погодних умов, особливо підвищення відносної вологості, зниження температури повітря негативно впливає на виділення летких речовин [212, 223, 307]. У темряві рослини практично повністю припиняють виділяти фітонциди. Основними природними чинниками, що впливають на фітонцидну активність деревних рослин, є вологість, температура та освітленість.

Прояв біологічної активності летких фітонцидів рослин у природних умовах залежить від рівня їх концентрації в атмосферному повітрі. При однакових умовах зростання відмічається залежність цього параметра від виду рослини. На рівень виділення ЛОР впливають кількість насаджень, величина фітомаси, вік рослин та погодні умови [263, 295, 296, 300].

В умовах урбанізованого середовища фітонцидна активність рослин змінюється, порівняно з природними ділянками. Повітря промислового міста забруднене різними елементами, пилом, тощо. В ньому збільшується вміст позитивних легких йонів, що впливає на фітонцидні властивості рослин. За даними деяких авторів [16, 115, 354], фітонцидна активність *Populus balsamifera* L., *P. simonii* Carrier, *Ulmus pumila* L., *Acer negundo* L. та інші в умовах значного забруднення середовища збільшується. Проте при подальшому збільшенні забруднення повітря ФА знижується, що може бути пояснено стресовою дією хімічного забруднення [241, 276, 277]. Як відмічає Г.О. Часовенна, в умовах міста береза та сосна проявили низькі протистоцидні

властивості, порівняно з рослинами, що зростають у природних умовах [274, 275].

Фітонциди здатні пригнічувати розвиток мікроорганізмів та є біостимуляторами для вищих рослин, а також незамінним компонентом природного середовища [72, 152, 294]. Фітонциди виділяються рослинами у відповідь на дію стресового фактору: захист від мікроорганізмів, грибів, інфекцій, поїдання тваринами та інше. Леткі фітоорганічні речовини діють на відстані, здійснюючи першу оборону рослини від негативних чинників, а фітонциди розчиненні в тканинних – другу.

Виділення деревами ЛОР тісно взаємопов'язане з фотосинтетичним процесом. Фітонциди, до складу яких входять ЛОР, є вторинними метаболітами, їхні попередники (мевалонова кислота, Ацетил-КоА) утворюються у хлоропластах [126, 203]. Однак, ізопрен, утворюється у хлоропластах на світлі, при наявності  $\text{CO}_2$ , його попередником є ацетил-КоА [343]. Терпеноїди в основному утворюються у хлоропластах у темнову фазу фотосинтезу [202, 290].

Фотосинтетичний апарат забезпечує життєдіяльність рослин у різних екологічних умовах та характеризується високими адаптаційними можливостями. Це досягається шляхом зміни вмісту основних пігментів фотосинтезу та анатомічних структур листка [48, 178]. Адаптаційні можливості асиміляційного апарату рослин включають як мобілізацію вже існуючих пристосувальних процесів, так і нові захисні механізми. Особливу роль у цих процесах відіграють фотосинтетичні пігменти хлорофіл *a*, хлорофіл *b* та каротиноїди [46, 47, 110, 163, 260].

За дії несприятливих факторів (загазованість повітря, забруднювальні речовини у ґрунті та ін.) змінюється і вміст фотосинтетичних пігментів. Так, у рослин *Piceae pungens* «Glausa», що зростають вздовж автотраси, Г.Г. Москалик відмічає зниження вмісту хлорофілу *a*, порівняно з контрольними ділянками [160].

Зміни вмісту та співвідношення фотосинтетичних пігментів в асиміляційних органах слугують тестом, що дозволяє оцінити техногенний вплив на рослини [11, 178]. Одними з інформаційних та найбільш розповсюджених характеристик фотосинтетичного апарату є його пігментний склад. Співвідношення суми хлорофілів до каротиноїдів ( $a+b/\text{кар.}$ ), як правило, постійне в нормі та швидко реагує на зміни середовища, тому використовується, як показник пристосованості рослин до екстремальних умов [167–171].

Аналіз літературних джерел показав, що сануюча функція, як здатність деревних рослин пригнічувати ріст та розвиток мікроорганізмів у повітрі, розкрито недостатньо, зокрема потребують детального дослідження антимікробні та протистостидні властивості деревних рослин в умовах урбаносередовища. Фітонцидні властивості встановлені для багатьох деревних рослин, проте залишаються до кінця не з'ясованими питання впливу умов урбаносередовища на фітонцидну активність деревних рослин. Мало уваги на сьогодні приділяється порівняльному аналізу антимікробної та протистостидної дії рослин. У літературі практично відсутні відомості про вплив забруднюючих речовин від різних джерел на фітонцидну активність (ФА) деревних рослин. Відсутні дані, щодо особливостей добової та сезонної динаміки фітонцидності дерев південного сходу України. В умовах регіону досліджень антимікробні та протистостидні властивості багатьох видів взагалі не вивчались. Це визначило необхідність виконання даної роботи, присвяченої вивченню фітонцидної активності в аспекті сануючої функції деревних рослин у складі культурфітоценозів урбанізованого середовища.

## РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОНІТОРИНГОВИХ ТОЧОК

### 2.1 Екологічна характеристика району досліджень

Місто Донецьк розташоване у степовій зоні на південному сході України, у верхів'ях р. Кальміус. Його територія являє собою горбисту рівнину у південно-західній частині Донецького кряжу, висота місцевості варіює від 190 до 270 м н.р.м. [107, 198]. Згідно фізико-географічного районування, агломерація м. Донецьк знаходиться у Донецькій височинній фізико-географічній області, Донецькому фізико-географічному краї, північностеповій підзоні степової зони [73, 152].

Місто розташоване у центральній частині Донецького вугільного басейну на пагорбистій рівнині в південно-західній частині Донецького кряжа. Осадова товща складається з відкладень девона, карбона, пермі, тріаса, юри, крейди, третичних та четвертинних, починаючи зі середнього девону. У вугленосній товщі Донбаса залягають 310 вугільних пластів, у яких зустрічаються всі види википного вугілля – від бурого до антрациту [164]. Територія дослідження знаходиться у межах підобласті східних схилів Донецької піднесеності області схилових частин [188].

У гідрографічному положенні територія Донецька відноситься до водорозділу басейна рік Дніпра та басейна рік Приазов'я. Основною рікою, що протікає через місто, є Кальміус, яка впадає в Азовське море [35]. На території міста протікають також річки Бахмутка (довжина 23 км), Асмоловка (13 км) та розташовано близько 30 водосховищ («Донецьке море» площею 206 га, Кальміуське (60 га) та ін.). Місто Донецьк є кінцевим пунктом каналу Дніпро–Донбас [34].

Клімат території дослідження помірно континентальний степової області помірних широт, відзначається мінливістю погодних умов. На його характер впливає рельєф і потік теплого вологого повітря з Азово-Чорноморського басейну [154]. За даними багаторічних спостережень Донецького обласного гідрометеоцентру, середньорічна температура повітря дорівнює +6...+7,8 °С.

Середня температура найбільш теплого місяця (липня) складає  $+21...+23$  °С, найбільш холодного (січня) досягає  $-6,4...-6,6$  °С при абсолютному максимумі влітку  $38$  °С, абсолютному мінімумі узимку  $-37$  °С [17, 257]. Кількість опадів неоднакова, їхня сума з року в рік коливається від 260 до 616 мм, а в середньому за рік на території міста випадає 514 мм атмосферних опадів, найменша кількість їх у жовтні, найбільша – у червні. На рис. 2.1 представлений річний хід температури і опадів за середньобагаторічними даними [119] та їх співвідношення (у масштабі осей ОУ (температура) та ОУ (опадів) 1:2), що дає можливість виявити посушливі періоди.

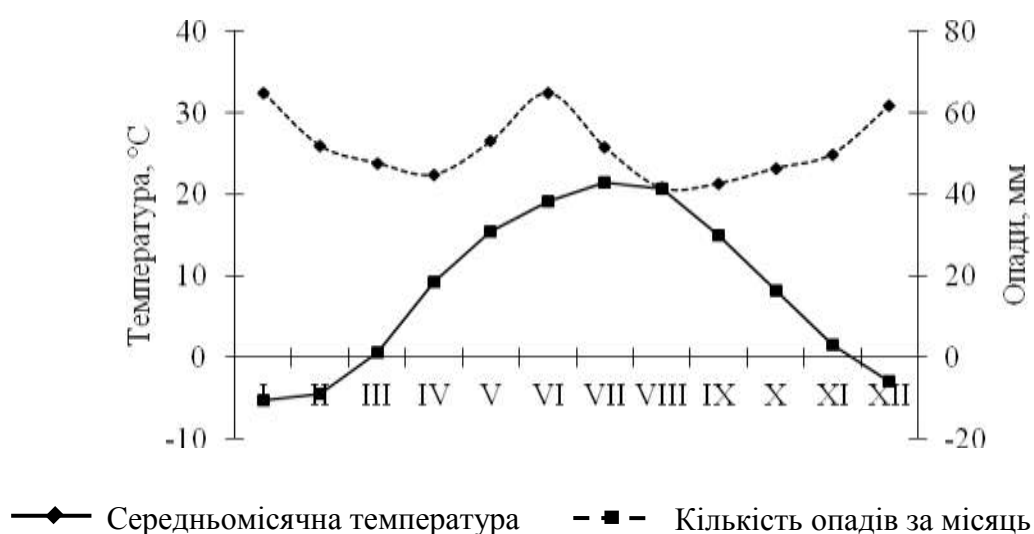


Рис. 2.1 Кліматограма за середніми багаторічними даними у м. Донецьк

За період із середини XX ст. по цей час мінімальна середньомісячна температура найбільш холодного місяця січня становила  $-16,1$  °С, максимальна температура піднімалася до  $+1,5$  °С. У найбільш теплому місяці – липні – максимальна середньомісячна температура досягала  $+26,4$  °С, мінімальна  $+17,8$  °С [118, 119]. Слід відзначити певну закономірність у прояві наведених температурних показників – як правило, мінімальні температури відзначалися в середині століття та на початку другої половини XX ст., максимальні – на початку XXI ст., тобто клімат став більш теплим.

У середньому за рік у місті спостерігається 129 днів з опадами; найменше їх у серпні (7), найбільше – у грудні (16). Мінімальна річна кількість опадів становила 312 мм, абсолютний мінімум температури повітря

становить  $-33,5^{\circ}\text{C}$ , абсолютний максимум  $+39,1^{\circ}\text{C}$ . Щорічно на території м. Донецьк утворюється сніговий покрив, проте його висота незначна. Відносна вологість повітря у середньому за рік складає 74%, найменша вона у серпні (60%), найбільша – у грудні (90%). Найменша хмарність спостерігається у серпні, найбільша – у грудні. Кількість днів з грозами у середньому за рік – 21, градом – 7, снігом – 58 [118].

Вітрова діяльність має яскраво виражений характер. Зимою у місті переважають східні, південно-східні та північно-східні вітри, влітку – західні та північно-західні, вітри південного напрямку бувають рідко. Середньомісячна швидкість вітру у Донецьку у жовтні–квітні становить 6,1 м/с, у травні–вересні 4,4 м/с, максимальна швидкість вітру у місті 34 м/с. Коли взимку дують північні та північно-східні вітри, температура може бути нижчою за  $-30^{\circ}\text{C}$ , влітку при вітрах цих напрямків у місті стає по-осінньому холодно. Східні та південно-східні вітри влітку приносять суховії, що завдають великої шкоди рослинам [118].

Місто Єнакієве розташоване у східній частині Донецької області при впадінні річок Садки та Булавін у ріку Кринку, на відстані 50 км від Донецька. Поверхня території міста хвиляста, значною мірою розчленована, ускладнена антропогенними формами – відвалами, териконами тощо. Основні корисні копалини – кам'яне вугілля. Середня температура січня  $-7,5^{\circ}\text{C}$ , липня  $+20,9^{\circ}\text{C}$ . Опадів 524 мм на рік [101].

Місто Краматорськ розташоване на півночі Донецької області у долинах річки Казений Торець та її притоків, що оточені пагорбами. На берегах р. Казеного Торця та його притоки р. Беянки у двох місцях утворені круті склони – «крейдяні гори». Клімат Краматорська помірно-континентальний, як і в іншій частині області, з відносно холодною зимою та сухим літом. Кількість атмосферних опадів за роками та сезонами розподіляється нерівномірно. За рік може випадати від 250 до 650 мм. Висока вологість повітря, середньорічна відносна вологість складає 75 %, взимку через високу вологість можливі тумани. Середня температура найхолоднішого місяця (січня) становить  $-8,2^{\circ}\text{C}$ ,

а найтеплішого (липня) + 21,4 °С. Кліматичні умови Краматорська подібні до умов Донецька, проте відрізняються більшою вологістю повітря [136].

## 2.2 Екологічний стан моніторингових точок

Донецька область посідає важливе місце в економічному потенціалі України, її характерною рисою є велика концентрація підприємств на одиницю площі, тому оточуюче середовище інтенсивно забруднюється шкідливими речовинами. Антропогенна діяльність на Донбасі триває більше 100 років, за цей час природний ландшафт зазнав значної трансформації. Деревні рослини зростають у специфічних природних умовах південної степової зони, що обумовлює формування та сучасний стан рослинного покриву та еколого-географічну невідповідність умов зростання лісу на цій території. Родючі ґрунти (чорнозем звичайний) та великий тепловий баланс активних температур створюють умови для успішного зростання цілого ряду деревних порід (*Acer platanoides* L., *Alnus glutinosa* Gaertner, *Euonymus verrucosus* Scop., *Sambucus nigra* L., *Viburnum opulus* L., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds. та ін.) [24, 179]. Однак сумісна дія екстремальних природних та антропогенних факторів (спекотне літо та нерівномірна кількість опадів, що призводить до ґрунтової та атмосферної посухи, шкідлива дія, яких посилюється загазованістю та запиленістю повітря) призводить до формування жорстких лісорослинних умов.

Дослідження проводилися у містах Донецьк, Єнакієве та Краматорськ (рис. 2.2.). Єнакієве та Донецьк у 2010–2013 рр. входили до п'яти міст України з важким екологічним станом, а Краматорськ входив до десятки таких міст [234, 235]. У зв'язку з цим у даних містах були розташовані моніторингові точки. Стан повітря на південному сході вважається найгіршим в Україні. Викиди від роботи автомобільного та залізничного транспорту, вугільної, металургійної та машинобудівної промисловості складають основну частку забруднень по Донецькій області [107].



Рис. 2.2. Картосхема розташування населених пунктів, де проводилися дослідження

Моніторингові точки (м.т.) були закладені з урахуванням впливу забруднюючих речовин у повітряному просторі саме від цих галузей виробництва.

Донецьк є великим промисловим центром України, з населенням близько 970 тис. та площею 385 км<sup>2</sup> [77, 102]. На території міста викиди шкідливих речовин здійснюють 170 підприємств вугільної, металургійної, машинобудівної та харчової промисловості. Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від підприємств м. Донецьк у 2010 р. склав 80,2 тис.т (5,8% від загальних викидів по Донецькій області), основні забруднювачі – ПРАТ «Донецьксталь – металургійний завод» філія «Металургійний комплекс», ПАТ «Донецьккокс» [107, 228]. Згідно статистичних даних, за останні 10 років знизилась кількість забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, однак кількість викидів автотранспорту збільшилась на 76 % [234]. У місті спостерігається тенденція різкого зменшення викидів метану, що вказує на зниження інтенсивності роботи шахт. Однак вирости викиди шкідливих речовин від джерел, пов'язаних з металургійним виробництвом та спалюванням палива [197, 234].

Єнакієве – місто обласного значення, з населенням 107 тис. та площею 39,4 км<sup>2</sup> [102]. На його території функціонують металургійний, коксохімічний, цементний, ремонтно-механічний заводи, а також 6 шахт та збагачувальна фабрика. Єнакіївський металургійний завод – це одне з великих підприємств України з повним металургійним циклом, що об'єднує аглодоменне, сталеплавильне та прокатне підприємства [101].

Краматорськ – місто обласного значення, з населенням 215 тис. та площею 124,3 км<sup>2</sup> [102]. Історія міста тісно пов'язана зі Старокраматорським машинобудівним, Новокраматорським заводом важкого машинобудування, Краматорським металургійним заводом та Краматорським заводом важкого станкобудівництва [136]. Перевищення ГДК у м. Краматорську з оксиду вуглецю становить 1,6 разів, з формальдегіду – до 3,3 рази у 2010 р.

Під час проведення роботи у цих містах було закладено 13 моніторингових точок у насадженнях загального та спеціального призначення. Дослідні ділянки були прив'язані до різних джерел забруднення (залізничний,

автомобільний транспорт, металургійне виробництво, вугільна промисловість), а також більш чистих територій.

У межах кожного населеного пункту проаналізовані насадження різного функціонального призначення: спеціальні (санітарно-захисні зони підприємств, насадження вздовж автомобільної дороги та залізничної колії) та загальні (парки) (табл. 2.1).

Насадження санітарно-захисних зон металургійного заводу та шахт у м. Донецьк розташовані на відстані 4-5 км від джерела забруднення (м.т. 3,4,5). Лінійні вуличні насадження та озеленення магістральної залізничної колії (м.т. 1) знаходяться безпосередньо біля джерела (рис. 2.3). Поліфункціональний парк (м.т. 2) розташований у щільній житловій забудові, на відстані 5 км від металургійного заводу (м.т.3). У м. Єнакієве та м. Краматорськ досліджені деревні культурфітоценози у санітарно-захисних зонах підприємств також на відстані 4-5 км (рис. 2.4, 2.5).

Контрольними обрані території, на яких відсутній антропогенний стресс. Загальним контролем для міських територій Донецька був обраний Донецький ботанічний сад НАН України (м.т. 8), що розташований на межі Донецька та Макіївки (рис. 2.3). З метою з'ясування впливу щільної житлової забудови (на прикладі м. Донецьк) на фітонцидну активність деревних рослин, у якості контролю були обрані насадження у с. Тоненьке (м.т. 9), у зв'язку з віддаленістю від джерел забруднення (18 км від м. Донецьк) (рис. 2.2). У м. Єнакієве у якості контролю використовували мікрорайонні сади (Червоне містечко) (м.т. 10) (рис. 2.4). У м. Краматорськ контролем слугував парк Ювілейний (м.т. 13) (рис. 2.5). У Краматорську та Єнакієве контрольні ділянки знаходяться у межах міста.

## Моніторингові точки

| Населений пункт        | № м.т.* | Місце розташування моніторингової точки                        | Типи насаджень**                                        |                                                      |                                            |
|------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                        |         |                                                                | Міські насадження                                       |                                                      | Позаміські насадження                      |
|                        |         |                                                                | загального призначення                                  | спеціального призначення                             | Захисні                                    |
| м. Донецьк             | 1       | проспект Київський                                             |                                                         | озеленення магістральної вулиці (лінійне насадження) |                                            |
|                        | 2       | ПКІВ ім. О.С. Щербакова                                        | поліфункціональний парк (масивні та лінійні насадження) |                                                      |                                            |
|                        | 3       | Донецький металургійний завод                                  |                                                         | санітарно-захисна зона (масив)                       |                                            |
|                        | 4       | Шахта ім. М.І. Калініна                                        |                                                         | санітарно-захисна зона (масив)                       |                                            |
|                        | 5       | Шахта «Жовтневий рудник»                                       |                                                         | санітарно-захисна зона (масив)                       |                                            |
|                        | 6       | Путилівський ліс                                               | лісопарк (масивні насадження)                           |                                                      |                                            |
|                        | 7       | Магістральна залізнична колія м. Донецьк                       |                                                         | озеленення залізничної колії (лінійне насадження)    |                                            |
|                        | 8       | Донецький ботанічний сад НАН України (контроль)                | монофункціональний парк (масивні та лінійні насадження) |                                                      |                                            |
| Позаміська зелена зона | 9       | с. Тоненьке Ясинуватського району Донецької області (контроль) |                                                         |                                                      | полезахисні лісосмуги (лінійні насадження) |
| м. Єнакієве            | 10      | Єнакіївський металургійний завод                               |                                                         | санітарно-захисна зона (масив)                       |                                            |
|                        | 11      | Південна околиця міста (Червоне містечко) (контроль)           | мікрорайонні сади (масивні насадження)                  |                                                      |                                            |
| м. Краматорськ         | 12      | Новокраматорський машинобудівний завод                         |                                                         | санітарно-захисна зона (масив)                       |                                            |
|                        | 13      | Парк Юбілейний (контроль)                                      | Поліфункціональний парк (масивні та лінійні насадження) |                                                      |                                            |

Примітки: \* м.т. – моніторингова точка; \*\* – тип насаджень наданий за містобудівною класифікацією (Боговая, Теодоронський, 2012) [32]

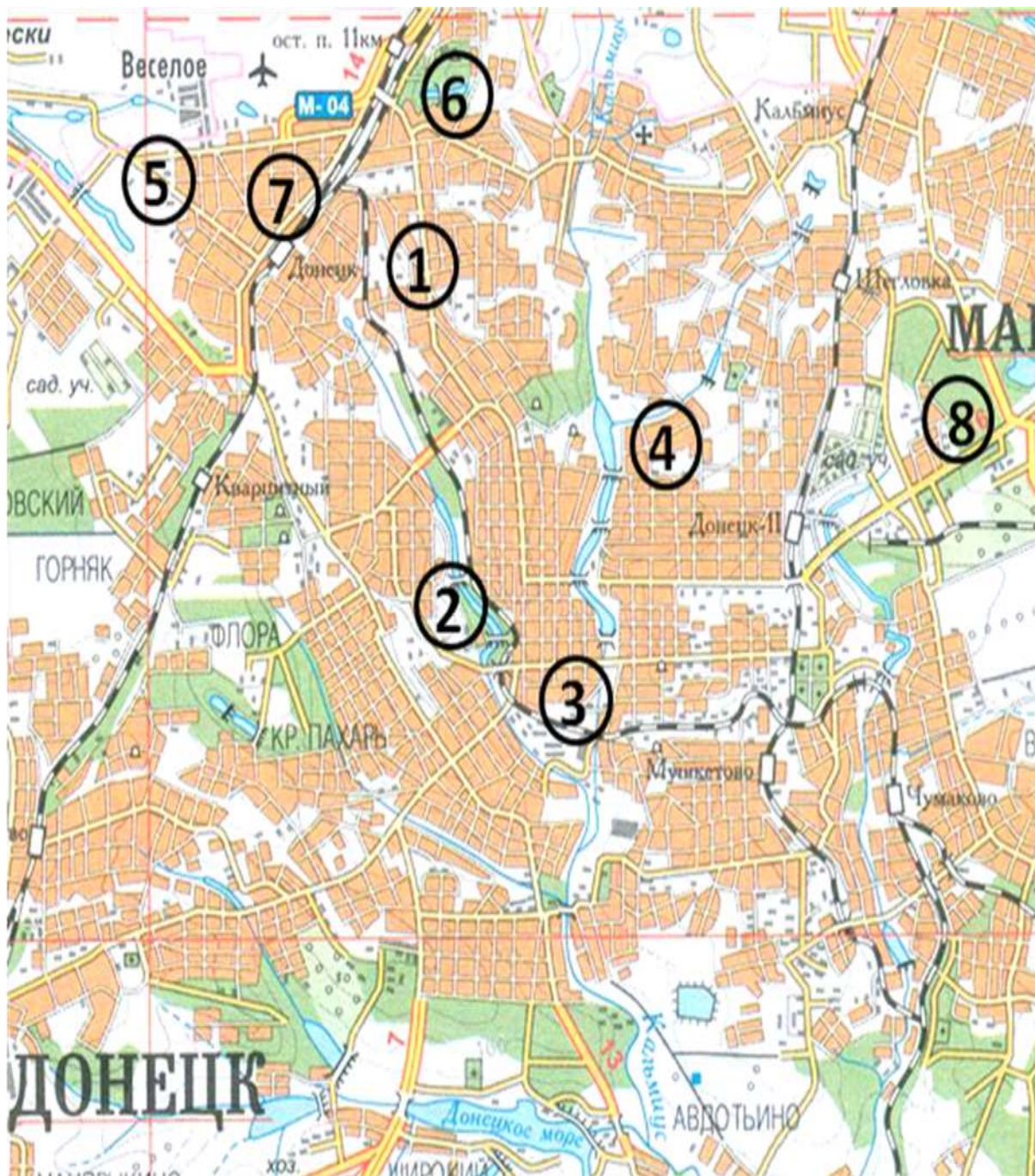


Рис. 2.3. Картосхема локалізації моніторингових точок у м. Донецьк:

- |                                                    |                                                        |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 – проспект Київський                             | 5 – шахта «Жовтневий рудник»                           |
| 2 – парк культури та відпочинку ім. О.С. Щербакова | 6 – Путилівський ліс                                   |
| 3 – Донецький металургійний завод                  | 7 – магістральна залізнична колія                      |
| 4 – шахта ім. М.І. Калініна                        | 8 – Донецький ботанічний сад<br>НАН України (контроль) |



Рис. 2.4. Картохема локалізації моніторингових точок у м. Снакієве:  
10 – Снаківський металургійний завод, 11 – південна околиця міста (Червоне містечко) (контроль)

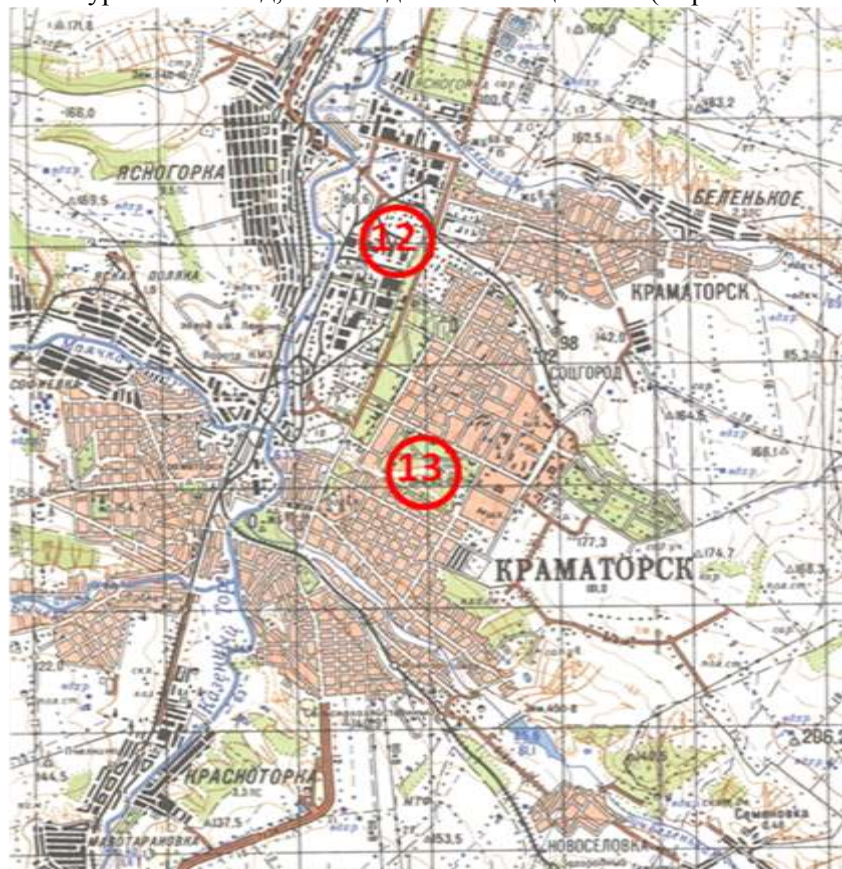


Рис. 2.5. Картохема локалізації моніторингових точок у м. Краматорськ:  
12 – Новокраматорський машинобудівний завод, 13 – парк Юбілейний (контроль).

За даними Галузевого державного архіву гідрометеослужби України високий рівень забруднення повітря в цих містах пов'язаний, в основному, із значними середньорічними концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, фенолу, бенз(а)пірену, фтористого водню, оксиду вуглецю, завислих речовин [175, 235] (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Характеристика забруднення повітря  
на досліджуваних моніторингових точках

| №<br>п/п<br>м.т. | завислі<br>речовини<br>(пил) | діоксид<br>сірки | оксид<br>вуглецю | діоксид<br>азоту | фтористий<br>водень | фенол | аміак | Формал<br>ьдегід | бенз(а)<br>пірен |
|------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------|-------|------------------|------------------|
| 1                | +                            | +                | +                | +                | -                   | +     | +     | +                | +                |
| 2                | +                            | +                | +                | +                | -                   | -     | -     | +                | -                |
| 3                | +                            | +                | +                | +                | -                   | -     | -     | +                | +                |
| 4                | +                            | +                | +                | +                | -                   | +     | +     | +                | +                |
| 5                | +                            | +                | +                | +                | -                   | -     | +     | +                | +                |
| 6                | +                            | +                | +                | +                | -                   | -     | -     | -                | -                |
| 7                | +                            | +                | +                | +                | -                   | -     | -     | -                | -                |
| 8                | +                            | +                | +                | +                | -                   | +     | +     | -                | -                |
| 9                | +                            | +                | +                | +                | -                   | -     | -     | -                | -                |
| 10               | +                            | +                | +                | +                | -                   | +     | -     | +                | +                |
| 11               | +                            | +                | +                | +                | -                   | +     | -     | +                | +                |
| 12               | +                            | +                | +                | +                | +                   | +     | -     | +                | +                |
| 13               | +                            | +                | +                | +                | +                   | +     | -     | +                | +                |

Примітки: + – речовина зафіксована у повітрі; - – речовина відсутня у повітрі

Гранично допустима концентрація (ГДК) — це максимальна кількість шкідливих речовин в одиниці об'єму або маси середовища повітря, води або ґрунту, яка практично не впливає на стан здоров'я людини. Так, на Донецькому металургійному заводі (м.т. 3) зафіксовано перевищення ГДК з пилу у 2,5 рази у 2012 р. Найвищий відсоток перевищення ГДК з пилу в м. Донецьк зафіксовано на моніторинговій точці № 3 (Донецький металургійний завод), за діоксидом азоту – на моніторинговій точці № 1 (проспект Київський) (табл. 2.3). У таблиці наведені показники для тих моніторингових точок, які знаходяться ближче до стаціонарних постів спостережень гідрометеослужби України.

За даними постів гідрометеослужби, у повітряному середовищі м. Донецьк вміст деяких забруднюючих речовин суттєво перевищує гранично

допустимі концентрації (ГДК): фенолу – у 2 рази, діоксиду азота – 2,8 рази, формальдегід – 4,7 рази.

Таблиця 2.3

Перевищення ГДК за деякими речовинами на моніторингових точках

| № м.т. | Місце розташування моніторингової точки         | >ГДК пилу |      |      | >ГДК діоксиду азота |      |      | >ГДК формальдегіду |      |      |
|--------|-------------------------------------------------|-----------|------|------|---------------------|------|------|--------------------|------|------|
|        |                                                 | 2011      | 2012 | 2013 | 2011                | 2012 | 2013 | 2011               | 2012 | 2013 |
| 1      | Проспект Київський                              | 1,7       | 1,9  | 1,7  | 4,8                 | 4,4  | 4,3  | 3,6                | 2,6  | 3,2  |
| 2      | Парк культури та відпочинку ім. О.С. Щербакові  | 2,1       | 2,3  | 1,9  | 2,4                 | 2,4  | 3,9  | 3,7                | 3,4  | 7,1  |
| 3      | Донецький металургійний завод                   | 2,3       | 2,5  | 2,4  | 4,2                 | 3,8  | 3,9  | 1,4                | 2,1  | 2,8  |
| 4      | Шахта ім. М.І. Калініна                         | 2,7       | 3,4  | 3,5  | 3,8                 | 3,7  | 3,8  | 4,1                | 2,9  | 2,4  |
| 5      | Шахта «Жовтневий рудник»                        | 1,5       | 1,8  | 1,1  | 2,9                 | 3,2  | 2,4  | 3,0                | 3,2  | 5,1  |
| 8      | Донецький ботанічний сад НАН України (контроль) | 0,8       | 1,8  | 1,7  | 2,4                 | 2,3  | 2,7  | 0                  | 0    | 0    |
| 10     | Єнакіївський металургійний завод                | 2,8       | 2,7  | 2,1  | 1,3                 | 1,3  | 1,2  | 2,5                | 2,3  | 1,9  |
| 11     | Південна околиця (Червоне містечко) (контроль)  | 2,5       | 2,6  | 0,8  | 1,1                 | 1,3  | 1,1  | 2,4                | 2,2  | 1,8  |
| 12     | Новокраматорський машинобудівний завод          | 1,2       | 1,6  | 1,8  | 0,4                 | 1,4  | 1,2  | 3,6                | 3,1  | 3,7  |
| 13     | Парк «Ювілейний» (контроль)                     | 1,1       | 1,4  | 1,1  | 1,3                 | 0,6  | 2,0  | 2,5                | 2,2  | 2,4  |

У м. Єнакієве найбільша кількість пилу у повітрі зафіксована на території, прилеглій до Єнакіївського металургійного заводу. Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від Єнакіївського металургійного заводу становить 67,4 тис тон на рік, що складає 4,9 % усіх промислових викидів області [107]. У м. Карматорськ забрудненість повітря є найменшою, порівняно з Єнакієвим та Донецьком, оскільки машинобудівництво, що є провідною галуззю у місті, не завдає значної шкоди оточуючому середовищу.

Типи насаджень на моніторингових точках (табл. 2.1) виділено за функціональним призначенням та просторовою структурою. За просторовою

структурою виділено лінійні та масивні насадження. Фітонцидну активність деревних рослин на моніторингових точках порівнювали за наступною схемою:

1) Масивні насадження зони рекреації м. Донецьк

Насадження штучного та природного походження, що зростають за дії фонового забруднення повітря у м. Донецьк: моніторингова точка №2 (парк ім. О.С. Щербакова (штучні насадження з фоновим забрудненням), моніторингова точка №6 (лісопарк «Путилівський ліс» (природні насадження з фоновим забрудненням) та моніторингова точка №8 (Донецький ботанічний сад (штучні насадження). Досліджені 7 видів у серпні 2010 р.

2) Лінійні насадження м. Донецьк

Основне джерело забруднення – викиди транспорту (авто- та залізничного): моніторингова точка №1 (проспект Київський), моніторингова точка №7 (залізнична колія), моніторингова точка №8 (Донецький ботанічний сад) (контроль). Досліджено 6 видів у серпні 2010 р.

3) Масивні насадження санітарно-захисних зон підприємств у м. Донецьк, Єнакієве, Краматорськ

3.1. Досліджено деревні рослини культурфітоценозів, що зазнають впливу викидів від металургійного виробництва, а також дерева, що зростають в умовах фонового забруднення житлової забудови промислового міста у м. Донецьк: моніторингова точка № 3 (Донецький металургійний завод), моніторингова точка №8 (Донецький ботанічний сад). Вивчено 8 видів листяних деревних рослин протягом вегетаційного періоду (з травня до вересня) 2012 р.;

3.2. Досліджено деревні рослини культурфітоценозів, що зазнають впливу викидів від металургійного виробництва, а також дерева, що зростають в умовах фонового забруднення житлової забудови промислового міста у м. Єнакієве: моніторингова точка №10 (Єнакієвський металургійний завод), моніторингова точка № 11 (південна околиця м. Єнакієве, житловий масив (Червоне містечко)). Досліджено 4 листяних та 1 хвойний види протягом вегетаційного періоду (з травня до вересня) 2013 р.;

3.3. Насадження, що зазнають впливу викидів машинобудівного заводу та фонового забруднення житлової забудови у м. Краматорськ: моніторингова точка №12 (Новокраматорський машинобудівний завод), моніторингова точка №13 (парк «Ювілейний» м. Краматорськ). Досліджено 7 листяних видів у літній період 2013 р.;

3.4. Деревні рослини у насадженнях поблизу шахт у м. Донецьк: моніторингова точка № 4 (шахта ім. М.І. Калініна), моніторингова точка №5 (шахта «Жовтневий рудник»), моніторингова точка №8 (Донецький ботанічний сад). Досліджено 3 види у серпні 2013 р.

4) Лінійні та масивні насадження у м. Донецьк та с. Тоненьке Ясинуватського району: культурфітоценози, що зростають під впливом викидів від пересувних джерел та у щільній міській забудові: моніторингова точка №1 (проспект Київський), моніторингова точка №2 (парк ім. О.С. Щербакова), контролем були обрані ділянки у с. Тоненьке Ясинуватського району (м.т. 9). Досліджено 8 видів протягом вегетаційного періоду (травень – вересень) 2011–2013 років.

5) З метою встановлення закономірностей сезонних змін фітонцидної активності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища, для 36 видів деревних рослин досліджені антимікробні та протистотидні властивості протягом вегетаційних періодів 2010–2012 рр. у лінійних та масивних насадженнях м. Донецьк: моніторингова точка №1 (проспект Київський), моніторингова точка №2 (парк ім. О.С. Щербакова), моніторингова точка №8 (Донецький ботанічний сад).

Таким чином, моніторингові ділянки були закладені з урахуванням різних джерел забруднення (транспорт, металургійна, машинобудівна промисловість, житлова забудова) та структури (лінійні та масивні) насадження. Представляє значний інтерес дослідження сануючої здатності деревних рослин у містах з важким техногенним навантаження з метою фітооптимізації урбаносередовища.

## 2.3 Біоекологічна характеристика досліджуваних культурфітоценозів

Моніторингові точки у м. Донецьк. Моніторингова точка №1 була закладена у вуличних насадженнях (пр. Київський), що розташований на півночі м. Донецьк. У період досліджень ГДК за діоксидом азоту на цій вулиці був перевищений на 25–35 %, що пов'язано з високою інтенсивністю автомобільного руху на цих автомагістралях. Максимальна інтенсивність руху на пр. Київському у 2010 – 2013 р. в середньому становить 1000–1100 авт./за год. Видовий склад вуличних насаджень дуже різноманітний – 54 види дерев та 27 видів кущів [104]. Рядові насадження вздовж дороги *Populus bolleana* Lauche складаються з дерев віком 20-30 років, не вражених хворобами. Влітку після сильної засухи починається передчасний листопад. Вздовж автомагістралі на відстані 0,5 м висаджені *Acer platanoides* L. та *A. pseudoplatanus* L. з іншого боку вулиці. Дерев *A. pseudoplatanus* вражені хворобами, листки передвчасно жовтіють та опадають.

Насадження поблизу житлової забудови, що розташована на проспекті, складаються з дерев *Padus avium* Mill., *Ulmus pumila* Pallas, *U. laevis* Pallas, *Fraxinus excelsior* L., *Acer negundo* L., *Morus alba* L., *Robinia pseudoacacia* L. Насадження *P. avium* складаються з дерев віком 30–40 років, які щорічно успішно вегетують. Для представників роду *Ulmus* L. характерно всихання верхівкового приросту та окремих бічних гілок. Чагарниковий ярус майже відсутній через санітарні вирубки. *Syringa vulgaris* L., *Malus niedzwetzkyana* Dieck, *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth, *Forsythia ovata* Nakai, *Picea pungens* Engelm. зростають у групових насадженнях. Зустрічаються поодинокі екземпляри *Junglans regia* L., *Salix alba* L., *Viburnum opulus* L., *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers. Живоплоти сформовані з *Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake та *Ligustrum vulgare* L. У зв'язку з будівництвом нових споруд за період дослідження з 2010 до 2013 року, частину дерев було вирублено.

До складу дендрофлори парку культури та відпочинку ім. О.С. Щербакова (моніторингова точка № 2) входить 186 видів і культиварів, які належать до 75 родів [243, 338]. Паркові культурфітоценози представлені рядовими та груповими насадженнями. Вік насаджень становить 20-40 років. На невпорядкованій частині парку підріст представлений *Acer negundo* L., *Ulmus pumila* Pallas.

Дерева *Acer pseudoplatanus* L. мають частину сухих гілок та листки, вражені хлорозом. Угрупування *Populus simonii* Carrière складаються з дерев віком 20–40 років, що розташовані біля водойми. *P. × canadensis* Moench також представлений середньовіковими екземплярами. У цих дерев відзначено початок всихання верхівкового приросту та одно-дворічних пагонів.

У центральній частині парку насадження *Syringa vulgaris* L. представлені солітерами та групами. У віддаленій частині *S. vulgaris* формують другий ярус у насадженнях *Populus* L. та *Acer* L. Більшість дерев знаходяться у задовільному стані, однак частина вражена комахами листоїдами.

*Robinia pseudoacacia* L. формує другий ярус у ценопопуляціях *Acer platanooides* L. та *Populus simonii* Carrière. Групові та солітерні насадження *R. pseudoacacia* представлені у центральній частині парку. Дерева цього виду віком 30–40 років знаходяться у задовільному стані, чагарникові угруповання також не мають пошкоджень та ознак хлорозу на листках.

Угрупування *Tilia cordata* Mill. представлені середньовіковими деревами. Для них характерне всихання верхівкового приросту, суховершинність, всихання окремих бічних гілок. Листки окремих екземплярів вражені хлорозом.

*Betula pendula* Roth, *Tilia cordata* Mill., *Ulmus laevis* Pallas, *U. pumila* L., *Morus alba* L., *Armeniaca vulgaris* L., *Pyrus communis* L., *Fraxinus excelsior* L., *Juglans regia* L. формують основний – деревний ярус фітоценозу у здичавілій частині парку. Підріст утворений угрупованнями *Ulmus pumila*, *U. laevis*, *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. Місцями у другому ярусі культурфітоценозу зустрічається *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. У зоні рекреації представлені *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers,

*Aesculus hippocastanum* L. у солітерних насадженнях. Чагарникові угруповання *Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake, *Ligustrum vulgare* L. формують зелені огорожі, бордюри. Хвойні представлені в парку солітерними, бордюрними насадженнями. *P. pungens* f. *glauca* Reg. утворює центральну групу в парку. Вік цих дерев 40–50 років. Насадження *Juniperus sabina* L. використані у бордюрах. Чагарники знаходяться в задовільному стані.

Основними породами у насадженнях санітарно-захисної зони Донецького металургійного заводу (моніторингова точка №3) є *Populus bolleana* Lauche, *Populus* × *canadensis* Moench, *Fraxinus excelsior* L., *Armeniaca vulgaris* L., *Pyrus communis* L. Підріст формується за рахунок молодих екземплярів *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L. та *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. На прилеглий до заводу території (проммайданчик) зростають *Betula pendula* Roth, *Junglans regia* L., *Populus simonii* Carrière, *Sorbus aucuparia* L., *S. intermedia* (Ehrh.) Pers, *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Syringa vulgaris* L.. Середній вік дерев складає 30–40 років. Основним джерелом забруднення атмосфери на Донецькому металургійному заводі є дугова піч ДСП №1. У 2013 р. ГДК пилу від викидів металургійного заводу було перевищено на 36,5 %, а діоксиду азоту на 20,4% у 2011 р. (табл. 2.3).

Шахта ім. М.І. Калініна (моніторингова точка № 4) знаходиться у центрі міста Донецька. Шахта була заснована у 1961 р. з проектною потужністю 1,2 млн. т. вугілля на рік [97, 111]. Шахта «Жовтневий рудник» (моніторингова точка № 5) розташована на півночі м. Донецьк. Шахта була заснована у 1974 р. [97]. Перевищення ГДК пилу у 2012 р. було на 9,3%, а діоксиду азоту на 14,2 % (табл. 2.3). На шахтах були досліджені види *Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Populus alba* L.

«Путилівський ліс» (моніторингова точка № 6), що є сильно трансформованим залишком байрачної діброви [35, 96, 269], єдиний природний залишок лісу у м. Донецьк, площею 80 га. Фітоценоз з усіх сторін оточений щільною житловою забудовою. Перший ярус лісу складають *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L., *Acer tataricum* L. та *Pyrus communis* L.

віком до 130–180 pp.. Поодинокі зустрічаються старовікові екземпляри *Populus nigra* L. та *Salix alba* L.. У чагарниковому підліску зростають *Crataegus monogina* Jack., *Sambucus nigra* L., *Rosa* sp.. У післявоєнний період у периферійній частині лісу масово були висаджені *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. negundo* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Populus simonii* Carrier, *P. bolleana* Lauche, *Ailantus altissima* (Mill.) Swingle. Інтенсивне рекреаційне навантаження негативно впливає на стан дерев та трав'янистої рослинності, ряд видів якої у даний час витіснені широко розповсюдженими бур'янами. Протистотидна дія була вивчена для видів *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Fraxinus excelsior* L., *Populus bolleana* Lauche, *P. simonii* Carrière та *Robinia pseudoacacia* L. у цьому культурфітоценозі.

Моніторингова точка № 7 була закладена у насадженнях вздовж залізничної колії, що розташована у Куйбишевському районі м. Донецьк. Вздовж колії зростають рядові захисні насадження: *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Populus bolleana* Lauche, *P. simonii* Carrière, *Fraxinus excelsior* L., *Robinia pseudoacacia* L. Поодинокі зустрічаються *Syringa vulgaris* L., *Juglans regia* L., *Aesculus hippocastanum* L. Другий ярус утворює підріст *R. pseudoacacia*, *Fraxinus excelsior*. Середній вік дерев складає 20–30 років.

Донецький ботанічний сад НАН України (моніторингова точка № 8, контроль для міських насаджень у межах м. Донецьк) розташований у східній частині м. Донецьк на межі з м. Макіївка. Магістральна дорога (проспект Ілліча), що зв'язує ці два міста, поділяє сад на два масиви – південний та північний, загальною площею 262,2 га. Цей ботанічний сад є найбільшим в Україні, так площа Національного ботанічного саду ім. Миколи Гришка НАН України складає 102 га. Донецький ботанічний сад був обраний контрольною ділянкою, оскільки знаходиться поза зоною дії основних джерел забруднення. У колекціях ботанічного саду представлені усі досліджувані види.

З метою визначення показників сануючої здатності (пилозатримуюча функція, виділення фітонцидів) та пігментного апарату деревних рослин в

екологічно чистих умовах була обрана ще одна контрольна ділянка у с. Тоненьке, Ясинуватського району, Донецької області (*моніторингова точка № 9*), що знаходиться на відстані 10 км від Донецька. У насадженнях поблизу селища були досліджені *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. negundo* L., *Malus niedzwetzkyana* Dieck, *Populus simonii* Carrière, *P. × canadensis* Moench, *Robinia pseudoacacia* L., *Syringa vulgaris* L., *Tilia cordata* Mill.

Моніторингові точки у м. Єнакієве. Насадження санітарно-захисної зони Єнакіївського металургійного заводу (*моніторингова точка №10*) представлені рядовими та груповими. У рядових насадженнях основний ярус утворюють *Acer platanoides*, *A. saccharinum*, *Betula pendula* Roth, *Fraxinus excelsior* L., *Populus alba* L.. Підріст утворюють молоді еземпляри *Robinia pseudoacacia* L. та *Acer negundo* L. Як солітер представлена *Picea pungens* Engelm біля заводу. Вік деревних рослин складає 40 – 50 років. Хвойні представлені більш старими екземплярами. Контрольною в м. Єнакієве було обрано ділянку на південній околиці міста – Червоне містечко (*моніторингова точка № 11*). Перевищення ГДК з пилу складає на 22,8 % біля заводу (2011 р.) та 17,2 % (2012 р.) на контрольній ділянці (табл. 2.3).

Моніторингові точки у м. Краматорськ. На Новокраматорському машинобудівному заводі (*моніторингова точка № 12*) виробництво організовано у вигляді замкненого циклу – від виплавки металу до відправки готових виробів споживачам [136]. У санітарно-захисній зоні заводу були обстежені угруповання *Betula pendula* Roth, *Fraxinus excelsior* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus nigra* L., *Tilia cordata* Mill та *Picea pungens* Engelm. З дерев сформовані рядові насадження. *P. pungens* представлена у вигляді солітерів та груп. Листки *R. pseudoacacia* та *T. cordata* були вражені хлорозом. Контрольним у м. Краматорськ було обрано парк Ювілейний (*моніторингова точка № 13*). ГДК з пилу перевищило на 2,0 % у повітрі біля заводу та на 0,5 % на контрольній ділянці. Кількість NO<sub>2</sub> на цих ділянках майже не перевищувала ГДК (табл. 2.3).

Таким чином, розташування моніторингових точок дозволяє вивчити вплив на фітонцидну активність деревних рослин різних джерел, що відрізняються за рівнем забруднення, мікрокліматичними умовами урбаносередовища, а також просторовою структурою насаджень. Фітонцидна активність деревних рослин була досліджена у культурфітоценозах з різним ступенем забруднення повітря та різними джерелами забруднення (автомобільного, залізничного транспорту, металургійної, вугільної промисловості). Деревні рослини досліджених культурфітоценозів представлені, в основному, середньовічними деревами, що знаходяться у задовільному стані. Культурфітоценози представляють інтерес як модельні для дослідження їхніх санітарно-гігієнічних функцій, зокрема фітонцидної активності, в умовах урбанізованого середовища.

## РОЗДІЛ 3. ОБ'ЄКТИ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 3.1 Видовий склад досліджуваних деревних рослин

Об'єктами дослідження були модельні екземпляри 32 видів листяних та 6 видів хвойних дерев та кущів середнього віку (табл. 3.1). Для дослідження було відібрано види дерев та кущів, що адаптовані до умов техногенного забруднення та широко використовуються в озелененні промислових міст України [147, 183].

Таблиця 3.1

## Видовий склад деревних рослин на досліджуваних ділянках

| № з/п | Вид                                       | Моніторингові точки |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|-------|-------------------------------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
|       |                                           | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|       | родина Pinaceae                           |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 1.    | <i>Picea pungens</i> Engelm.              | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   | +  | +  | +  | +  |
| 2.    | <i>P. pungens</i> f. <i>glauca</i> Reg.   | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Cupressaceae                       |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 3.    | <i>Juniperus sabina</i> L.                | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 4.    | <i>J. squamata</i> L.                     | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 5.    | <i>J. virginiana</i> L.                   | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 6.    | <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Berberidaceae                      |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 7.    | <i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.   | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Betulaceae                         |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 8.    | <i>Betula pendula</i> Roth                | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   | +  | +  | +  | +  |
|       | родина Juglandaceae                       |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 9.    | <i>Junglans regia</i> L.                  | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Salicaceae                         |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 10.   | <i>P. bolleana</i> Lauche                 | +                   | + | + |   |   | + | + | + |   |    |    |    |    |
| 11.   | <i>P. × canadensis</i> Moench             | +                   | + | + |   |   |   |   | + | + |    |    |    |    |
| 12.   | <i>P. simonii</i> Carrière                | +                   | + | + |   |   | + | + | + | + |    |    |    |    |
| 13.   | <i>Salix alba</i> L.                      | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Tiliaceae                          |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 14.   | <i>Tilia cordata</i> Mill.                | +                   | + |   |   |   |   |   | + | + |    |    | +  | +  |
|       | родина Ulmaceae                           |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 15.   | <i>Ulmus pumila</i> L.                    | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 16.   | <i>U. laevis</i> Pallas                   | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Moraceae                           |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 17.   | <i>Morus alba</i> L.                      | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |

| № з/п | Вид                                          | Моніторингові точки |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|-------|----------------------------------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
|       |                                              | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|       | родина Rosaceae                              |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 18.   | <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.               | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 19.   | <i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck            | +                   | + |   |   |   |   |   | + | + |    |    |    |    |
| 20.   | <i>Padus avium</i> Mill.                     | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 21.   | <i>Pyrus communis</i> L.                     | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 22.   | <i>Sorbus aucuparia</i> L.                   | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 23.   | <i>S. intermedia</i> (Ehrh.) Pers            | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Fabaceae                              |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 24.   | <i>Robinia pseudoacacia</i> L.               | +                   | + | + |   |   | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  |
|       | родина Hippocastanaceae                      |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 25.   | <i>Aesculus hippocastanum</i> L.             | +                   | + |   | + | + | + | + | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Aceraceae                             |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 26.   | <i>Acer negundo</i> L.                       | +                   | + | + |   |   |   |   | + | + |    |    |    |    |
| 27.   | <i>A. platanoides</i> L.                     | +                   | + | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  |    |    |
| 28.   | <i>A. pseudoplatanus</i> L.                  | +                   | + | + |   |   | + | + | + | + |    |    |    |    |
| 29.   | <i>A. saccharinum</i> L.                     | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Simaroubaceae                         |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 30.   | <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle   | +                   | + | + |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Viburnaceae                           |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 31.   | <i>Viburnum opulus</i> L.                    | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Caprifoliaceae                        |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 32.   | <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S. F. Blake | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
|       | родина Oleaceae                              |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 33.   | <i>Forsythia ovata</i> Nakai                 | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 34.   | <i>Fraxinus excelsior</i> L.                 | +                   | + | + |   |   | + | + | + |   |    |    | +  | +  |
| 35.   | <i>Ligustrum vulgare</i> L.                  | +                   | + |   |   |   |   |   | + |   |    |    |    |    |
| 36.   | <i>Syringa vulgaris</i> L.                   | +                   | + | + |   |   |   |   | + | + |    |    |    |    |

Деякі екземпляри пошкоджувались шкідниками та хворобами, що було відмічено, проте відбирались найбільш здорові листки.

Фітонцидну активність досліджували для 32 видів листяних та 6 видів хвойних деревних і кущових порід протягом вегетаційних періодів 2010–2013 рр. на трьох моніторингових точках. Внаслідок того, що видовий склад ділянок був різним, для кожної моніторингової точки асортимент деревних рослин був індивідуальним. Майже на усіх ділянках зростали *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Populus simonii* Carrière (табл. 3.1).

Досліджувані види відносяться до двох відділів. Відділ Pinophyta представлений 3 родами та 2 родинami, до відділу Magnoliophyta належать

23 роди та 13 родин. За життєвою формою 76 % (29 видів) досліджуваних видів є деревами, 9 видів – кущі. Найбільш чисельною є родина Salicaceae – 5 видів.

Для м. Донецьк характерна не значна частка аборигенних видів деревних рослин (9,0 %) від загальної кількості видів, як і для інших міст степової зони [98]. Серед досліджених видів лише 12 (32 %) відносяться до природної флори району досліджень, а 25 (67 %) від вивчених видів деревних рослин є інтродуцентами. Найбільша частка видів деревних рослин (32 % та 28 % відповідно) походять з Північної Америки та Східної Азії (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

## Природний ареал досліджених видів деревних рослин

| Інтродуковані види          |                           |                               |                               | Аборигенні види           |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Природний ареал             |                           |                               |                               |                           |
| Північна Америка            | Східна Азія               | Європа                        | Китай                         |                           |
| <i>Populus × canadensis</i> | <i>Populus simonii</i>    | <i>Junglans regia</i>         | <i>Malus niedzwetzkyana</i>   | <i>Betula pendula</i>     |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | <i>Populus bolleana</i>   | <i>Sorbus aucuparia</i>       | <i>Ailanthus altissima</i>    | <i>Salix alba</i>         |
| <i>Acer negundo</i>         | <i>Ulmus pumila</i>       | <i>Sorbus intermedia</i>      | <i>Platycladus orientalis</i> | <i>Tilia cordata</i>      |
| <i>Acer saccharinum</i>     | <i>Morus alba</i>         | <i>Aesculus hippocastanum</i> | <i>Juniperus squamata</i>     | <i>Ulmus laevis</i>       |
| <i>Symphoricarpos albus</i> | <i>Armeniaca vulgaris</i> | <i>Acer pseudoplatanus</i>    |                               | <i>Padus avium</i>        |
| <i>Picea pungens</i>        | <i>Forsythia ovata</i>    | <i>Syringa vulgaris</i>       |                               | <i>Pyrus communis</i>     |
| <i>Juniperus virginiana</i> | <i>Juniperus sabina</i>   |                               |                               | <i>Acer platanoides</i>   |
| <i>Mahonia aquifolium</i>   |                           |                               |                               | <i>Viburnum opulus</i>    |
|                             |                           |                               |                               | <i>Fraxinus excelsior</i> |
|                             |                           |                               |                               | <i>Ligustrum vulgare</i>  |

На південному сході України інтродукція деревних видів з Північної Америки та Східної Азії має давню історію. Слід зазначити, що серед хвойних рослин у районі досліджень в природних умовах зростає лише *Pinus sylvestris* L. Серед 6 видів хвойних, що широко використовуються в озелененні міст регіону, два види є представниками Північно-американської флори, два природньо зростають у Китаї та один походить зі Східної Азії.

### 3.2 Погодні умови періоду досліджень

Оскільки фітонцидна активність тісно пов'язана з метеорологічними умовами території досліджень, доцільно навести характеристики погодних умов у роки досліджень для міст, де розташовані моніторингові точки. Характеристика погодних умов, за період досліджень, надається на основі даних метеорологічних станцій м. Донецьк, м. Єнакієве та м. Краматорськ (табл. 3.3 – 3.6).

У м. Донецьк у 2010 р. найхолоднішим місяцем був січень, що відповідає кліматичним умовам степової зони. Мінімальна температура січня склала  $-26^{\circ}\text{C}$  (табл. 3.2). Весна пізня, нетривала, розпочалась на початку квітня. Літо посушливе, у серпні зафіксований абсолютний максимум температур  $+39,9^{\circ}\text{C}$  [119]. У 2010 р. за умовами вологозабезпечення виділяються три періоди (рис. 3.1, а). Перший період – надмірного зволоження, що спостерігався у травні – 92 мм, проти норми 52 мм. Другий період – недостатньої зволоженості, з червня до вересня. Найменша кількість опадів випала у серпні – 2 мм (норма 41 мм), що спричинило глибоку посуху. Третій період – надмірного зволоження, що був відмічений у жовтні, – 69 мм проти норми 27 мм. Зима розпочалась у грудні з морозами та снігопадами.

У 2011 р. найхолоднішим місяцем був лютий, найнижча температура склала  $-22,1^{\circ}\text{C}$ . Весна була також пізня. Найспекотнішим місяцем був липень, максимальна температура склала  $+35^{\circ}\text{C}$ . Період надмірного зволоження був зафіксований у травні (76 мм) та в перший місяць літа. У червні випала найбільша кількість опадів за рік – 99 мм, що у 1,6 рази перевищило норму.

Посушливі періоди спостерігалися у серпні (20 мм) та вересні (27 мм) (рис. 3.1, б). У жовтні випала надмірна кількість опадів (62 мм), що у 2,3 рази перевищує норму, як і в попередньому році. Зима розпочалась у листопаді, з морозами до  $-13^{\circ}\text{C}$  (табл. 3.2).

Таблиця 3.3

Метеорологічні показники у роки досліджень за даними Гідрометеослужби у м. Донецьк

| Місяць | 2010 рік                  |       |       |                                 |                          |                |                               |      |      | 2011 рік                  |       |       |                                 |                          |                |                               |      |      |
|--------|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|------|------|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|------|------|
|        | Температура, °C           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                | Відносна вологість повітря, % |      |      | Температура, °C           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                | Відносна вологість повітря, % |      |      |
|        | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>норми | серед-<br>ньо-<br>місячна     | min  | max  | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>норми | серед-<br>ньо-<br>місячна     | min  | max  |
| I      | -7,0                      | -26,0 | +7,3  | -2,1                            | 44                       | 105            | 86,4                          | 65,0 | 97,6 | -6,4                      | -18,6 | -3,1  | -3,4                            | 34                       | 81             | 85,9                          | 76,8 | 92,4 |
| II     | -2,9                      | -16,0 | +6,1  | +1,4                            | 28                       | 82             | 85,6                          | 63,1 | 95,0 | -8,4                      | -22,1 | +3,0  | -4,3                            | 29                       | 85             | 78,6                          | 69,9 | 94,0 |
| III    | +1,4                      | -10,3 | +17,4 | +0,6                            | 16                       | 48             | 76,5                          | 60,5 | 92,9 | -0,7                      | -19,0 | +14,5 | -2,0                            | 31                       | 94             | 78,4                          | 66,9 | 93,9 |
| IV     | +9,5                      | +0,1  | +20,8 | +0,2                            | 25                       | 61             | 64,2                          | 43,9 | 89,4 | +8,4                      | +0,1  | +20,8 | -1,0                            | 43                       | 105            | 64,5                          | 42,3 | 90,1 |
| V      | +17,1                     | +7,6  | +27,5 | +1,9                            | 92                       | 177            | 71,7                          | 50,0 | 94,9 | +17,1                     | +7,6  | +27,5 | +1,6                            | 76                       | 146            | 69,3                          | 52,8 | 97,3 |
| VI     | +22,9                     | +9,9  | +34,8 | +3,9                            | 27                       | 44             | 61,9                          | 44,8 | 79,5 | +20,5                     | +9,9  | +34,8 | +1,2                            | 99                       | 160            | 72,1                          | 46,6 | 95,4 |
| VII    | +25,6                     | +16,8 | +36,6 | +4,8                            | 40                       | 83             | 64,8                          | 41,0 | 84,5 | +24,6                     | +16,8 | +36,6 | +3,0                            | 55                       | 115            | 70,8                          | 59,0 | 95,5 |
| VIII   | +32,9                     | +8,2  | +39,9 | +6,5                            | 2                        | 5              | 50,7                          | 38,5 | 68,5 | +21,2                     | +9,4  | +33,4 | +0,4                            | 20                       | 49             | 66,4                          | 45,0 | 84,6 |
| IX     | +17,3                     | +4,5  | +33,6 | +2,8                            | 55                       | 138            | 63,2                          | 37,4 | 92,4 | +15,8                     | +3,5  | +27,8 | +0,7                            | 27                       | 68             | 70,6                          | 57,4 | 93,8 |
| X      | +6,2                      | -4,0  | +17,5 | -1,7                            | 69                       | 256            | 75,8                          | 58,8 | 93,6 | +8                        | -4,9  | +24,1 | -0,4                            | 62                       | 230            | 82,4                          | 69,8 | 96,4 |
| XI     | +8,5                      | -0,6  | +19,7 | +7,4                            | 30                       | 71             | 81,9                          | 62,9 | 93,6 | -0,8                      | -13,0 | +9,5  | -2,4                            | 15                       | 36             | 80,2                          | 55,3 | 92,6 |
| XII    | 0                         | -9,5  | +10,7 | +2,8                            | 78                       | 150            | 86,9                          | 65,6 | 95,9 | +1,0                      | -6,9  | +3,0  | +4,0                            | 40                       | 77             | 89                            | 75,6 | 97,5 |

Таблиця 3.4

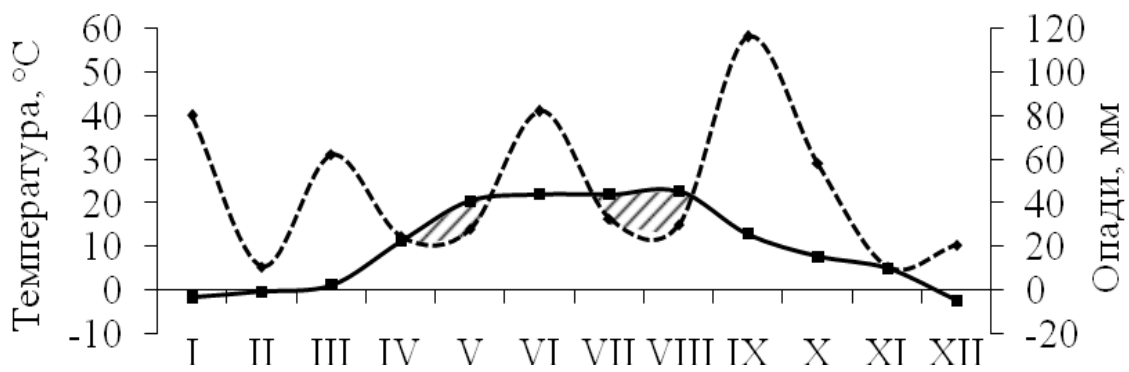
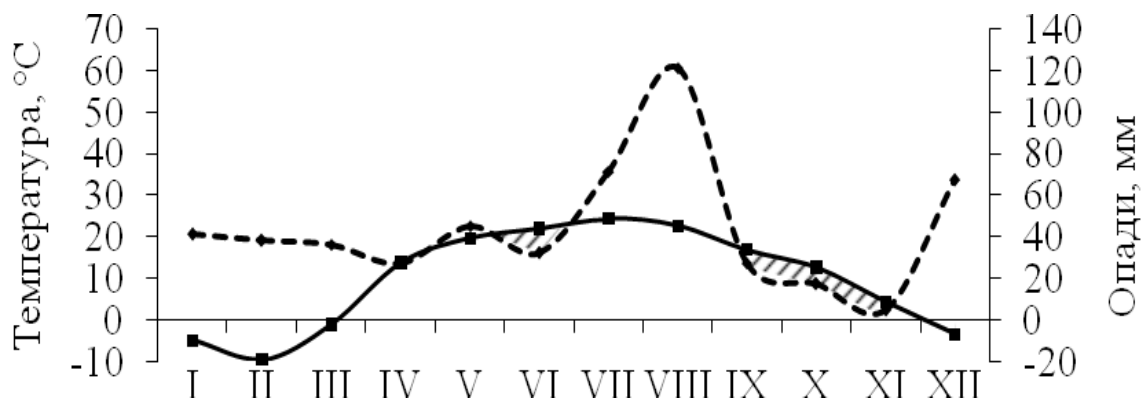
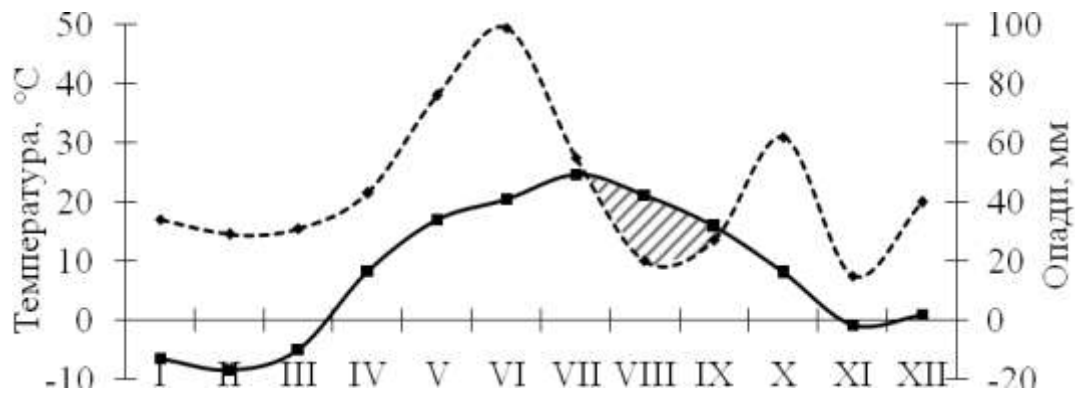
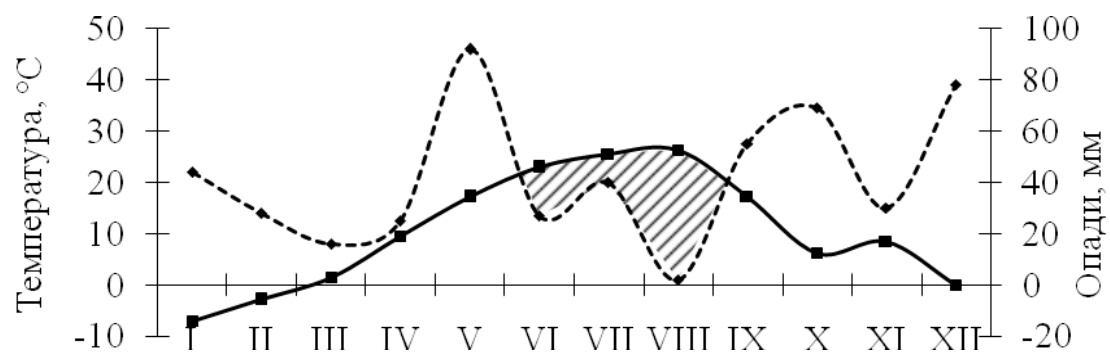
Метеорологічні показники у роки досліджень за даними Гідрометеослужби у м. Донецьк

| Місяць | 2012 рік                  |       |       |                                 |                          |                     |                            |      |      | 2013 рік                  |       |       |                                 |                          |                     |                            |      |      |
|--------|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|------|------|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|------|------|
|        | Температура, °C           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                     | Відносна вологість повітря |      |      | Температура, °C           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                     | Відносна вологість повітря |      |      |
|        | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>нор-<br>ми | серед-<br>ньо-<br>місячна  | min  | max  | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>нор-<br>ми | серед-<br>ньо-<br>місячна  | min  | max  |
| I      | -5,1                      | -20,3 | +6,3  | -1,0                            | 41                       | 98                  | 88,0                       | 78,6 | 97,8 | -1,6                      | -10,6 | +12,8 | +2,5                            | 80                       | 190                 | 89,5                       | 67,0 | 98,0 |
| II     | -9,6                      | -24,8 | +1,4  | -5,8                            | 38                       | 112                 | 82,9                       | 60,3 | 94,8 | -0,5                      | -8,0  | -0,5  | +3,6                            | 11                       | 32                  | 84,3                       | 69,4 | 95,3 |
| III    | -1,1                      | -15,5 | +13,1 | -2,4                            | 36                       | 109                 | 80,0                       | 66,8 | 93,1 | +1,3                      | -9,6  | +17,5 | 0                               | 62                       | 188                 | 75,7                       | 52,5 | 97,6 |
| IV     | +13,7                     | +8,7  | +29,7 | +4,2                            | 27                       | 66                  | 68,9                       | 46,6 | 96,9 | +11,3                     | -1,8  | +26,1 | +1,9                            | 25                       | 61                  | 59,5                       | 38,8 | 84,8 |
| V      | +19,5                     | +8,9  | +31,1 | +4,1                            | 45                       | 87                  | 63,1                       | 36,3 | 93,5 | +20,5                     | +7,4  | +30,2 | +5,1                            | 28                       | 54                  | 61,5                       | 43,1 | 80,1 |
| VI     | +22,0                     | +9,4  | +34,5 | +2,7                            | 32                       | 52                  | 67,7                       | 57,9 | 87,4 | +22,0                     | +10,9 | +34,5 | +2,7                            | 82                       | 132                 | 64,2                       | 50,6 | 84,3 |
| VII    | +24,3                     | +14,6 | +36,7 | +2,7                            | 71                       | 148                 | 59,6                       | 40,3 | 92,0 | +22,1                     | +10,7 | +33,0 | +0,5                            | 33                       | 69                  | 62,2                       | 51,1 | 88,1 |
| VIII   | +22,6                     | +13,5 | +36,3 | +1,9                            | 121                      | 295                 | 63,4                       | 42,3 | 91,5 | +22,7                     | +11,4 | +34,0 | +1,9                            | 30                       | 73                  | 61,3                       | 35,8 | 85,6 |
| IX     | +16,8                     | +4,5  | +27,8 | +1,7                            | 27                       | 68                  | 71                         | 48,3 | 87,4 | +9,4                      | +1,2  | +27,2 | -2,1                            | 116                      | 290                 | 81,3                       | 69,4 | 89,6 |
| X      | +12,6                     | -0,4  | +24,4 | +4,1                            | 17                       | 63                  | 74,4                       | 49,4 | 91,6 | +7,8                      | -0,4  | +16,8 | -0,7                            | 58                       | 215                 | 83,6                       | 70,9 | 98,3 |
| XI     | +4,3                      | -5,4  | +17,0 | +2,7                            | 45                       | 11                  | 82,4                       | 65,9 | 94,9 | +5,1                      | -5,2  | +18,0 | +3,5                            | 11                       | 26                  | 83,2                       | 68,4 | 96,0 |
| XII    | -3,6                      | -17,1 | +13,4 | -0,4                            | 67                       | 129                 | 84,5                       | 65,9 | 97,0 | -2,3                      | -17,6 | +4,4  | +0,5                            | 21                       | 40                  | 86,2                       | 61,9 | 97,5 |

Для 2012 р. зима характерна тривала, проте малосніжна. Подібно до попереднього року найхолоднішим місяцем був лютий, з мінімальною температурою  $-24,8^{\circ}\text{C}$ . Весна пізня. Найспекотнішим місяцем також був липень, максимальна температура склала  $+36,7^{\circ}\text{C}$ . Кінець літа дощовий. Осінь тепла та посушлива. Середня температура жовтня, що видався найтеплішим осіннім місяцем, склала  $+13^{\circ}\text{C}$ , що на  $+4,1^{\circ}\text{C}$  перевищує норму. Перші морози розпочались у кінці листопада – на початку грудня (табл. 3.2). У 2012 році можна виділити два періоди посухи – на початку літа та восени (рис. 3.1, в). Літня посуха тривала впродовж одного місяця. У червні випало 32 мм опадів. Потім настав період надмірного зволоження. У липні зафіксовано 76 мм опадів (норма 48 мм), а в серпні максимальна кількість опадів – 121 мм. У вересні та жовтні відмічено посуху, у жовтні випала мінімальна кількість опадів – 17 мм (табл. 3.3).

У 2013 р. зима сніжна та тепла. Найхолоднішим місяцем був січень, з мінімальною температурою  $-10,6^{\circ}\text{C}$ . Весна пізня та нетривала. У першій декаді травня розпочалось літо, максимальна температура склала  $+30,2^{\circ}\text{C}$ , що є характерним для району досліджень. Найспекотнішим місяцем був червень, максимальна температура склала  $+34,5^{\circ}\text{C}$ .

Протягом 2013 р. можна виділити три періоди надмірного зволоження (у березні, травні та вересні), що чергуються з посухами (рис. 3.1, г). Перша посуха розпочалась у весняні місяці, в період інтенсивного росту деревних рослин. У квітні та травні випало 25 мм та 28 мм опадів, відповідно. У червні випало 82 мм опадів, що перевищує норму у 1,3 рази. У липні та серпні спостерігалися літня посуха, типова для умов південного сходу України. На початку осені розпочався третій період надмірного зволоження. У вересні випала максимальна кількість опадів за рік – 116 мм, проти 40 мм за нормою.



—◆— Середньомісячна температура    -■- Кількість опадів за місяць  
 // // // Посуха

Рис. 3.1. Гідротермічні умови у роки досліджень у м. Донецьк (за Госсеном–Вальтером [153]): а – 2010 р., б – 2011 р., в – 2012 р., г – 2013 р.

Жовтень та листопад були відносно теплі, проте посушливі. Перші морози почались у грудні, середня температура грудня склала  $-2,5^{\circ}\text{C}$  (табл. 3.3).

Таким чином, погодні умови у м. Донецьк у 2010, 2011 та 2013 рр. були типовими для досліджуваної території, з тривалою зимою, короткою пізньою весною, жарким літом. Винятком став 2010 р. з сильною літньою посухою та 2012 р., для якого характерне дощове літо та посушлива осінь. Температурний режим у роки досліджень був схожим, проте за рівнем зволоженням вони помітно відрізнялись між собою.

У м. Єнакієве та м. Краматорськ у 2012 та 2013 рр. середньомісячні, максимальні та мінімальні температури співпадали з показниками у м. Донецьк у ці роки (табл. 3.4, 3.5). Умови зволоження відрізнялись на досліджених територіях. У 2012 р. у м. Краматорськ та м. Єнакієве можна виділити три періоди посухи. Літній дефіцит зволоження відмічений у липні, проти червневого у м. Донецьк.

Восени дефіцит атмосферної вологи спостерігався у вересні (20 % у Краматорську та 29 % у Єнакієвому) та в листопаді (19 % у Краматорську та 14 % у Єнакієвому), в обласному центрі у жовтні також випала недостатня кількість опадів. У м. Краматорськ та м. Єнакієве періоди надмірного зволоження зафіксовані у червні та в серпні, тоді як у м. Донецьк лише у серпні (рис. 3.2).

У 2013 році гідрологічні умови весни та літа у м. Краматорськ відрізнялись від двох інших досліджених міст. Посуха була відмічена у квітні та червні, а у м. Єнакієве та м. Донецьку на місяць пізніше. У квітні випало 35 % опадів від норми (14,8 мм). Періоди надмірного зволоження на досліджених територіях співпадали (березень, травень та вересень) (рис. 3.2).

Таким чином, погодні умови у дослідженому районі в цілому були подібними за роками, незначно відрізняючись тривалістю та строками періодів посухи.

Таблиця 3.5

Метеорологічні показники у роки досліджень за даними Гідрометеослужби у м. Краматорськ

| Місяць | 2012 рік                  |       |       |                                 |                          |                |                               |     |     | 2013 рік                  |       |       |                                 |                          |                |                               |     |     |
|--------|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|-----|-----|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|-----|-----|
|        | Температура, °С           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                | Відносна вологість повітря, % |     |     | Температура, °С           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                | Відносна вологість повітря, % |     |     |
|        | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>норми | серед-<br>ньо-<br>місячна     | min | max | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>норми | серед-<br>ньо-<br>місячна     | min | max |
| I      | -4,8                      | -21,8 | +7,7  | +1,3                            | 47,6                     | 101            | 88                            | 64  | 98  | -1,4                      | -12,0 | +12,3 | +4,7                            | 67,3                     | 143            | 89                            | 49  | 97  |
| II     | -10,7                     | -28,9 | +4,4  | -6                              | 38,0                     | 103            | 83                            | 45  | 95  | -0,3                      | -10,1 | +7,5  | +4,4                            | 15,4                     | 42             | 84                            | 43  | 95  |
| III    | -0,4                      | -17,4 | +14,8 | -1                              | 25,8                     | 74             | 80                            | 44  | 93  | +1,3                      | -10,4 | +18,1 | +0,7                            | 64,0                     | 183            | 76                            | 24  | 98  |
| IV     | +13,7                     | -1,3  | +31,0 | +4,1                            | 53,6                     | 128            | 69                            | 24  | 96  | +11,5                     | -0,4  | +28,3 | +1,9                            | 14,8                     | 35             | 60                            | 20  | 84  |
| V      | +18,6                     | 2,7   | +32,3 | +2,6                            | 49,1                     | 109            | 63                            | 16  | 94  | +19,5                     | +2,7  | +31,6 | +3,5                            | 53,4                     | 119            | 61                            | 18  | 80  |
| VI     | +21,7                     | 8,0   | +35,6 | +2,1                            | 86,4                     | 160            | 68                            | 32  | 87  | +21,6                     | +9,1  | +35,3 | +2,0                            | 29,5                     | 55             | 64                            | 25  | 83  |
| VII    | +23,8                     | 9,5   | +36,3 | +2,5                            | 43,5                     | 74             | 60                            | 19  | 91  | +22,0                     | +10,4 | +35,3 | +0,7                            | 47,3                     | 80             | 62                            | 23  | 89  |
| VIII   | +22,1                     | 6,8   | +36,7 | +1,8                            | 70,0                     | 189            | 63                            | 22  | 91  | +21,8                     | +10,4 | +35,9 | +1,5                            | 41,0                     | 111            | 61                            | 19  | 85  |
| IX     | +16,1                     | 2,1   | +29,8 | +1,2                            | 8,1                      | 20             | 70                            | 26  | 88  | +13,1                     | +0,6  | +27,4 | -1,8                            | 116,7                    | 285            | 81                            | 41  | 91  |
| X      | +12,0                     | -3,0  | +26,0 | +4,1                            | 22,9                     | 74             | 74                            | 26  | 91  | +8,1                      | -4,0  | +19,7 | +0,2                            | 70,9                     | 229            | 84                            | 33  | 96  |
| XI     | +4,1                      | -7,0  | +18,2 | +1,9                            | 8,6                      | 19             | 83                            | 36  | 95  | +5,4                      | -5,2  | +19,4 | +3,2                            | 10,3                     | 22             | 83                            | 44  | 98  |
| XII    | -3,8                      | -19,6 | +14,2 | -1,4                            | 66,1                     | 122            | 84                            | 56  | 97  | -1,6                      | -17,8 | +4,7  | +0,8                            | 20,8                     | 39             | 86                            | 41  | 98  |

Таблиця 3.6

Метеорологічні показники у роки досліджень за даними Гідрометеослужби у м. Енакієве

| Місяць | 2012 рік                  |       |       |                                 |                          |                |                               |     |     | 2013 рік                  |       |       |                                 |                          |                |                               |     |     |
|--------|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|-----|-----|---------------------------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|-----|-----|
|        | Температура, °C           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                | Відносна вологість повітря, % |     |     | Температура, °C           |       |       |                                 | Кількість опадів         |                | Відносна вологість повітря, % |     |     |
|        | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>норми | серед-<br>ньо-<br>місячна     | min | max | серед-<br>ньо-<br>місячна | min   | max   | відхи-<br>лення<br>від<br>норми | сума за<br>місяць,<br>мм | % від<br>норми | серед-<br>ньо-<br>місячна     | min | max |
| I      | -6,1                      | -22,8 | +5,4  | +1                              | 44,9                     | 90             | 91                            | 54  | 100 | -2,7                      | -12,9 | +7,8  | +4,4                            | 108,8                    | 218            | 94                            | 46  | 99  |
| II     | -11,5                     | -25,4 | +1,6  | -5,4                            | 55,7                     | 133            | 83                            | 25  | 97  | -1,9                      | -10,8 | +4,7  | +4,2                            | 26,4                     | 63             | 90                            | 52  | 100 |
| III    | -2,4                      | -15,7 | +10,7 | -1,7                            | 47,0                     | 127            | 82                            | 34  | 97  | +0,1                      | -10,7 | +14,0 | +0,8                            | 58,2                     | 157            | 80                            | 26  | 100 |
| IV     | +12,9                     | -1,4  | +30,0 | +4,4                            | 61,5                     | 143            | 67                            | 21  | 100 | +10,4                     | -1,3  | +25,8 | +1,9                            | 32,4                     | 75             | 60                            | 18  | 92  |
| V      | +18,6                     | +7,7  | +30,0 | +3,4                            | 69,1                     | 144            | 56                            | 15  | 98  | +19,8                     | +7,7  | +29,1 | +4,6                            | 24,3                     | 51             | 53                            | 15  | 80  |
| VI     | +20,9                     | +8,6  | +34,1 | +2,2                            | 73,0                     | 100            | 64                            | 30  | 88  | +21,0                     | +10,7 | +32,5 | +2,3                            | 51,7                     | 71             | 59                            | 23  | 89  |
| VII    | +23,3                     | +10,1 | +35,5 | +2,8                            | 29,9                     | 49             | 55                            | 15  | 88  | +21,3                     | +10,1 | +32,3 | +0,8                            | 26,8                     | 44             | 57                            | 22  | 88  |
| VIII   | +22,2                     | +5,5  | +35,8 | +2,7                            | 71,5                     | 163            | 56                            | 16  | 96  | +21,6                     | +10,8 | +33,4 | +2,1                            | 68,5                     | 156            | 56                            | 19  | 90  |
| IX     | +16,5                     | +4,2  | +27,7 | +2,2                            | 11,2                     | 29             | 63                            | 23  | 93  | +12,0                     | +1,0  | +25,5 | -2,3                            | 132,9                    | 341            | 82                            | 33  | 94  |
| X      | +11,7                     | -0,9  | +23,6 | +4,7                            | 25,4                     | 79             | 71                            | 22  | 96  | +7,1                      | -2,3  | +16,5 | +0,1                            | 81,1                     | 253            | 85                            | 33  | 98  |
| XI     | +3,2                      | -4,8  | +15,4 | +2,2                            | 7,4                      | 14             | 85                            | 36  | 100 | +4,2                      | -5,9  | +17,8 | +3,2                            | 17,4                     | 33             | 86                            | 37  | 99  |
| XII    | -5,5                      | -21,1 | +11,8 | -1,9                            | 77,8                     | 120            | 92                            | 63  | 100 | -3,1                      | -18,8 | 2,6   | +0,5                            | 26,4                     | 41             | 91                            | 47  | 100 |

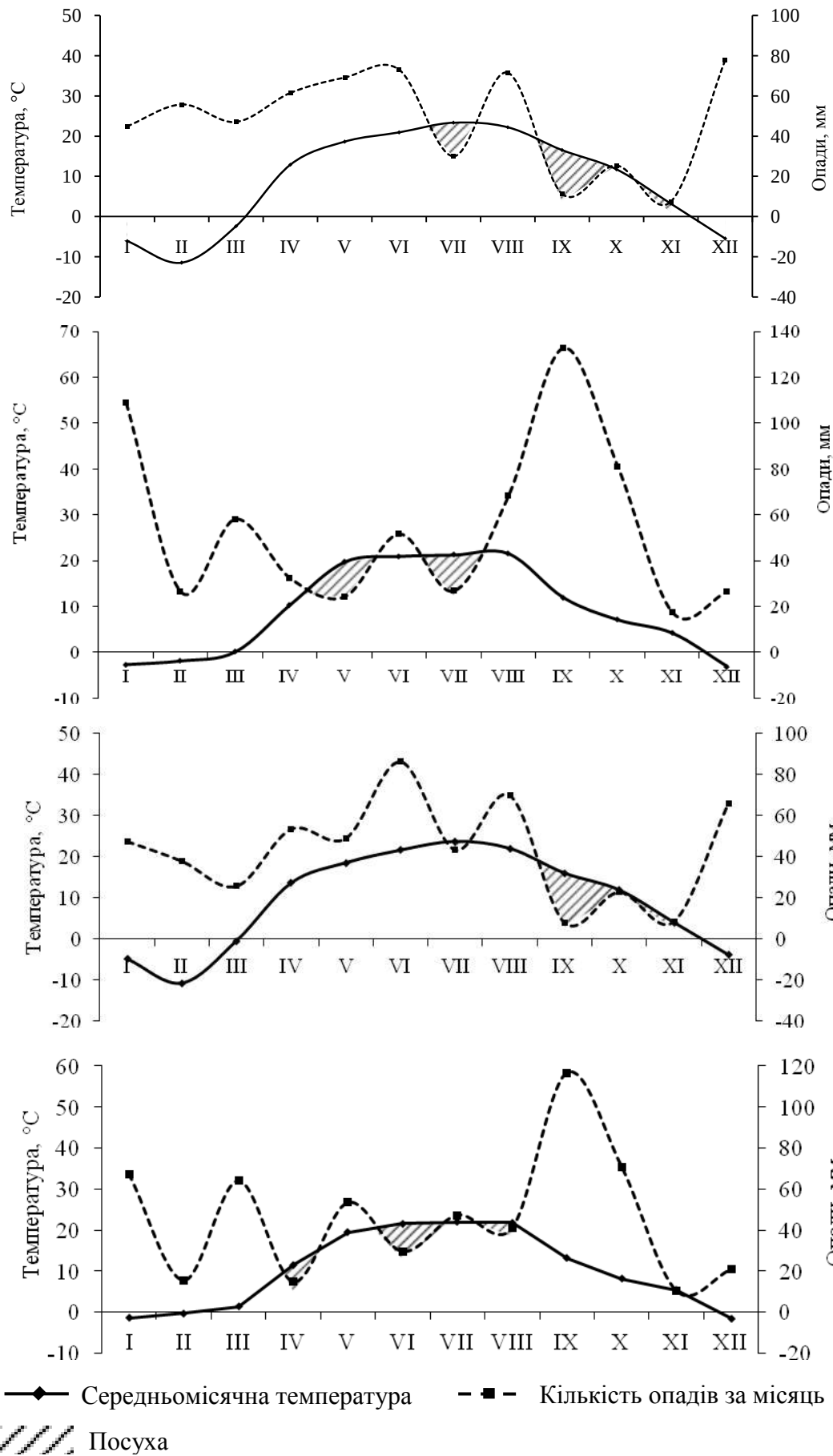


Рис. 3.2. Гідротермічні умов у роки досліджень у м. Єнакієве та м. Крматорськ (за Госсеном–Вальтером [153]): а – 2012 р.; б – 2013 р. м. Єнакієве; в – 2012 р.; г – 2013 р., м. Крматорськ

### 3.3 Методи досліджень

Рослинний матеріал збирали у сонячну, безвітряну погоду щомісячно протягом чотирьох вегетаційних періодів у м. Донецьк (2010 – 2013 рр.) та протягом двох вегетаційних періодів у м. Єнакієве та м. Краматорськ (2012, 2013 рр.). Для досліджень брали здорові, непошкоджені листки, без ознак хлорозу, по всьому периметру крони (з південної, північної, східної та західної частин), з нижнього ярусу. Листки збирали з 7–8 дерев для отримання середньої проби.

Під час відбору проб проводили метеорологічні виміри та фенологічні спостереження. Вимірювали температуру та вологість повітря у момент відбору проб у кроні досліджуваних видів дерев [157]. Вологість повітря визначали за допомогою психрометра Ассмана. При визначенні фази розвитку листяних рослин використовували метод візуального спостереження [106, 155, 285]. Виділяли наступні фази розвитку пагонів деревних рослин: фаза активного росту (весняне відновлення вегетації, початок росту пагонів), фаза вторинного росту (закінчення росту пагонів у довжину, закладання верхівкової бруньки, літня вегетація), фаза глибокого (фізіологічного) спокою – призупинення усіх ростових процесів наприкінці літа – початку осені.

Життєвий стан деревних рослин визначали за станом крони та стовбура, наявністю на ньому лишайників, і оцінювали у балах за шкалою Л.С. Савельєвої [204] (табл. 3.7). Дану шкалу було обрано, оскільки вона розроблена саме для умов південного сходу України. Багаторічне вивчення стану та росту насаджень, масовий аналіз стовбурів модельних дерев дозволили автору надати узагальнену класифікацію морфологічних ознак, що характеризують життєздатність деревних рослин у цих умовах росту.

Шкала використовується співробітниками Донецького ботанічного саду НАН України при оцінці життєздатності насаджень у містах Донецької області [104, 243, 351].

Класифікація життєздатності деревних порід у захисних насадженнях за  
Л.С. Савельєвою

| Бал  | Характер росту дерева                 | Основні ознаки стану дерева                                                                                                                                                                |
|------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8    | Період найбільшого росту              | Здорове, сухі гілки у кроні відстуні. Стовбур гладкий, без пошкоджень та морозобоїн, лишайників, крона гостроконусоподібна                                                                 |
| 7    | Падіння приросту                      | Ослаблення росту у висоту, всихання окремих дрібних гілок. Здорове, крона конусоподібна                                                                                                    |
| 6    | Відсутність верхівкового приросту     | Початок всихання верхівкового приросту та 1–2-літніх бічних гілок, ріст на «розетку» (1–2 см), поява лишайників у основі стовбура, частіше з північної сторони, крона широко конусоподібна |
| 5    | Приріст на бічних гілках              | Масове всихання верхівкового приросту, суховершинність, всихання окремих бічних гілок у кроні, лишайників на половині стовбура, крона шароподібна                                          |
| 4    | Приріст на нижніх бічних гілках       | Всихання окремих скелетних гілок у кроні, суховершинність, лишайники на всій поверхні стовбура, ріст «вовчків» при основі скелетних гілок, крона зонтична                                  |
| 3    | Приріст за рахунок «вовчків»          | Масове всихання скелетних гілок у кроні, лишайники по стовбуру та на крупних скелетних гілках, ріст «вовчків» при основі скелетних гілок, крона плоска у верхній частині                   |
| 2    | Приріст вегетативних пагонів стовбура | Повне всихання крони, стовбур та основа скелетних гілок вкриті лишайником, ріст окремих пагонів зі сплячих бруньок стовбура                                                                |
| 1    | Приріст порості                       | Повне всихання всього дерева, розтріскування кори при основі стовбура, ріст порослі від кореневої шийки                                                                                    |
| 0    | Сухостій, приросту немає              | Повне всихання всього дерева та кореневої системи, відсутність порослі від пня                                                                                                             |
| Осл. | Приріст послаблений                   | Послаблене та пригнічене, приріст невеликий, крона вузька, малогілляста, листків мало, часто етильованих                                                                                   |

*Визначення протистоцидної активності летких виділень рослин.*

Протистоцидну активність листків визначали згідно методики «повислої краплини» Б.П. Токіна [252]. У якості тест-об'єкту використовували культуру інфузорії-туфельки – *Paramecium caudatum* Ehr. Даний вид використовується при дослідженні фітонцидної активності авторами [42, 83, 156, 246, 271].

У зв'язку з тим, що фітонциди дуже леткі, фітонцидну активність визначали через одну–дві години після збору листків. Спочатку зібрані листки

обережно відмивали від пилу, що знаходився на їхній поверхні. Потім для середньої проби в лабораторних умовах подрібнювали листки ножицями. Отриманий матеріал розтирали у ступці до однорідної кашоподібної маси, з якої відбирали наважки по 1 г. Дослід проводили у п'ятикратній повторності. На внутрішню поверхню годинникового скла за допомогою піпетки Пастера наносили краплю з не менш ніж 30 інфузоріями. Наважку розміщували на другому годинниковому склі та швидко його накривали першим склом. Об'єм повітряного проміжку між скельцями був однаковим. Слідкували за тим, щоб краплина з тест-об'єктом не торкалась наважки. Усю систему розміщували під мікроскопом МБР-1 та за секундоміром відмічали час (хв.) загибелі 50 % інфузорій, що знаходились у центрі повислої краплини.

При повному припиненні руху та функцій війчастого апарату констатували загибель *P. caudatum*, в подальшому відбувався зернистий розпад тіла.

Фітонцидну активність визначали за формулою

$$A=100/T \text{ (хв}^{-1}\text{)},$$

де А – фітонцидна активність в умовних одиницях фітонцидності – хв<sup>-1</sup>,

Т – час загибелі 50 % інфузорій [127, 137, 151, 161, 263].

*Визначення антимікробної активності рослин.* Антимікробну активність визначали за методом «опарення» посівів культур мікроорганізмів. Оцінювали ступінь пригнічення тест-об'єктів – грам-позитивних бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ В-7018 та грам-негативних *Escherichia coli* УКМ В-926 з колекції Депозитарію мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології НАН України (додаток Б). Штами, що використані у роботі, типові за морфологічними, культуральними та біохімічними властивостями. Ці штами є стандартними для випробування методик [93]. Вибір *E. coli* як тест-культури обумовлений тим, що він є умовно патогенним для людини та слугує у санітарній практиці мікроорганізмом-індикатором при санітарно-мікробіологічній оцінці об'єктів оточуючого середовища.

Усі роботи з підготовки культури та вивчення антимікробної активності рослин проводили у стерильній камері стерильними інструментами. Кількість колоній, що вирости у контрольних чашках Петрі (без рослинного матеріалу), відповідала 100% росту тест-культури. У чашках з рослинним матеріалом підраховували кількість колоній, що вирости, та відносно контролю визначали ступінь пригнічення тест-культури [3, 8, 218].

Посів на поверхню поживного середовища заданої кількості мікробних клітин проводили загальноприйнятим методом [13, 31, 114]. Розведення проводили у стерильній дистильованій воді. Розведення проводили  $1:1 \times 10^6$  для *E. coli* та  $1:1 \times 10^7$  – *B. subtilis*. На поверхню застиглого поживного середовища наносили 0,5 мл вихідної суспензії, яку рівномірно розтирали стерильним шпателем по поверхні середовища. Дослід проводили у трикратній повторності.

Інтактні листки (2 г) розміщували на кришці чашки Петрі, яку зверху накривали чашкою Петрі з посівами, виключаючи контакт листків з поживним середовищем. З метою порівняння протистоцидних та антимікробних властивостей досліджуваних видів деревних рослин, при визначенні останніх, рослинну наважку перетворювали в однорідну кашеподібну масу, як і для визначення протистоцидних властивостей. «Опарення» мікроорганізмів леткими органічними речовинами (ЛОР) листків відбувалось протягом 4-х годин на світлі при кімнатній температурі, після чого чашки розміщували на 24 години у термостат при температурі  $37^{\circ}\text{C}$  [123, 272, 278]. Культури вирощували на поживному агарі для культивування мікроорганізмів, pH  $7,3 \pm 0,2$ .

*Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів у листках.* Вміст хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів визначали на спектрофотометрії ULAB 108UV [156, 162, 176]. Екстракцію хлорофілів проводили у 96 % етанолі та 80 % ацетоні, каротиноїдів у 80 % ацетоні.

Вміст хлорофілів *a* та *b* вимірювали за довжиною хвиль (D) 665 та 649 нм – для спирту, (D) 663 та 646 нм – для ацетону, каротиноїдів (D) 470 нм.

Концентрацію (C) пігментів в екстракті визначали за рівняннями Вінтерманс де Мотс [153, 270] :

$$Ca = 13,70 \cdot E_{665} - 5,76 \cdot E_{649} \text{ (мг/л);}$$

$$Cb = 25,80 \cdot E_{649} - 7,60 \cdot E_{665} \text{ (мг/л).}$$

Концентрацію каротиноїдів визначали за Ліхтенталером [147, 153]:

$$C_{\text{хл.}} a = 12,21 D_{663} - 2,81 D_{646} \text{ (мг/л);}$$

$$C_{\text{хл.}} b = 20,13 D_{646} - 5,03 D_{663} \text{ (мг/л);}$$

$$C_{\text{кар}} = (1000 D_{470} - 3,27 C_{\text{хл.}} a - 100 C_{\text{хл.}} b)/229$$

Після визначення концентрації хлорофілів *a*, *b* та за відповідними формулами. розраховували вміст пігментів *A* в рослинному матеріалі, мг/г сирої маси:

$$A = (C V)/H 1000,$$

де *C* – концентрація пігментів в екстракті, мг/л,

*V* – об'єм екстракту (25 мл),

*H* – наважка рослинного матеріалу (0,1 – 0,2 г).

Дослід проводили у трикратній повторності.

*Визначення кількості пилу на листкових пластинках рослин.* Листки збирали на висоті 1,5 – 2 м (висота шару повітря, що вдихається людиною) у 10-кратній повторності [14, 211].

У лабораторних умовах на аналітичних терезах другого класу (АДВ–200М) зважували шматочок вологої вати, загорнутий у кальку, ним ретельно за допомогою пінцету з кожного боку обтирали листок та зважували вату знову. Масу пилу (*P*) розраховували як різницю між даними другого та першого зважуванням ( $P = P_2 - P_1$ ). Кількість пилу обчислювали за формулою  $M = P/S$ , мг/см<sup>2</sup>. Для порівняння з літературними джерелами отриманий результат переводили у г/м<sup>2</sup>.

*Визначення площі листка.* Листки сканували, а потім застосовували програму IpSquare Calculating area version 1.8 LProSoft.

*Статистична обробка даних.* Математичну обробку проводили за рекомендаціями Г.М. Зайцева, Г.Ф. Лакіна, Ю.Г. Приседського [105, 145, 190].

Для оцінки різниць між ФА об'єктів використовували схему дисперсійного аналізу (ANOVA) з апостеріорним аналізом Тьюкі. Однорідність дисперсій визначали за допомогою тесту Левена (LSD-test). Кореляційний зв'язок ФА досліджених видів з абіотичними факторами встановлювали за стандартною статистичною методикою [190]. Статистичну обробку отриманого матеріалу здійснювали з використанням пакету Excel та Statistica 6.0 [266]. Вірогідність отриманих результатів оцінювали при  $p \leq 0,05$ .

## РОЗДІЛ 4. ПОКАЗНИКИ САНУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ПІГМЕНТНОГО АПАРАТУ РОСЛИН В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ УМОВАХ ТА ЗА ВПЛИВУ УРБОГЕННИХ ФАКТОРІВ

### 4.1 Стан фотосинтетичного апарату рослин

Виділення деревами ЛОР тісно взаємопов'язане з фотосинтетичним процесом. Фітонциди, до складу яких входять ЛОР, є вторинними метаболітами, їхні попередники (мевалонова кислота, Ацетил-КоА) утворюються у хлоропластах [126, 203]. Сума хлорофілів, їхній вміст та співвідношення тісно пов'язані з продуктивністю фотосинтезу та визнані одним з тестів оцінювання впливу техногенного середовища на рослини [120, 284]. Фітонцидна активність (ФА) та вміст хлорофілів є мінливими ознаками. Вони залежать від виду, віку рослини, кліматичних умов, часу доби та ін.

Вміст пігментів та їх співвідношення є одними з показників, що корелюють з функціональним станом рослин, тому використовуються, як критерій оцінки впливу умов середовища на деревні рослини. Для оцінки впливу урбаносередовища на функціональний стан досліджених деревних рослин визначали зміни вмісту та співвідношення фотосинтетичних пігментів в асиміляційних органах рослин, що зростають у вуличних (пр. Київський, м.т. 1) та паркових насадженнях (парк ім. О.С. Щербакова, м.т. 2) житлової забудови урбаносередовища, у якості контролю використовували дерева лісосмуги у с. Тоненьке (м.т. 9), чиста територія.

За літературними даними, вміст суми хлорофілів у листках коливається від 0,3 до 5 мг/г (сирої ваги) [39, 128, 181]. У більшості досліджених видів цей показник на моніторингових точках був у межах діапазону, за винятком *P. simonii*, у якого у серпні сума хлорофілів склала  $7,3 \pm 0,25$  мг/г сирої речовини у контролі (рис. 4.1). На чистій ділянці відмічено видову специфічність зміни вмісту хлорофілів протягом вегетації у листках досліджених рослин. У мезофітних видів роду *Acer* L. максимальний вміст зелених пігментів спостерігали у липні при достатньому зволоженні та високих температурах повітря.

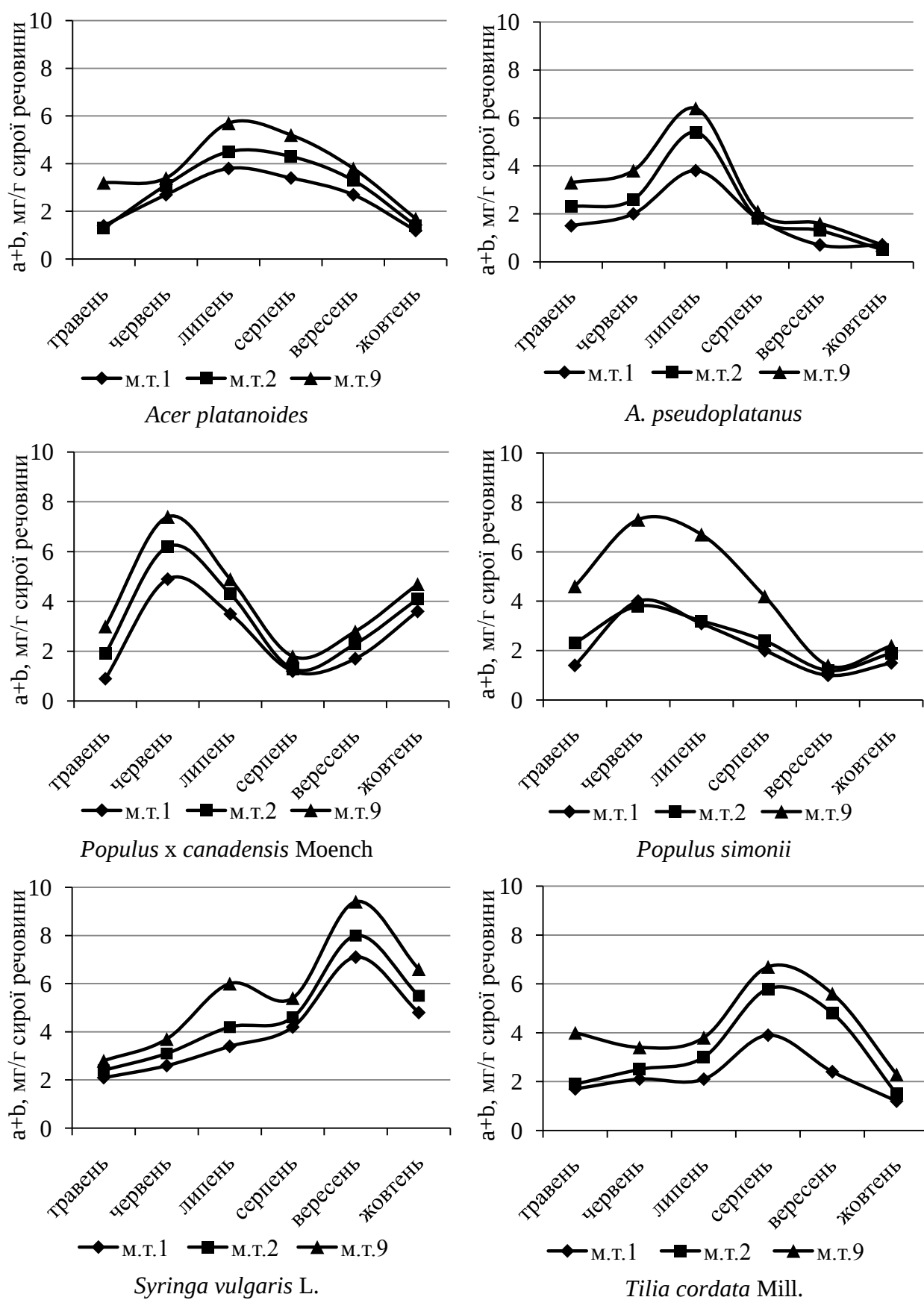


Рис. 4.1 Сума хлорофілів за період вегетації у деревних видів на моніторингових точках

Встановлена закономірність свідчить про менші адаптаційні можливості *A. platanoides*, *A. negundo* та *A. pseudoplatanus*. У посухостійких видів р. *Populus* максимальна кількість хлорофілів була у червні під час посухи.

У *Populus x canadensis* у серпні при надмірній кількості опадів, зафіксовано найменшу кількість хлорофілів 1,8 мг/г (сирої ваги), а під час повторної посухи у жовтні сума хлорофілів знову зростає до 4,7 мг/г (рис. 4.1). У посухостійких видів в посушливий період підвищується вміст хлорофілів, як адаптація до гідротермічного стресу.

Збільшення суми хлорофілів у липні та серпні у *A. platanoides* та *A. negundo* відбувається за рахунок зростання частки хлорофілу *b*, який окрім основної функції виконує протекторну роль (табл. 4.1). Хлорофіл *b* поглинає частину променів, розширюючи спектр фотоактивності, що є особливо важливим при значній хмарності у дощову погоду. Хлорофіл *a* є більш стійким до несприятливих екологічних факторів порівняно з *b*. Збільшення суми хлорофілів під час посухи у *A. pseudoplatanus*, *P. x canadensis*, *P. simonii*, *Robinia pseudoacacia*, *Syringa vulgaris* за рахунок хлорофілу *a*, свідчить про нормальний розвиток фотосинтетичного апарату цих видів та їхні високі адаптивні реакції до гідротермічного стресу.

Співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* (*a/b*) в нормально розвинутому фотосинтетичному апараті складає 2,5 – 3,0 [227, 279, 284]. Навесні цей показник був нижчим за норму на м.т. 9, влітку відбувається його збільшення, що можна пояснити ростом листків та формуванням фотосинтетичного апарату (додатки, табл. А.1).

Вміст каротиноїдів у всіх досліджених видів у контролі збільшується з травня до жовтня, однак ступінь його зростання неоднаковий (рис. 4.2; додатки, табл. А.2). Найбільш суттєва різниця між вмістом каротиноїдів на початку та у кінці вегетації, встановлена для *A. platanoides* у 4 рази у жовтні порівняно з травневим показником. Збільшення жовто-червоних пігментів у кінці вегетації пов'язано з підготовкою рослин до листопаду та руйнуванням зелених пігментів.

Таблиця 4.1

Динаміка вмісту зелених пігментів у листках деяких видів деревних рослин (мг/г сирової речовини)

| Вид                                | Травень          |           |           |            |                      |           | Червень          |           |           |           |                      |           |
|------------------------------------|------------------|-----------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|
|                                    | дослідні ділянки |           |           |            | контроль<br>(м.т. 9) |           | дослідні ділянки |           |           |           | контроль<br>(м.т. 9) |           |
|                                    | м.т. 1           |           | м.т. 2    |            |                      |           | м.т. 1           |           | м.т. 2    |           |                      |           |
|                                    | Aa               | Ab        | Aa        | Ab         |                      |           | Aa               | Ab        | Aa        | Ab        | Aa                   | Ab        |
| <i>Acer platanoides</i> L.         | 1,2±0,06*        | 0,2± 0,05 | 0,8± 0,04 | 0,5± 0,06  | 1,7± 0,05            | 1,5± 0,04 | 1,6± 0,04        | 1,1± 0,02 | 1,8± 0,05 | 1,3± 0,04 | 2,1±0,06             | 1,4±0,07  |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.        | 0,9±0,08         | 0,6± 0,11 | 1,3± 0,10 | 0,9± 0,34* | 1,6±0,06             | 1,7±0,06  | 1,1± 0,07        | 0,9± 0,05 | 1,4± 0,08 | 1,2± 0,05 | 2,3± 0,12            | 1,5±0,05  |
| <i>A. negundo</i> L.               | 0,5±0,17         | 0,5± 0,03 | 0,9± 0,24 | 0,4± 0,17  | 0,8± 0,03            | 1,2±0,02  | 1,3±0,19         | 1,8± 0,06 | 1,6± 0,03 | 2,0± 0,04 | 1,8±0,03             | 2,3± 0,05 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière    | 1,2±0,17         | 0,2± 0,05 | 1,2± 0,04 | 1,1± 0,09  | 3,8± 0,05            | 1,6±0,06  | 2,3±0,08         | 1,7±0,12  | 2,5±0,12* | 1,3±0,08* | 4,7±0,20             | 2,6±0,05  |
| <i>Populus x canadensis</i> Moench | 0,7±0,06         | 0,2± 0,04 | 1,1± 0,11 | 0,8± 0,38  | 1,5± 0,12            | 1,5±0,01  | 3,1±0,05         | 1,8±0,03  | 4,8± 0,06 | 1,4± 0,12 | 5,1±0,07             | 2,3±0,06  |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.     | 1,4±0,08         | 1,3± 0,05 | 1,3± 0,04 | 1,1± 0,01  | 0,8± 0,03            | 1,0±0,04  | 2,1±0,03         | 1,9±0,03  | 1,7±0,03  | 1,6±0,03  | 1,5±0,04             | 1,4±0,03  |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.         | 1,2±0,05         | 1,3± 0,06 | 1,5± 0,08 | 1,3± 0,04* | 0,8± 0,03            | 1,3±0,04  | 1,6±0,05         | 1,0±0,04  | 1,9±0,07  | 1,2±0,06  | 2,2±0,08             | 1,5±0,03  |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.         | 1,3±0,05         | 0,4± 0,09 | 1,6± 0,11 | 0,3± 0,08  | 2,1± 0,05            | 1,9±0,05  | 1,5±0,04         | 0,6±0,03  | 1,8±0,03  | 0,7±0,03  | 2,2±0,02             | 1,2±0,01  |

Примітки. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$  порівняно з контролем

Продовження табл. 4.1

| Вид                                       | Липень           |            |           |           |                      |           | Серпень          |            |           |            |                      |           |
|-------------------------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|----------------------|-----------|------------------|------------|-----------|------------|----------------------|-----------|
|                                           | дослідні ділянки |            |           |           | контроль<br>(м.т. 9) |           | дослідні ділянки |            |           |            | Контроль<br>(м.т. 9) |           |
|                                           | м.т. 1           |            | м.т. 2    |           |                      |           | м.т. 1           |            | м.т. 2    |            |                      |           |
|                                           | Aa               | Ab         | Aa        | Ab        |                      |           | Aa               | Ab         | Aa        | Ab         | Aa                   | Ab        |
| <i>Acer platanoides</i> L.                | 1,8±0,07         | 2,3± 0,02  | 2,1± 0,05 | 2,8± 0,05 | 2,5± 0,03            | 3,2± 0,07 | 2,1± 0,06        | 1,3± 0,03  | 2,4± 0,07 | 1,9± 0,05  | 3,8± 0,06            | 2,4± 0,12 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.               | 2,2± 0,11        | 1,6± 0,25* | 3,2± 0,06 | 2,1± 0,02 | 4,3± 0,09            | 2,2± 0,08 | 0,7± 0,03        | 1,3± 0,06  | 1,0± 0,01 | 1,4±0,07*  | 1,2± 0,03            | 1,6± 0,06 |
| <i>A. negundo</i> L.                      | 1,9± 0,11        | 2,3± 0,08  | 2,2± 0,08 | 2,6± 0,09 | 4,1± 0,05            | 2,2± 0,09 | 1,9± 0,11        | 0,8± 0,09  | 2,5± 0,11 | 2,3± 0,06  | 2,5± 0,03            | 3,2± 0,07 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière           | 0,6± 0,05        | 1,7± 0,06  | 1,2± 0,05 | 0,8± 0,06 | 5,4± 0,06            | 1,4± 0,04 | 2,1±0,18         | 1,1±0,06   | 2,1± 0,08 | 1,0± 0,05  | 2,7±0,04             | 1,5±0,06  |
| <i>Populus</i> x <i>canadensis</i> Moench | 2,2±0,25*        | 1,3±0,11   | 2,6±0,25* | 1,7±0,15* | 2,9±0,03             | 2,0±0,08  | 0,8±0,02         | 0,4±0,02   | 0,9±0,02  | 0,4±0,03   | 1,2±0,01             | 0,6±0,01  |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.            | 2,1±0,03         | 1,9±0,03   | 1,7±0,02  | 1,5±0,03  | 1,4±0,04             | 1,2±0,03  | 1,8± 0,09        | 1,0± 0,12* | 2,3± 0,03 | 1,1± 0,11* | 3,1± 0,05            | 1,1± 0,04 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.                | 3,0±0,07         | 1,4±0,05   | 3,4±0,07  | 1,8±0,06  | 3,7±0,08             | 2,3±0,06  | 2,8± 0,12        | 1,4± 0,07* | 2,5± 0,07 | 2,1± 0,06  | 4,1± 0,11            | 1,3± 0,07 |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.                | 1,4±0,02         | 0,7±0,02   | 1,7±0,04  | 1,3±0,04  | 2,3±0,01             | 1,5±0,02  | 2,4±0,06         | 1,5±0,06   | 3,6± 0,04 | 2,2± 0,14* | 4,6± 0,09            | 2,3± 0,08 |

Примітки. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$  порівняно з контролем

Закінчення табл. 4.1

| Вид                                       | Вересень         |           |           |           |                      |           | Жовтень          |           |           |           |                      |           |
|-------------------------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|
|                                           | дослідні ділянки |           |           |           | контроль<br>(м.т. 9) |           | дослідні ділянки |           |           |           | контроль<br>(м.т. 9) |           |
|                                           | м.т. 1           |           | м.т. 2    |           |                      |           | м.т. 1           |           | м.т. 2    |           |                      |           |
|                                           |                  |           |           |           |                      |           |                  |           |           |           | Aa                   | Ab        |
| <i>Acer platanoides</i> L.                | 1,3± 0,05        | 1,8± 0,09 | 1,5± 0,09 | 2,0± 0,03 | 1,7± 0,04            | 2,2± 0,04 | 0,5± 0,07*       | 0,6± 0,02 | 0,4±0,05* | 0,8± 0,04 | 0,6± 0,02            | 1,1± 0,02 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.               | 0,4± 0,04        | 0,3± 0,02 | 0,7± 0,05 | 0,5± 0,03 | 0,9± 0,05            | 0,7± 0,08 | 0,4±0,02*        | 0,3± 0,02 | 0,3± 0,04 | 0,2± 0,03 | 0,4± 0,06            | 0,3± 0,08 |
| <i>A. negundo</i> L.                      | 0,4± 0,03        | 0,5± 0,04 | 0,3± 0,03 | 0,7± 0,03 | 0,5±0,04*            | 0,9± 0,02 | 0,3±0,02         | 0,5± 0,03 | 0,4±0,03* | 0,7± 0,04 | 0,5± 0,02            | 0,9± 0,02 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière           | 0,6±0,02         | 0,4±0,02  | 0,7±0,03  | 0,5±0,02  | 0,8±0,02             | 0,6±0,02  | 1,0±0,06         | 0,5±0,03  | 1,2±0,03  | 0,7±0,02* | 1,4±0,04             | 0,8±0,05  |
| <i>Populus</i> x <i>canadensis</i> Moench | 1,2±0,02         | 0,5±0,03  | 1,6±0,04  | 0,7±0,05  | 1,9±0,03             | 0,9±0,02  | 2,8±0,03         | 0,8±0,02  | 3,1±0,05  | 1,0±0,02* | 3,5±0,08             | 1,2±0,08  |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.            | 2,3±0,09         | 1,5±0,09  | 2,5±0,08  | 1,7±0,08* | 2,8±0,10             | 1,9±0,10  | 0,8±0,02         | 0,6±0,02  | 1,0±0,03  | 0,7±0,03* | 1,2±0,02             | 0,9±0,03  |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.                | 4,9±0,21         | 2,2±0,15  | 5,4±0,24  | 2,6±0,18  | 6,1±0,21             | 3,3±0,19  | 3,1±0,03         | 1,7±0,02  | 3,5±0,05  | 2,0±0,04  | 4,3±0,04             | 2,3±0,03  |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.                | 1,3± 0,06        | 1,1± 0,05 | 2,9±0,05  | 1,9±0,04  | 3,3±0,06             | 2,3±0,01  | 0,7±0,02         | 0,5±0,03  | 0,9±0,05  | 0,6±0,04  | 1,3±0,07             | 1,0±0,02  |

Примітки. \* – результати не достовірні при  $p>0,05$  порівняно з контролем

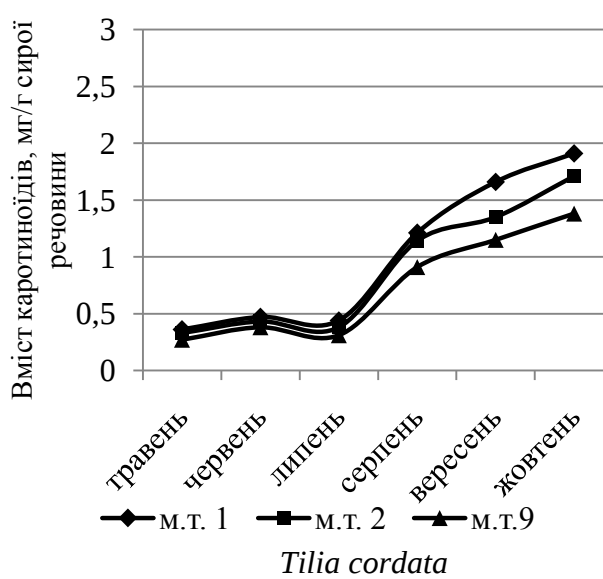
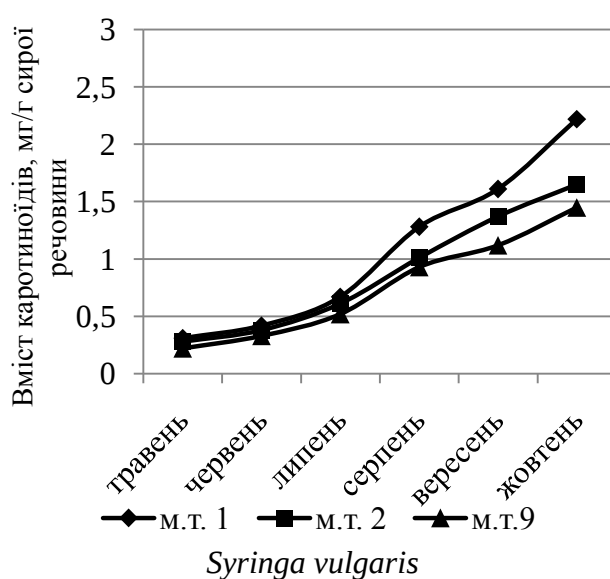
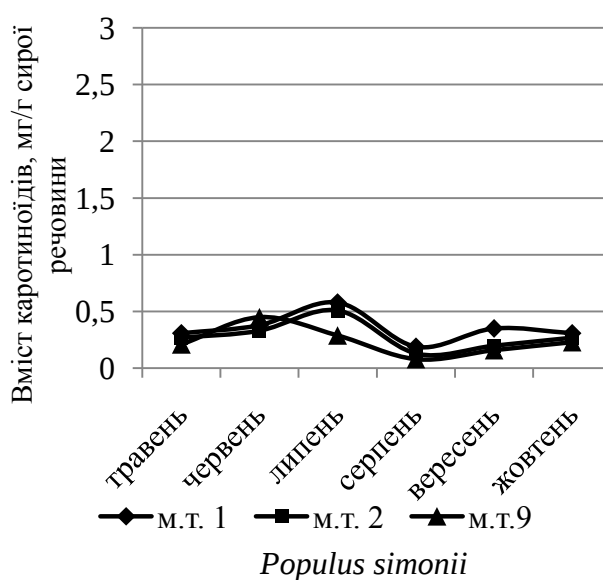
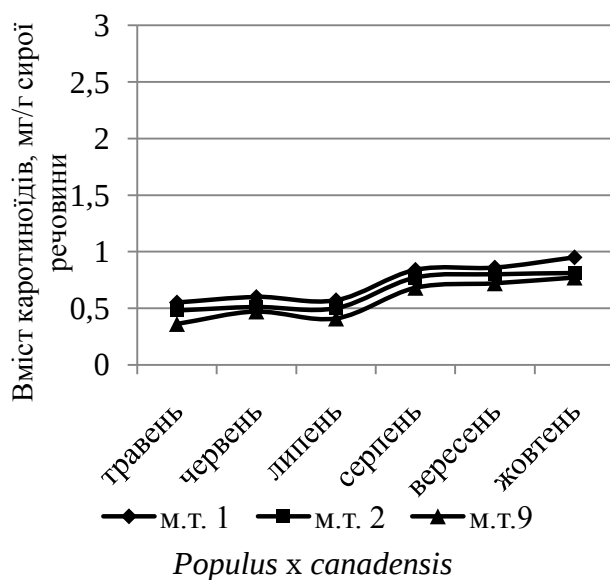
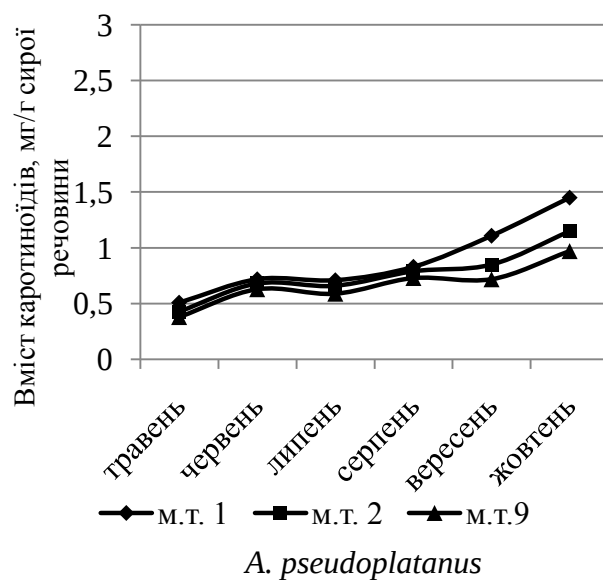
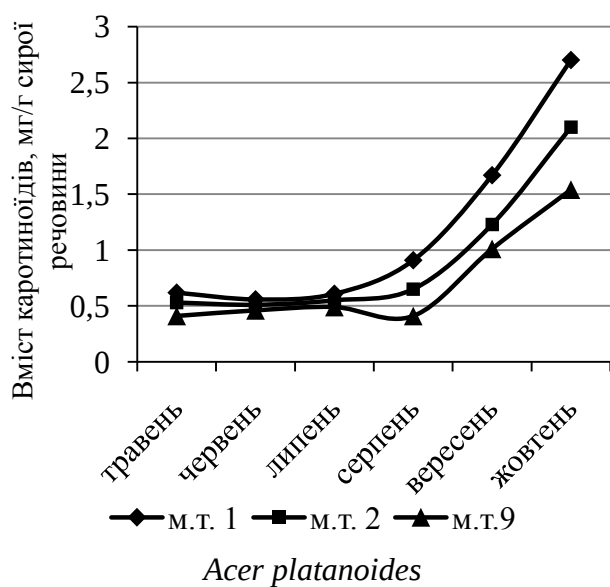


Рис. 4.2 Вміст каротиноїдів у листках деревних рослин на моніторингових точках

У *P. simonii* вміст каротиноїдів у жовтні залишається незмінним порівняно з травневим (рис. 4.2). Цей вид завершує вегетацію з зеленими листками. Слід зазначити, що у червні під час посухи вміст каротиноїдів у *P. simonii* збільшується, що свідчить про протекторну роль каротиноїдів.

Тенденція зміни вмісту пігментів впродовж вегетації на м.т. 1 та м.т.2 відповідає динаміці у контролі (м.т. 9). Аналіз одержаних результатів (табл. 4.1, рис. 4.1) показав, що у вуличних та паркових насадженнях спостерігається зниження вмісту хлорофілів у листках досліджених видів. Так, у *Populus × candensis* сума хлорофілів у серпні знижується на 35,3 % на м.т. 1 та на 22,7 % на м.т. 2, що вказує на нормальний функціональний стан дерев в умовах урбаносередовища. У зоні дії вихлопів автотранспорту у літні місяці вміст хлорофілів зменшувався від 43,3 % до 52,6 %, не залежно від стійкості досліджених видів. Зниження концентрації хлорофілів за дії ксенобіотиків узгоджується з літературними даними [26, 169, 256]. У паркових насадженнях вміст хлорофілів знижувався на 26 – 12 % порівняно з контролем, що вказує на задовільний стан деревних рослин. Однак, для *P. simonii* та *A. platanoides*, що зростають на м.т. 2 встановлено вміст хлорофілу менший на 47,2 та 59,4 % порівняно з контролем, що пояснюється індивідуальними особливостями вивчених рослин та свідчить про ослаблення представників цих видів у парковому масиві.

На моніторингових точках сума хлорофілів, складається за рахунок хлорофілу *a*, у більшості видів за винятком *A. platanoides* та *A. negundo*, як і в контролі. Утворення молекул хлорофілу *b* зменшується через інгібування ферментів його синтезу під дією ксенобіотиків [26, 181].

У зоні дії полютантів співвідношення хлорофілів було нижчим, порівняно з контрольною ділянкою, що узгоджується з літературними даними [26, 27, 200]. На моніторинговій точці №1 влітку показник *a/b* був нижчим за норму у всіх видів, окрім *Tilia cordata* (додатки, табл. А.1). Зростання хлорофілу *b* у *T. cordata* в літні місяці підтверджується результатами Кузьміна П.А. та інших за дії автотранспорту на зелені насадження [138].

Каротиноїди виконують протекторну функцію, запобігаючи руйнуванню молекул хлорофілу на світлі у процесі фотоокислення. Фотопротекторна функція полягає у тому, що жовто-червоні пігменти захищають реакційний центр від потужних потоків енергії при високих інтенсивностях світла [11, 26, 38].

За результатами проведених досліджень, встановлено, що на ділянках житлової забудови вміст каротиноїдів у листках модельних екземплярів збільшується порівняно з контролем, однак ступінь збільшення залежить від стійкості рослин (рис.4.2). У стійких видів (*P. simonii*, *P. × canadensis*, *Robinia pseudoacacia*) вміст каротиноїдів майже не відрізняється впродовж вегетації на проспекті Київському (м.т. 1) та у парку ім. О.С. Щербакова ( м.т. 2). Встановлена закономірність свідчить про високу стійкість деревних рослин до умов урбаносередовища. У *A. pseudoplatanus* та *A. negundo*, що зростають у парку, концентрація жовто-червоних пігментів на 30 – 35 % збільшується порівняно з м.т. 9, що вказує на достатній рівень адаптації цих видів до умов урбаносередовища. Значне зростання каротиноїдів у вуличних та паркових насадженнях відмчено у *Acer platanoides*, *Syringa vulgaris* та *Tilia cordata*, що є менш стійкими.

Співвідношення суми хлорофілів до каротиноїдів ( $a+b/\text{кар.}$ ), як правило, постійне в нормі та швидко реагує на зміни середовища, тому використовується як показник пристосованості рослин до екстремальних умов [70]. У наших дослідженнях це співвідношення коливалось від 2 до 6 на моніторинговій точці №1, де антропогенне навантаження було найвищим. Для дерев, що зростають у парку показник  $(a+b)/\text{кар.}$  коливався від 4 до 9. У контролі це співвідношення становило в середньому 8 (рис. 4.1). На забруднених ділянках збільшується кількість каротиноїдів, тому зменшується  $(a+b)/\text{кар.}$  Такі зміни цього показника вказують на стресовий стан деревних рослин в умовах техногенного забруднення, що підтверджує протекторну роль каротиноїдів.

В умовах урбаносередовища у вуличних та паркових насадженнях функціональний стан деревних рослин гірший порівняно з контролем, що

підтверджується зниженням вмісту хлорофілів та зростанням каротиноїдів. Сумарна кількість хлорофілів знижується у дерев паркових насаджень на 20–30 %, тоді як у вуличних – на 40–50 % порівняно з чистою ділянкою. Вміст каротиноїдів на м.т. №2 збільшується до 30 %, а на м.т. №1 – до 50 %. У високостійких видів деревних рослин (*P. simonii*, *P. × canadensis*, *Robinia pseudoacacia*) ці зміни є менш критичними, порівняно з середньостійкими та нестійкими видами (*Acer pseudoplatanus*, *A. negundo*, *A. platanoides*, *Syringa vulgaris* та *Tilia cordata*).

Таким чином, у паркових насадженнях забруднення впливає на рослини, що підтверджується, змінами у складі пігментного апарату листків, однак у вуличних насадженнях зменшення вмісту хлорофілів та зростання каротиноїдів у досліджених видів є більш суттєвим. У високостійких видів деревних рослин (*P. simonii*, *P. × canadensis*, *Robinia pseudoacacia*) ці зміни є менш критичними, порівняно з середньостійкими та нестійкими видами (*A. pseudoplatanus*, *A. negundo*, *Acer platanoides*, *Syringa vulgaris* та *Tilia cordata*). Парк ім. О.С. Щербакова, не дивлячись, на те, що це великий лісопарковий масив, використовувати у якості умовного контролю, є недоцільним, оскільки встановлено суттєвий вплив урбанізованого середовища на функціональний стан деревних рослин, оскільки парк оточений комплексом компонентів промислового міста.

#### 4.2 Пилеосаджуюча здатність рослин

Зелені насадження відіграють значну роль у санації повітря великого міста. Листки першими приймають низхідні потоки з атмосфери, вловлюючи тверді частки, що містяться у повітрі [9, 76].

З метою вивчення пилеосаджуючої здатності деревних насаджень, досліджували 11 видів деревних рослин на моніторингових точках №1 (пр. Київський) та № 9 (с. Тоненьке). Дослідження проводили протягом вегетаційного періоду 2011 року з травня до вересень. Кількість пилу,

акумульованого листками розраховували за добу в середньому за вегетаційний період. Щомісячні результати наведено у додатках (додатки, табл. А.3).

За літературними даними відомо, що пилеосаджуюча здатність залежить від форми та структури листкової пластинки. Більше пилу затримують лопатеві, розсічені та роздільні листки. Велике значення має форма краю листка. На листках з зубчастим та пилястим краєм затримується більше пилу, ніж на цілюнокраїх листках [29, 181, 345]. Максимальне осадження пилу на одиницю площі листка у чистому місці зафіксовано у видів р. *Populus*, з цілюнокраєю пластинкою (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Кількість пилу на листових пластинках за добу та площа листків деревних рослин (середнє за вегетацію)

| Вид                                   | Моніторингові точки                |                                             |                                       |                                             |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                       | м.т. 1                             |                                             | м.т. 9                                |                                             |
|                                       | площа<br>листка (см <sup>2</sup> ) | вміст пилу (г/м <sup>2</sup> )              | площа<br>листка<br>(см <sup>2</sup> ) | вміст пилу (г/м <sup>2</sup> )              |
| <i>Acer platanoides</i>               | 328,9±7,53                         | 0,6±0,02                                    | 249,3±8,98                            | 0,1±0,02                                    |
| <i>A. pseudoplatanus</i>              | 97,9±4,49*                         | 0,1±0,01                                    | 95,6±4,25                             | 0,05±0,005                                  |
| <i>A. negundo</i>                     | 86,5±4,85*                         | 0,1±0,005                                   | 84,9±0,19                             | 0,06±0,002                                  |
| <i>Betula pendula</i>                 | 18,6±0,38                          | $0,4 \times 10^{-3} \pm 0,2 \times 10^{-5}$ | 16,9±0,54                             | $0,2 \times 10^{-3} \pm 0,4 \times 10^{-5}$ |
| <i>Junglans regia</i>                 | 290,8±18,9                         | 0,15±0,009                                  | 269,9±18,65                           | 0,01±0,02                                   |
| <i>Padus avium</i>                    | 29,2±0,44                          | $0,4 \times 10^{-2} \pm 0,5 \times 10^{-3}$ | 25,5±0,58                             | $0,3 \times 10^{-3} \pm 0,4 \times 10^{-4}$ |
| <i>Populus</i> ×<br><i>canadensis</i> | 49,3±1,38                          | 1,5±0,08                                    | 45,3±1,54                             | 0,8±0,05                                    |
| <i>P. simonii</i>                     | 29,8±1,63                          | 0,96±0,11                                   | 26,2±1,76                             | 0,6±0,04                                    |
| <i>Robinia<br/>pseudoacacia</i>       | 119,7±0,73                         | 0,6±0,08                                    | 116,2±0,77                            | 0,4±0,03                                    |
| <i>Syringa vulgaris</i>               | 59,4±1,07*                         | 0,8±0,07                                    | 57,6±0,84                             | 0,5±0,06                                    |
| <i>Tilia cordata</i>                  | 55,0±1,66                          | 0,9±0,01                                    | 53,9±1,23                             | 0,6±0,05                                    |

Примітки. \* – різниці в порівнянні з контролем (моніторингова точка №9) не достовірні при  $p > 0,05$ .

Ефективність вловлювання пилу кожним конкретним деревом, окрім морфологічних особливостей листкових пластинок визначається також ажурністю та ступенем розвитку крони. Види, що виявили високу пилозатримуючу здатність є великими деревами з конусоподібною кроною, наприклад, представники р. *Populus*. Чагарники також відіграють значну роль в очищенні повітря від пилу. Так, листки *S. vulgaris* у лінійних насадженнях на м.т. 9 (табл. 2.1) вловлюють кількість пилу, на одному рівні з *Populus simonii*, що пояснюється щільною структурою лісосмуги. При зімкненні крон на одиницю листової поверхні осідає більша кількість пилу, ніж на дерево, що зростає на відкритому місці, оскільки рослинність пригнічує рух повітря та зменшує його турбулентність, що сприяє седиментації пилу.

Фільтруюча здатність деревних рослин залежить від погодних умов, адже пилові частки можуть змиватися. Найбільшу кількість пилу зафіксовано на листках досліджених видів деревних рослин у липні та серпні при мінімальній кількості опадів (додатки, табл. А.3). У вересні та жовтні, зі збільшенням вологості повітря за рахунок опадів та туманів, тверді частинки змиваються з листкових поверхонь. Закономірність спостерігалась у видів на обох ділянках.

Згідно отриманих даних, середня кількість пилу, що вловлюється листками міських дерев (м.т. 1) достовірно більша, ніж поза містом (м.т 9). Так, у *Acer platanooides*, що зростає у рядових насадженнях понад дорогою, кількість пилу була у 6 разів вищою ніж поза містом (табл. 4.). Різниця у кількості пилу на листках деревних рослин на моніторингових точках, головним чином, пов'язана з забрудненням повітря на м.т. 1. Кількість пилу у повітрі на пр. Київському у рік дослідження перевищувала ГДК у 1,7 рази (табл. 2.3). На м.т. 1 листки *Populus × canadensis*, *P. simonii*, *R. pseudoacacia*, *S. vulgaris*, *T. cordata* вловлюють від 1,6 до 1,5 разів більше пилу порівняно з чистою ділянкою. Суттєве значення у фільтруючій здатності деревних рослин відіграє структура насадження. У вуличних насадженнях види, з високою пилозатримуючою здатністю, зростають у рядових насадженнях, тоді як у лісосмузі с. Тоненьке ці види розташовані більш розріджено.

Таким чином, основними чинниками, які впливають на пилозатримуючу здатність дерев та чагарників, є видові особливості рослин, погодні умови та структура насадження. В урбаносередовищі суттєву роль в осіданні кількості пилу на листках досліджених видів відіграє забруднення повітря. *Populus × canadensis*, *P. simonii*, *R. pseudoacacia*, *S. vulgaris* та *T. cordata* є видами з високою фільтруючою здатністю.

### 4.3 Антимікробна дія деревних рослин

Деревні рослини, завдяки виділенню летких органічних речовин, що володіють бактерицидною здатністю, очищують міське повітря від шкідливих мікроорганізмів, тому антимікробна дія є активною складовою сануючої здатності деревних рослин.

Антимікробну активність (АА) вивчали у вуличних та паркових насадженнях (м.т. 1 та м.т. 2), контроль – лісозахисні смуги (м.т. 9), у 8 видів деревних рослин, для яких попередньо встановили функціональний стан за допомогою складу пігментного апарату листків впродовж вегетаційного сезону у 2012 р. Результати досліджень за вегетаційний період наведено у додатку (додатки, табл. А.4).

Антимікробну активність виду вважали дуже високою, якщо середній показник його фітонцидності за вегетаційний період коливається від 81 % до 100 % загибелі колоній тест-культур (*Bacillus subtilis* та *Escherichia coli*), високою – від 61 до 80 %, середньою – від 45 до 60 % та низькою від 44 % [69, 219].

У контролі (с. Тоненьке, м.т. 9) антимікробна активність досліджених видів змінювалась залежно від погодних умов та функціонального стану рослини. Для більшості видів у 2012 р. виявлено літній тип фітонцидності, за винятком *A. pseudoplatanus*, *A. negundo* та *R. pseudoacacia* (рис. 4.3). Леткі органічні речовини (ЛОР) листків двох останніх видів восени призводять до загибелі колоній тест-організмів до 80%. *A. pseudoplatanus* спричинює однакову антимікробну дію у липні та вересні.

Провідна роль під час утворення ЛОР, окрім метеорологічних умов, належить стану рослини. У літні місяці сума хлорофілів збільшувалась, її максимальний показник відповідав максимуму антимікробної дії у *A. platanoides*, *R. pseudoacacia* та *Tilia cordata*. Так, у *T. cordata* на моніторинговій точці 9 цей показник ( $a + b$ ) у серпні склав  $6,7 \pm 0,13$  мг/г сирої речовини, а ФА його листків – 77,5 % та 78,4 % відповідно до тест-культур (*B. subtilis* та *E. coli*), що відповідає максимальній антимікробній дії впродовж вегетації цього виду.

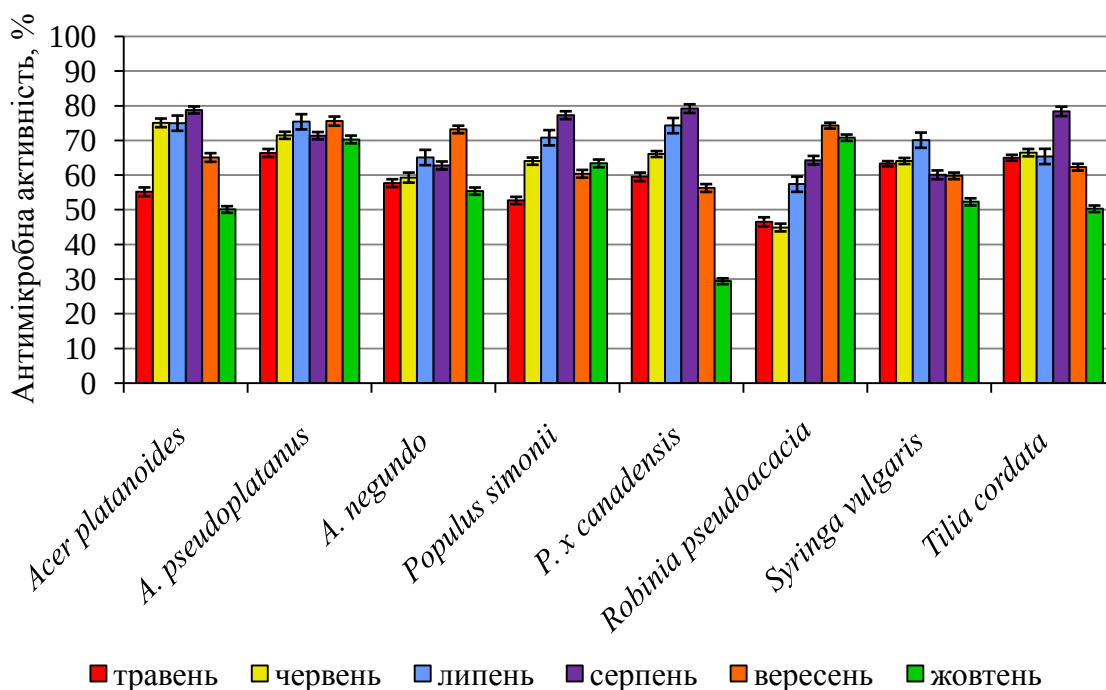


Рис. 4.3 Антимікробна активність листків деревних рослин на м.т 9

На м.т. 1 та м.т. 2 динаміка антимікробної дії була подібною з м.т. 9. В умовах урбаносередовища у вуличних та паркових насадженнях функціональний стан деревних рослин гірший, порівняно з чистою ділянкою, що підтверджується зниженням вмісту хлорофілів та зростанням каротиноїдів (рис. 4.4).

У стійких та середньостійких видів до умов урбаносередовища вмикаються захисні механізми. Забруднення повітря на м.т. 1 та м.т. 2 сприяє підвищенню антимікробної дії. При максимумі АА у *Populus simonii* на проспекті

Київському (м.т. 1) антимікробна дія була вищою на 9,5 % порівняно з контролем, тоді як у парку (м.т. 2) на 5 %.

Для *Tilia cordata*, що є не стійкою до умов урбаносередовища, вмикається зворотний механізм. Під дією ксенобіотиків виділяється менша кількість ЛОР, що може пояснюватись, як дією окремих речовин на механізм синтезу ЛОР, так і закриттям продихів твердими частками, що обмежує виділення вторинних летких метаболітів назовні.

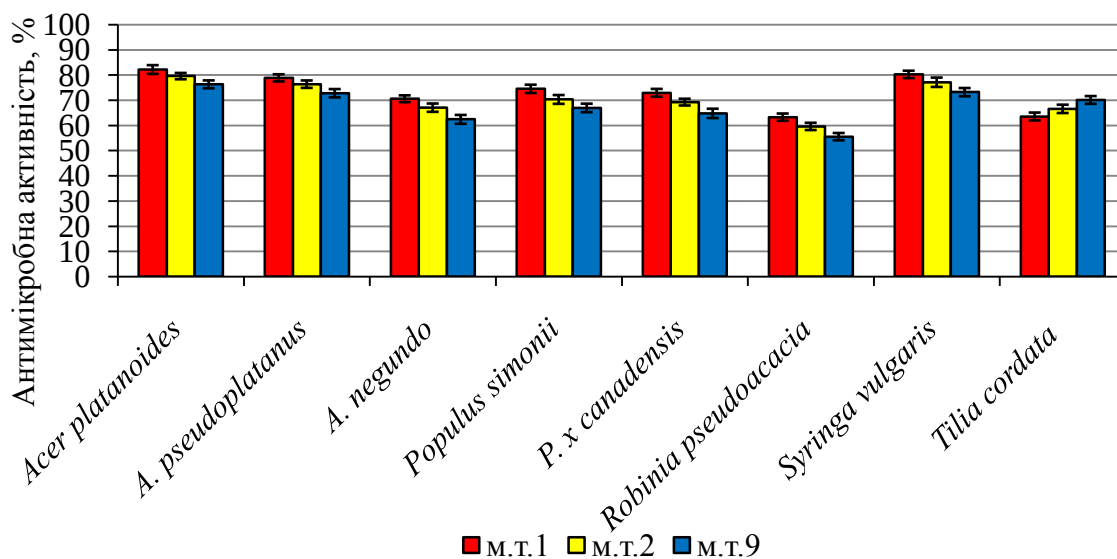


Рис. 4.4. Антимікробна дія деревних рослин по відношенню до тест-культури *Escherichia coli* на моніторингових точках у серпні

Вплив факторів урбаносередовища на фітонцидну дію деревних рослин підтверджено кореляційним зв'язком із запиленістю листкових пластинок. *Populus simonii*, *Robinia pseudoacacia* та *Syringa vulgaris* виявляють високі показники антимікробної дії та пилотримуючої здатності: зі збільшенням запиленості листків антимікробна здатність летких органічних речовин цих видів зростає. Коефіцієнт кореляції між антимікробною дією ЛОР листків та кількістю пилу на них у цих видів склав 0,8–0,6. У цих же видів виявлено і максимальну антимікробну дію, що дає підстави розглядати пилеосаджуючу здатність, як пасивну характеристику сануючої здатності, оскільки осідання пилу сприяє локалізації мікроорганізмів на листкових пластинках деревних рослин.

За результатами досліджень встановлено, що найбільш вагомий внесок в очищенні середовища від мікроорганізмів дає фітонцидна складова сануючої функції деревних рослин.

## РОЗДІЛ 5. ФІТОНЦИДНА АКТИВНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН РІЗНИХ ТИПІВ НАСАДЖЕНЬ

### 5.1 Протистоцидна активність деревних рослин насаджень парків та транспортних магістралей м. Донецьк

#### 5.1.1 Протистоцидна активність деревних рослин парків

Парки є важливим містобудівним елементом, за рахунок якого формується ефективна рекреаційна система [32, 326]. Досліджено протистоцидну дію листків деревних рослин (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Populus bolleana*, *P. simonii*, *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*) масивних насаджень трьох найбільших парків міста. Вегетативні органи деревних рослин зазнають значного негативного впливу факторів середовища, крім того листки досягають зрілого віку до середини літа, тому дослід було закладено у серпні, що дозволить вподальшому порівняти фітоцидну активність видів однакових типів насаджень.

У паркових насадженнях встановлено досить високий рівень життєвого стану деревних рослин, оцінений у 6 та 7 балів, при максимумі 8 балів, за шкалою Л.С. Савельєвої (рис. 5.1).

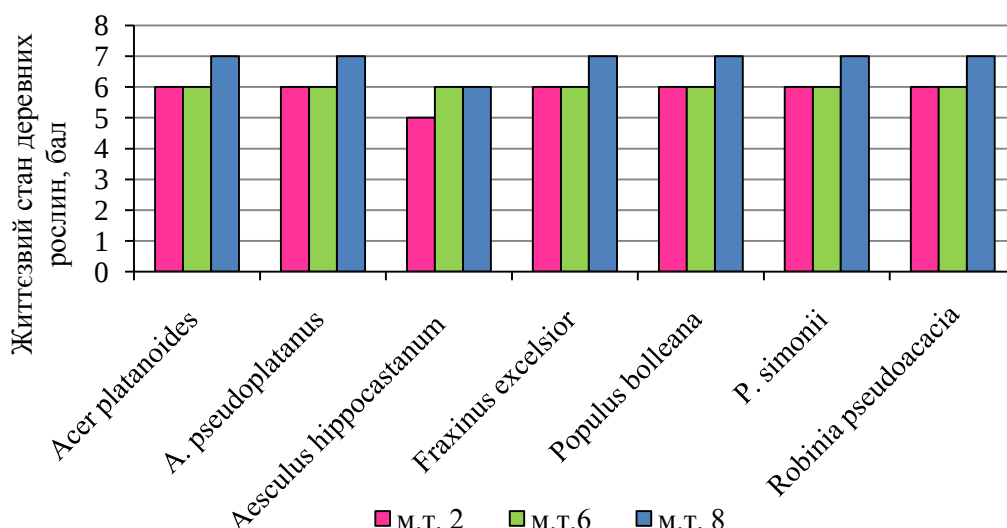


Рис. 5.1 Життєвий стан досліджених видів масивних насаджень зони рекреації

У масивних насадженнях з низьким рівнем фонового забруднення, умовний контроль (м.т. 8), найбільш активними видами за протистоцидною

активністю є *Acer platanoides* та *Aesculus hippocastanum* (табл. 5.1). На м.т. 2 життєвий стан досліджених видів знижується до 6 балів, а протистоцидна активність зростає, що свідчить про активацію захисних сил організму. У високо- та середньостійких видів (*Acer platanoides*, *Populus simonii*, *Robinia pseudoacacia*), протистоцидність збільшується порівняно з контролем, як реакція на зростання фонового забруднення середовища.

Таблиця 5.1

Протистоцидна активність деревних рослин (хв.<sup>-1</sup>)

| Вид                           | м.т. 2     | м.т. 6     | м.т. 8      |
|-------------------------------|------------|------------|-------------|
| <i>Acer platanoides</i>       | 14,59±0,59 | 11,52±0,75 | 9,02±0,27   |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | 8,61±0,15  | 8,39±0,34  | 7,41±0,11   |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 8,22±0,48  | 11,77±0,26 | 14,01 ±0,56 |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | 6,18±0,12  | 5,38±0,32* | 5,09±0,12   |
| <i>Populus bolleana</i>       | 7,81±0,22  | 7,35±0,25  | 6,12±0,52   |
| <i>P. simonii</i>             | 12,27±0,31 | 9,41±0,37  | 8,73±0,22   |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>   | 10,74±0,47 | 8,63±0,41* | 8,47±0,43   |

Примітка. \* – різниця в порівнянні з контролем (м.т. 8) не достовірна при  $p > 0,05$ .

У малостійких (*Fraxinus sexcelisior*, *A. pseudoplatanus*, *Populus bolleana*) ФА залишається майже на рівні з м.т. 8, або навіть знижується (*Aesculus hippocastanum*), що обумовлено послабленням деревних рослин.

На усіх досліджених точках у повітрі відмічено домішки, притаманні фоновому забрудненню житлової забудови (оксид вуглецю, оксиди азоту та вуглеводні), окрім м.т. 2 (табл. 2.3). В цілому умови м.т. 2 сприятливі для росту та розвитку дерев, тому що це великий масив, однак у повітряному середовищі парку у досліджені роки зареєстрований сірчаний ангідрид (SO<sub>2</sub>), який за літературними даними стимулює антимікробну активність видів деревних рослин [230]. Наявність двоокису сірки обумовлена місцеположенням м.т. 2. Парк розташований у районі з інтенсивним рухом транспорту, крім того, на відстані 5 км знаходиться Донецький металургійний завод.

Таким чином, протистоцидна активність 6 видів високо- та середньо стійких деревних рослин зростає на ділянках з великою інтенсивністю факторів забруднення, внаслідок високої урбанізації середовища.

### **5.1.2 Протистоцидна активність деревних рослин транспортних магістралей**

Протистоцидні властивості 7 видів (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Populus bolleana*, *P. simonii*, *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*), що зростають біля залізничної колії (моніторингова точка № 7) були порівняні з фітонцидністю деревних рослин вздовж проспекту Київського (моніторингова точка № 1). Умовним контролем вважали ділянки Донецького ботанічного саду (моніторингова точка № 8) (табл. 2.1). Під час проведення експерименту вивчали однакові види у лінійних насадженнях транспортних магістралей та масивних паркових насадженнях, що дало можливість порівняти вплив структури насаджень на сануючу здатність деревних рослин.

Залізничний транспорт, особливо при широкому впровадженні сучасного дизельного рухомого складу, володіє суттєвими екологічними перевагами у відношенні корисного використання енергії та виділення вуглекислого газу. Проте дизельні потяги мають гірші показники, порівняно з бензиновими двигунами сучасних автомобілів. У зв'язку з цим питання порівняння фітонцидної активності деревних рослин, що зростають вздовж залізничної колії та автомагістралі є актуальним.

Для дерев на моніторинговій ділянці № 1 було характерно початкове всихання верхівкового приросту, а у дерев, що зростають на моніторинговій точці №7, спостерігали всихання окремих бічних гілок (рис. 5.2). Відповідно, для дерев вздовж проспекту Київського протистоцидна активність (ПА) була вищою, порівняно з залізничною колією, що можна зв'язати з мобілізацією сил рослин при ослабленні життєздатності. Життєвий стан дерев лінійних насаджень транспортних магістралей (м.т. №1 та м.т. №7) знижується до 5 балів порівняно з парковими масивами, а протистоцидна активність зростає. Викиди

від автомобільного та залізничного транспорту неоднаково впливають на фітонцидні властивості досліджених видів. Для діоксиду азоту, що виділяється під час роботи двигунів автомобільного транспорту, встановлена стимулююча дія на виділення летких органічних речовин деревними рослинами [292, 293].

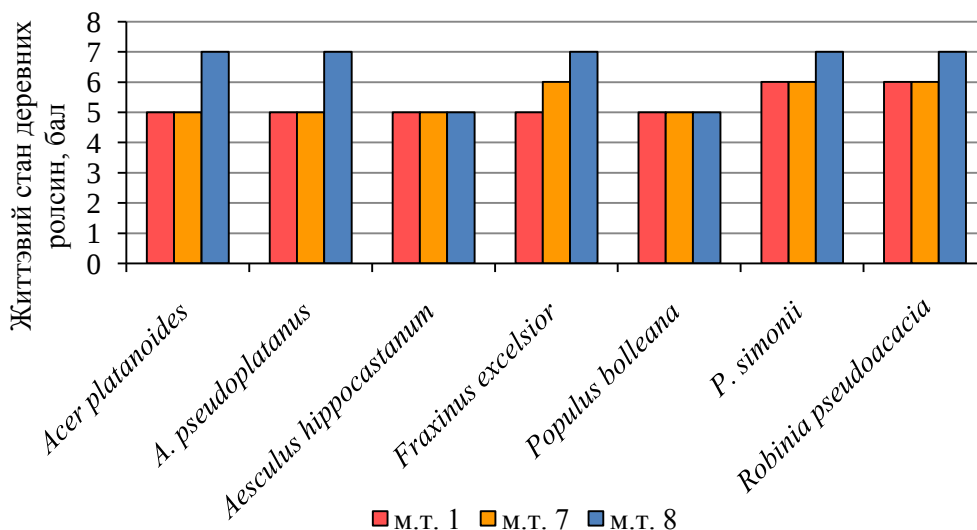


Рис. 5.2 Життєвий стан досліджених видів лінійних насаджень транспортних магістралей

У лінійних насадженнях відзначено подібну тенденцію зміни протистоцидності залежно від стійкості деревних рослин, як і в масивних. Виключенням з цієї закономірності є *Acer pseudoplatanus*, у якого зі зниженням життєвого стану протистоцидність зростає (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Протистоцидна активність деревних рослин (хв.<sup>-1</sup>)

| Вид                           | м.т. 1     | м.т. 7     | м.т. 8     |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| <i>Acer platanoides</i>       | 20,04±0,48 | 16,41±0,67 | 11,12±0,27 |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | 13,29±0,36 | 9,53±0,31  | 7,65±0,11  |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 9,19±0,62  | 10,22±0,71 | 13,12±0,56 |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | 7,12±0,34  | 6,04±0,45* | 5,65±0,12  |
| <i>Populus bolleana</i>       | 9,32±0,51  | 6,91±0,57* | 6,35±0,52  |
| <i>P. simonii</i>             | 12,78±0,74 | 11,52±0,87 | 9,14±0,22  |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>   | 13,74±0,75 | 7,93±0,63* | 8,52±0,43  |

Примітка. \* – різниця в порівнянні з контролем (м.т. 8) не достовірна при  $p > 0,05$ .

Протистоцидна дія листків *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Populus bolleana*, *P. simonii*, *Robinia pseudoacacia* збільшується під

впливом викидів автотранспорту, тоді як для *A. hippocastanum* характерне зниження фітонцидності під дією забруднюючих речовин, що пояснюється його нестійкістю до газоподібних викидів.

У лінійних насадженнях умови зростання більш жорсткі порівняно з масивом (вітер, сонячна радіація, більший тиск техногенного навантаження), що підтверджується змінами фітонцидності. Так, наприклад, у середньостійкого виду *A. platanoides* протистоцидність зростає у алейних насадженнях умовного контролю (м.т. 8), порівняно з масивом. У нестійкого виду *A. hippocastanum* протистоцидна активність, навпаки знижується у алейних, та зростає у групових насадженнях Донецького ботанічного саду.

Таким чином, шкідливі речовини, що виділяються при роботі двигунів автомобільного та залізничного транспорту, стимулюють протостоцидну активність вивчених видів, окрім *A. hippocastanum*.

## **5.2 Антимікробна активність деревних рослин санітарно-захисних зон підприємств**

### **5.2.1 Новокраматорський машинобудівний завод**

Об'єктами дослідження були *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus × canadensis*, *Tilia cordata* та *Picea pungens*, що зростають у санітарно-захисній зоні Новокраматорського машинобудівного заводу (м.т. 12). У якості контролю вважали ділянки у парку Ювілейний (м.т. 13). За попередніми дослідженнями встановлено, що саме у літні місяці у листяних та хвойних видів деревних рослин спостерігається максимальна антимікробна дія, тому дослід був закладений у серпні 2013 р.

Життєвий стан досліджених деревних видів знижується до 6 балів на м.т. 12 (рис. 5.3). Для них було характерно послаблення росту в висоту, початок всихання верхівкового приросту, ріст на «розетку». Листки *R. pseudoacacia* та *T. cordata* були вражені хлорозом.

Досліджені види деревних рослин, окрім *Tilia cordata* та *Picea pungens*, проявили вищу антимікробну дію на м.т. №12.

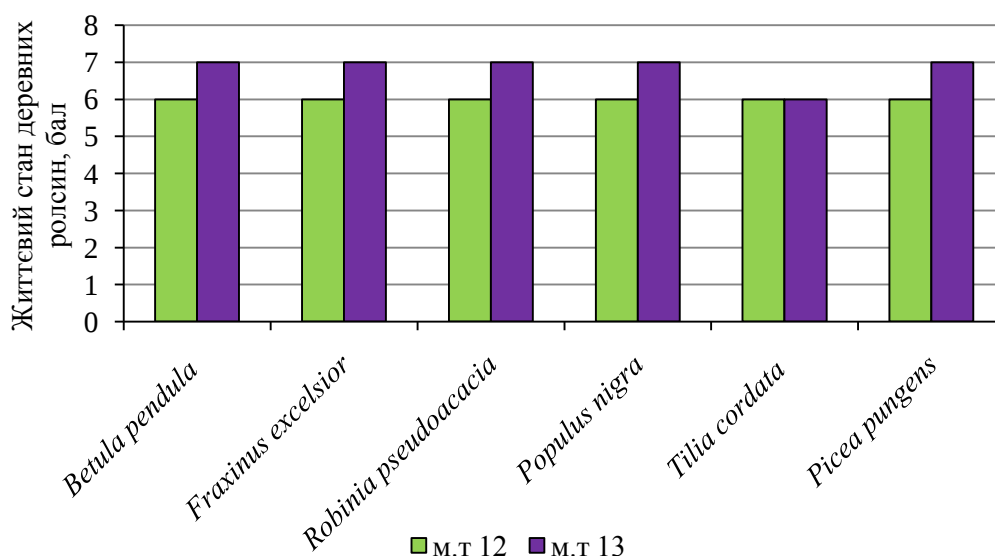


Рис. 5.3 Життєвий стан деревних рослин у санітарно-захисній зоні Новокаматорського машинобудівного заводу

У серпні 2013 р. у м. Каматорськ спосерігався третій період посухи (табл. 3.5, рис. 3.2), що спричинило зростання антимікробної дії досліджених видів деревних рослин. Найвищу антимікробну активність виявив *Fraxinus excelsior*.

Таблица 5.3

Антимікробна активність листків деревних рослин санітарно-захисної зони Новокаматорського машинобудівного заводу

| Вид                         | Тест-мікроорганізми                    |                      |                                      |                      |
|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                             | <i>Bacillus subtilis</i><br>IMB B-7018 |                      | <i>Escherichia coli</i><br>УКМ B-926 |                      |
|                             | м.т 12                                 | м.т 13<br>(контроль) | м.т 12                               | м.т 13<br>(контроль) |
| <i>Betula pendula</i>       | 54,51±1,06                             | 52,21±0,75           | 42,49±0,90                           | 40,73±0,53           |
| <i>Fraxinus excelsior</i>   | 71,78±0,54                             | 68,72±0,78           | 77,71±0,85                           | 73,31±1,15           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 70,77±0,85                             | 62,19±0,74           | 77,33±0,60                           | 74,12±0,91           |
| <i>Populus × canadensis</i> | 56,72±0,71*                            | 54,31±0,56           | 67,22±0,84                           | 62,63±0,96           |
| <i>Tilia cordata</i>        | 65,91±0,92                             | 68,33±0,79           | 75,41±0,91*                          | 76,21±1,03           |
| <i>Picea pungens</i>        | 73,04±0,67                             | 68,71±1,78           | 56,69±1,30                           | 64,48±1,47           |

Примітки. \* – різниця в порівнянні з контролем не достовірна при  $p > 0,05$

Показник ФА ясена на дослідній ділянці склав  $77,7 \pm 0,85$  % по відношенню до *E. coli*. Найбільшу різницю між показниками антимікробної активності на дослідній та контрольній моніторингових точках виявляє *Robinia*

*pseudoacacia*. По відношенню до *B. subtilis*, різниця склала 8,5, що пов'язано більшим ослабленням цього виду порівняно з іншими. Відносно обох тест-культур вірогідно нижчу різницю з контролем зафіксовано у *Picea pungens* та *Tilia cordata*. Для інших видів встановлено тенденцію до підвищення ФА в умовах дії токсичних речовин підприємства.

Зростання антимікробної активності деревних рослин на м.т. 12 пояснюється не лише, зниженням життєвого стану рослин, порівняно з контролем, але й складом повітря. У повітрі Новокраматорського машинобудівного заводу пилю та NO<sub>2</sub> менше, ніж у повітрі санітарно-захисних зон металургійних заводів, однак вміст формальдегіду перевищує ГДК у 3,7 рази у рік дослідження (табл. 2.3). За даними Рощиної В.В. формальдегід стимулює виділення терпеноїдів [203]. Однак, не значно, тому ФА не набагато вище порівняно з чистими ділянками.

### 5.2.2 Донецький металургійний завод

Антимікробну активність деревних рослин у зоні дії металургійного виробництва в умовах Донбасу раніше вивчено не було. З метою визначення ступення фітонцидності за дії поллютантів цієї галузі промисловості досліджено антимікробну дію видів насаджень санітарно-захисної зони Донецького металургійного заводу (моніторингова точка №3), що порівняно з контролем – ділянками Донецького ботанічного саду НАН України (моніторингова точка №8) (табл. 2.1).

Об'єктом дослідження були *Acer negundo* L., *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Populus bolleana* Lauche, *P. × canadensis* Moench, *P. simonii* Carrière, *Syringa vulgaris* L. та *Robinia pseudoacacia* L. Антимікробну активність визначали вищезазначеним методом «опарення» ЛОР листків досліджених видів колоній тест-культур протягом вегетаційного періоду (квітень – жовтень) 2012 рр. Результати досліджень наведено в додатках, у таблиці А.5. Для аналізу отриманих даних виділили місяці з найвищою фітонцидністю у різні пори року – травень, серпень та вересень. Однак, у

*Populus simonii* у квітні та жовтні, у *Populus bolleana*, *P. × canadensis* та *Acer negundo* – у липні відмічено максимальну антимікробну дію для цієї пори року, тому у таблицях 5.4 та 5.5 наведено результати за квітень, травень, липень, серпень, вересень та жовтень.

Для встановлення впливу техногенних чинників (забруднення середовища) та природних (температура повітря) проведений дисперсійний аналіз отриманих результатів.

В зоні дії металургійного виробництва зелені масиви зазнають значного стресу, тому антимікробна активність дерев зростає зі зниженням життєвого стану. У дерев насаджень м.т. №3 та №10, спостерігається всихання окремих бічних та скелетних гілок, що відповідає від 6 до 4 балів за шкалою життєздатності (рис. 5.4).

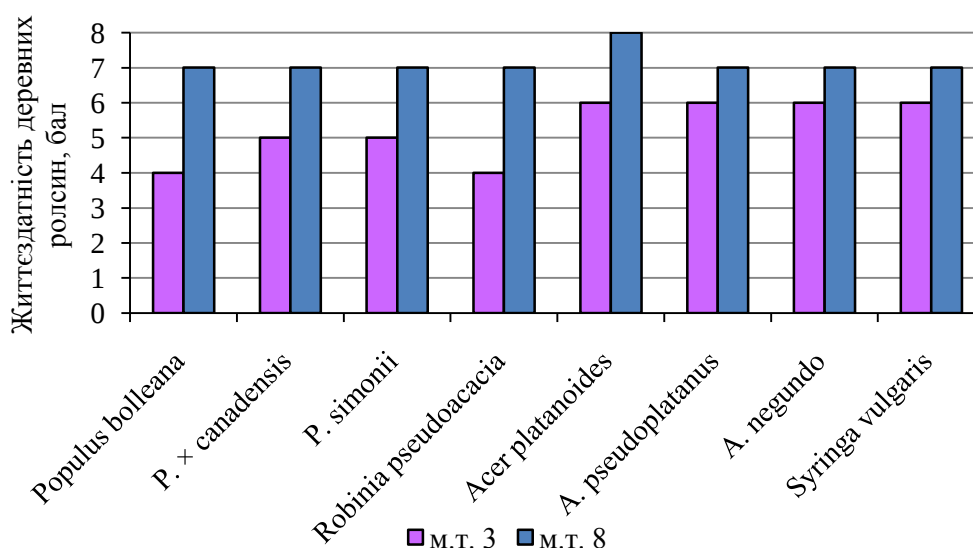


Рис. 5.4 Життєвий стан досліджених видів у санітарно-захисній зоні Донецького металургійного заводу

Ступінь антимікробної активності рослин залежить не тільки від їх видової приналежності та фенологічної фази сезонного розвитку, але також від життєвого стану рослинного організму. На Донецькому металургійному заводі ГДК з пилу перевищує норму у 2,5 рази. У дерев, санітарно-захисної зони металургійного заводу (м.т. 3), спостерігався початок всихання верхівкового приросту, бічних та окремих скелетних гілок. Найгірший стан характерний для

насаджень *Populus bolleana* та *R. pseudoacacia*, що оцінені у 4 бали за шкалою Л.С. Савельєвої.

Для представників роду *Populus* L. відмічено всихання окремих скелетних гілок та масове всихання верхівкового приросту на моніторинговій точці №3, що відповідає 4 балам. Виявлена тенденція до збільшення антимікробної дії, залежно від моніторингової точки та стану дерева. Так, антимікробна дія листків *Populus bolleana*, під дією металургійного виробництва влітку, по відношенню до *E. coli* склала 78,4 %, у контролі цей показник дорівнював 74,1 %. Життєвий стан екземплярів *R. pseudoacacia* на моніторинговій точці №3 був оцінений у 4 бали та у контролі у 7 балів. ФА біля заводу у *R. pseudoacacia*, по відношенню до *E. coli*, восени була найвищою (78,5 %), тоді як на контрольній точці антимікробна дія листків цього виду була нижчою у 1,13 рази. Представники р. *Acer* L. знаходились у задовільному стані. Співробітниками Донецького ботанічного саду *Acer platanoides* був віднесений до найбільш стійких та життєздатних видів у вуличних насадженнях м. Донецька [104], що відповідає отриманим результатам. *Robinia pseudoacacia* та *Acer negundo* є інтродуцентами з Північної Америки, однак використовуються в озелененні вже довгий час. *Syringa vulgaris* є стійкою до умов міського середовища. Біля металургійного виробництва та автомагістралі життєздатність чагарника була оцінена у 6 балів. ФА *S. vulgaris* достовірно збільшувалась на моніторинговій точці №3, порівняно з контролем.

Аналіз видових особливостей виділень ЛОР листками вивчених рослин у різних типах насаджень показав, що у літній період листки *A. platanoides* на усіх ділянках здійснюють найбільшу антимікробну дію по відношенню до колоній *Escherichia coli*. Біля джерела забруднення даний вид виявив дуже високу ФА, в контролі він був віднесений до групи з високою фітонцидністю (табл. 5.4). Як відмічає М.В. Кочергіна [132, 133], в умовах Центрального Чорнозем'я Росії листки *A. platanoides* також характеризуються дуже високою та високою АА, що узгоджується з нашими даними.

*A. pseudoplatanus* на забруднених ділянках був віднесений до групи з високою АА. *A. negundo*, *P. simonii*, *P. × canadensis*, *S. vulgaris*, *R. pseudoacacia* поблизу дії джерел забруднення спричинювали високу антимікробну дію на тест-культури (табл. 5.4, 5.5). У весняний період антимікробні властивості ЛОР набубнявілих бруньок були нижчі в порівнянні з молодими листками (табл. 5.4, 5.5).

Таблиця 5.4

Антимікробна активність листків деревних рослин по відношенню до *Escherichia coli* УКМ В-926, % санітарно-захисної зони  
Донецького металургійного заводу

| Вид                         | Моніторингова точка № 3 |                    |                      | Моніторингова точка №8 (контроль) |                    |                      |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
|                             | квітень,<br>травень     | липень,<br>серпень | вересень,<br>жовтень | квітень,<br>травень               | липень,<br>серпень | вересень,<br>жовтень |
| <i>Populus bolleana</i>     | 73,51±1,48              | 82,39±1,45         | 78,91±1,49           | 63,42±1,56                        | 74,32±0,86         | 71,21±1,65           |
| <i>P. × canadensis</i>      | 70,52±1,52              | 80,09±1,78         | 69,82±2,41           | 61,31±1,83                        | 70,12±1,03         | 59,67±2,75           |
| <i>P. simonii</i>           | 69,13±1,24              | 87,31±1,31         | 72,54±1,21           | 61,19±1,47                        | 81,43±1,22         | 66,74±1,35           |
| <i>Acer negundo</i>         | 61,23±1,54              | 77,45±1,12         | 76,51±1,45           | 42,22±1,32                        | 65,31±1,80         | 73,24±1,72           |
| <i>A. platanooides</i>      | 68,71±2,36              | 87,2±1,36          | 75,01±1,49           | 55,17±1,75                        | 81,21±2,05         | 67,12±1,51           |
| <i>A. pseudoplatanus</i>    | 76,31±1,34              | 84,71±2,45         | 85,12±2,57           | 68,41±1,69                        | 78,72±1,70         | 79,71±0,30           |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 67,49±1,41              | 86,41±1,38         | 65,12±1,38           | 59,51±1,58                        | 81,11±1,67         | 56,31±1,45           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 52,28±1,62              | 73,38±1,54         | 84,52±1,56           | 37,38±1,46                        | 68,42±1,63         | 74,31±1,75           |

Примітка – різниця в порівнянні з контролем (моніторингова точка №8) при  $p \leq 0,05$  достовірна у всіх варіантах досліду

В подальшому з ростом листків фітонцидна активність збільшується, оскільки в цілому виділення рослинами летких органічних речовин залежить від ростових процесів та інтенсивності фотосинтезу. У період цвітіння (квітень – травень) (табл. 5.4, 5.5) досліджених деревних рослин підвищення антимікробної активності відмічено не було. У літній період, при досягненні нормальних розмірів, інтактні листки проявляли високу антимікробну дію по відношенню до тест-культур [63, 64]. Пік фітонцидної активності вивчених видів спостерігали у літній період (липень або серпень) при максимумі сонячної активності. У вересні найбільша ФА була відмічена у *Robinia pseudoacacia*. Для *A. pseudoplatanus* встановлено два піки фітонцидності – у

серпні та на початку жовтня, перед початком розцвічування листків (табл. 5.4, 5.5).

Таблиця 5.5

Антимікробна активність листків деревних рослин по відношенню до *Bacillus subtilis* IMB В-7018, % санітарно-захисної зони Донецького металургійного заводу

| Вид                         | Моніторингова точка № 3 |                    |                      | Моніторингова точка №8 (контроль) |                    |                      |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
|                             | квітень,<br>травень     | липень,<br>серпень | вересень,<br>жовтень | квітень,<br>травень               | липень,<br>серпень | вересень,<br>жовтень |
| <i>Populus bolleana</i>     | 74,32±1,28              | 80,82±1,65         | 70,48±1,32           | 65,91±1,47                        | 66,21±1,53         | 63,51±0,87           |
| <i>P. × canadensis</i>      | 71,27±1,34              | 80,14±1,36         | 70,58±1,24           | 63,33±1,58                        | 70,78±0,96         | 60,81±1,32           |
| <i>P. simonii</i>           | 67,80±1,46*             | 76,61±1,68*        | 67,59±1,54           | 63,31±2,35                        | 71,28±1,29         | 63,51±0,55           |
| <i>Acer negundo</i>         | 64,16±1,51*             | 74,81±1,36         | 75,11±1,33           | 61,22±0,89                        | 63,01±1,59         | 66,62±1,62           |
| <i>A. platanoides</i>       | 65,32±0,89              | 86,14±1,34         | 70,81±1,47           | 59,61±2,11                        | 79,12±1,32         | 68,41±1,85           |
| <i>A. pseudoplatanus</i>    | 74,12±0,47              | 79,82±1,56*        | 79,0±1,46            | 56,37±1,78                        | 73,58±1,85         | 72,51±1,96           |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 66,41±1,16              | 84,45±1,11         | 60,51±1,78           | 59,91±1,09                        | 80,63±1,36         | 53,41±1,49           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 59,38±1,02              | 77,81±0,85         | 80,12±2,36           | 56,39±1,33                        | 71,62±1,59         | 75,32±2,35           |

Примітки. \* – різниця в порівнянні з контролем (моніторингова точка №8) не достовірна при  $p > 0,05$

У стресових умовах зростання, при зниженні життєвих показників дерева, активізуються його захисні механізми. Антимікробні речовини є одними з факторів імунітету рослин, тому у дерев з обмеженою життєздатністю підвищується фітонцидна активність. З одного боку, зростання антимікробної дії листків на м.т. 3 обумовлено ослабленням деревних рослин, а з іншого боку, специфічністю забруднюючих речовин, наявних у повітрі моніторингової точки. Так, у роки досліджень на Донецькому металургійному заводі у повітрі було зафіксовано перевищення ГДК за  $\text{NO}_2$  у 3,8 рази у рік дослідження (табл. 2.3). На м.т. 3 підвищення антимікробної дії можна пояснити стимулюючою дією  $\text{NO}_2$ , що збільшує виділення рослинами ЛОР [45, 203, 292].

Дисперсійний аналіз показав, що на фітонцидну активність деревних рослин достовірно впливає: сезон (рівень значимості  $p=1,7 \times 10^{-5}$ ) та комплекс умов зростання (рівень значимості  $p=2,7 \times 10^{-4}$ ).

Виявлено достовірне зниження ФА в осінні та весняні місяці на обох моніторингових точках у *Acer platanoides*, *Populus bolleana*, *P. × canadensis* та

*Syringa vulgaris*. В умовах техногенного забруднення, під дією токсичних речовин фітонцидна активність деревних рослин зростала, що пов'язано з фізіологічними процесами в організмах рослин, що відбуваються у стресових умовах урбанізованого середовища.

### 5.2.3 Єнакіївський металургійний завод

Дослідження були проведені у м. Єнакієво, у санітарно-захисній зоні Єнакіївського металургійного заводу (м.т. 10), у якості контролю були відібрані мікрорайонні сади м. Єнакієво (м.т. 11). Об'єктами були види з високими та середніми фітонцидними властивостями: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Populus bolleana*, *Robinia pseudoacacia*, *Picea pungens*.

На моніторинговій точці № 10 (територія Єнакіївського металургійного заводу) модельні екземпляри дерев за шкалою М.В. Савельєвої були оцінені від 4 до 6 балів (рис. 5.5).

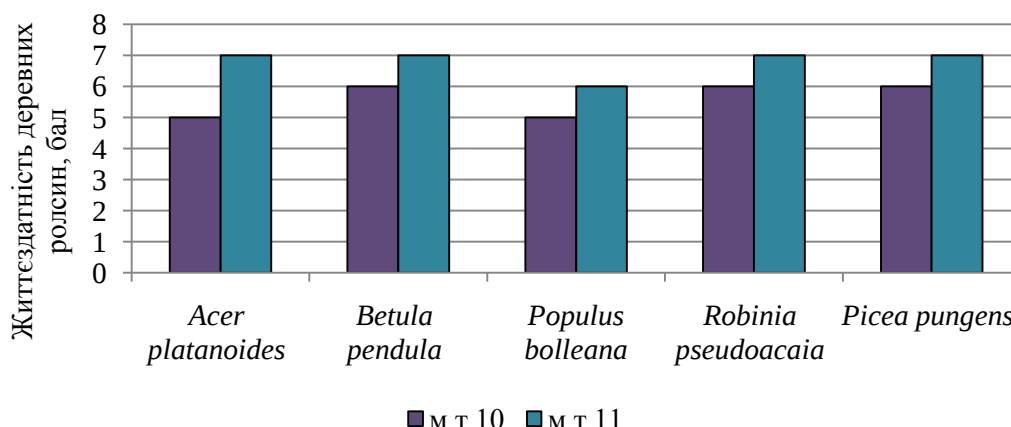


Рис. 5.5 Життєвий стан деревних рослин у санітарно-захисній зоні Єнакіївського металургійного заводу

Для екземплярів *A. platanoides* та *P. bolleana* відмічено всихання окремих бічних гілок та масове всихання верхівкового приросту. Древа *B. pendula* та *R. pseudoacacia* оцінені у 6 балів. На контрольній ділянці (м.т. 11) досліджені дерева були оцінені у 6 та 7 балів відповідно.

Найбільшого ослаблення зазнають *R. pseudoacacia* та *P. bolleana* на м.т. 3 (4 бали), тоді як на м.т. 10 життєвий стан цих видів оцінено у 6 балів. У серпні, в масивних насадженнях санітарно-захисної зони Донецького металургійного

заводу антимікробна дія ЛОР листків, досліджених видів деревних рослин, вище порівняно з Єнакієвським заводом (рис. 5.6).

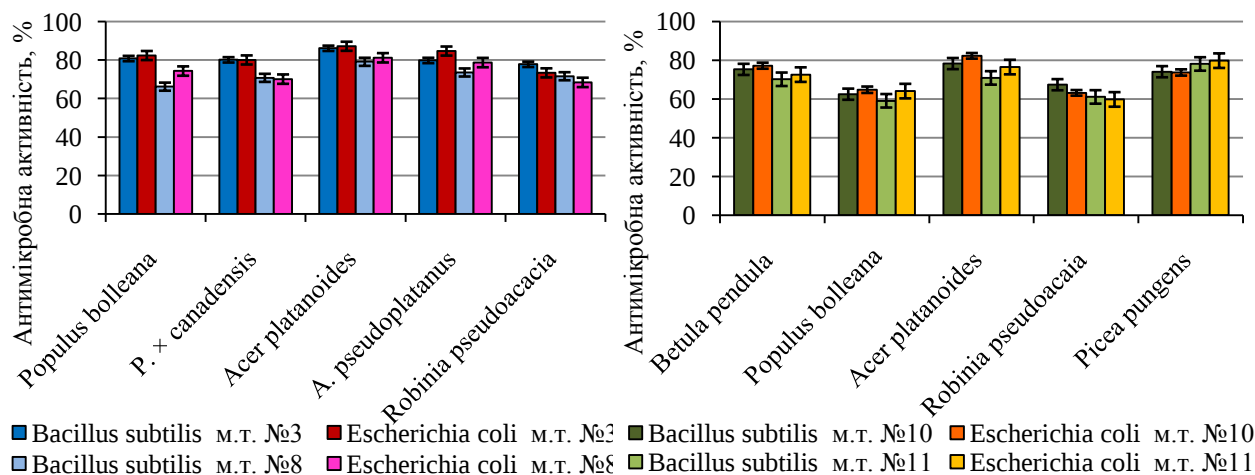


Рис. 5.6 Антимікробна активність деревних рослин у насадженнях Донецького (м.т. №3) та Єнакієвського металургійних заводів (м.т. №10) у серпні

Динаміка ФА за вегетаційний період досліджених видів була подібна зі змінами фітонцидності впродовж вегетації у рослин, що зростають на м.т. 3. Антимікробна дія ЛОР листків збільшується на обох моніторингових точках, з настанням ними нормальних розмірів, та знижується восени (табл. 5.6). Найвища ФА спостерігається у *Acer platanoides* – 82,3 % загибелі колоній *E. coli* у липні під час посухи. У цьому місяці випало 49 % опадів від норми (табл. 3.6, рис. 3.2). У вересні відбувається зниження антимікробної дії ЛОР, за виключенням *R. pseudoacacia*, у якої спостерігається пік ФА в цьому місяці, що пов'язано з гідротермічними умовами. У 2012 р. у жовтні був другий посушливий період, з перевищенням температури на +4,7 від норми, чим обумовлений другий пік антимікробної дії *R. pseudoacacia*.

Дисперсійний двохфакторний аналіз показав, що на ФА деревних рослин достовірно впливають: сезон (рівень значущості  $p=1,5 \times 10^{-5}$ ) та комплекс умов зростання (рівень значущості  $p=2,2 \times 10^{-4}$ ).

Таблиця 5.5

Антимікробна дія листків досліджених видів деревних рослин санітарно-захисної зони  
Єнакієвського металургійного заводу

| Вид                                             | Травень             |           | Червень    |           | Липень    |           | Серпень    |           | Вересень   |           |
|-------------------------------------------------|---------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                                                 | Моніторингові точки |           |            |           |           |           |            |           |            |           |
|                                                 | м.т 10              | м.т 11    | м.т 10     | м.т 11    | м.т 10    | м.т 11    | м.т 10     | м.т 11    | м.т 10     | м.т 11    |
| Тест-об'єкт <i>Escherichia coli</i> УKM B-926   |                     |           |            |           |           |           |            |           |            |           |
| <i>Acer platanoides</i>                         | 62,3±0,68           | 57,6±0,42 | 66,7±0,86  | 62,1±0,75 | 82,3±1,05 | 76,5±0,77 | 74,3±0,89  | 68,4±1,30 | 65,3±0,77* | 64,1±0,63 |
| <i>Betula pendula</i>                           | 60,1±0,70           | 53,0±0,80 | 68,3±0,77  | 60,1±0,85 | 77,2±0,95 | 72,6±0,89 | 76,6±0,79  | 72,3±0,79 | 66,5±0,66  | 61,8±0,87 |
| <i>Populus bolleana</i>                         | 46,6±0,31           | 42,1±0,74 | 56,3±0,79  | 51,3±0,98 | 64,6±1,17 | 60,7±0,64 | 64,8±1,34* | 64,1±0,85 | 63,6±0,59* | 61,7±0,41 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>                     | 43,6±0,55           | 38,5±0,77 | 60,6±0,76  | 51,4±0,87 | 63,2±1,09 | 59,8±0,71 | 72,4±0,75  | 67,2±1,18 | 74,4±0,65  | 68,5±0,88 |
| <i>Picea pungens</i>                            | 60,4±0,66           | 65,6±0,89 | 69,6±0,82  | 72,3±0,64 | 73,7±0,81 | 79,8±1,02 | 71,5±0,53  | 75,6±0,85 | 64,5±0,72  | 69,2±0,58 |
| Тест-об'єкт <i>Bacillus subtilis</i> IMB B-7018 |                     |           |            |           |           |           |            |           |            |           |
| <i>Acer platanoides</i>                         | 57,2±0,72           | 51,2±0,85 | 64,2±0,90  | 61,2±0,78 | 78,3±0,68 | 70,9±1,02 | 72,4±0,71* | 70,0±1,16 | 61,2±0,71  | 55,9±1,19 |
| <i>Betula pendula</i>                           | 58,3±0,69*          | 57,0±0,38 | 63,5±0,54  | 60,2±0,42 | 75,3±0,71 | 70,2±0,95 | 71,5±0,79  | 65,9±0,93 | 62,9±0,42  | 57,6±0,93 |
| <i>Populus bolleana</i>                         | 43,9±0,55           | 39,1±0,38 | 52,3±0,78* | 50,6±0,55 | 61,6±0,62 | 57,8±0,87 | 62,5±1,43* | 59,1±1,08 | 58,1±0,84* | 55,9±1,10 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>                     | 41,8±0,59           | 33,1±1,11 | 52,2±0,95  | 48,1±0,76 | 58,9±0,57 | 55,1±1,07 | 67,4±0,51  | 61,1±1,47 | 70,8±0,40  | 66,4±0,80 |
| <i>Picea pungens</i>                            | 58,4±0,69           | 64,3±1,41 | 55,2±0,97  | 70,2±0,70 | 74,1±0,75 | 78,1±1,04 | 71,4±0,89  | 75,1±1,11 | 59,2±0,33  | 66,5±0,66 |

Примітка. \* – різниці в порівнянні з контролем (моніторингова точка № 11) не достовірні при  $p > 0,05$ .

Антимікробна активність інтактних листків *Acer platanoides*, *Populus bolleana* та *Robinia pseudoacacia*, що зростають у насадженнях санітарно-захисної зони Донецького металургійного заводу, була нижчою порівняно з ФА цих видів при дії викидів ЄМЗ. Однак забруднення на м.т. 11 вище ніж на м.т. 10, така розбіжність пояснюється хімічним складом забруднювачів у повітрі моніторингових точок.

Особливо токсичним для деревних насаджень, є діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), на м.т. №3 його вміст не перевищує ГДК для рослинних організмів ( $0,02 \text{ мг/м}^3$ ) [169, 170], тоді як на м.т. №10 його вміст складає  $0,03 \text{ мг/м}^3$ , що обмежує антимікробну активність деревних рослин. Перевищення цих речовин знижує виділення ЛОР у досліджених видів деревних рослин.

Під дією токсичних речовин металургійної промисловості антимікробна активність високостійких (*P. × canadensis*, *P. simonii*) та середньостійких (*Acer negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Populus bolleana*, *Syringa vulgaris* та *Robinia pseudoacacia*) видів деревних рослин зростає. Для хвойних, на прикладі *Picea pungens*, встановлена зворотна реакція на дію полютантів, антимікробна активність цього виду у насадженнях санітарно-захисної зони Єнакієвського металургійного заводу зменшується, порівняно з контролем.

#### 5.2.4 Підприємства вугільної промисловості м. Донецька

Одним з основних видів промисловості на Донбасі, зокрема у м. Донецьк, залишається видобування вугілля. Дослідження проводили у літні місяці на модельних екземплярах *Acer platanoides*, *Populus bolleana* та *Aesculus hippocastanum* у санітарно-захисній зоні шахти ім. М.І. Калініна (м.т 4) та «Жовтневий рудник» (м.т. 5).

У санітарно-захисних зонах шахти ім. М.І. Калініна (м.т. 4) та шахти «Жовтневий рудник» (м.т. 5) життєвий стан *A. platanoides*, *P. bolleana* знижується до 6 балів, тоді як у *Aesculus hippocastanum* – до 5 балів. Для *A. platanoides* та *P. bolleana* відмічено початкове всихання приросту та молодих бічних гілок (рис. 5.7). Дерева *Aesculus hippocastanum* вражені каштановою

мінуючою міллю, тому для них характерне масове всихання верхівкового приросту, суховершинність, всихання окремих бічних гілок.

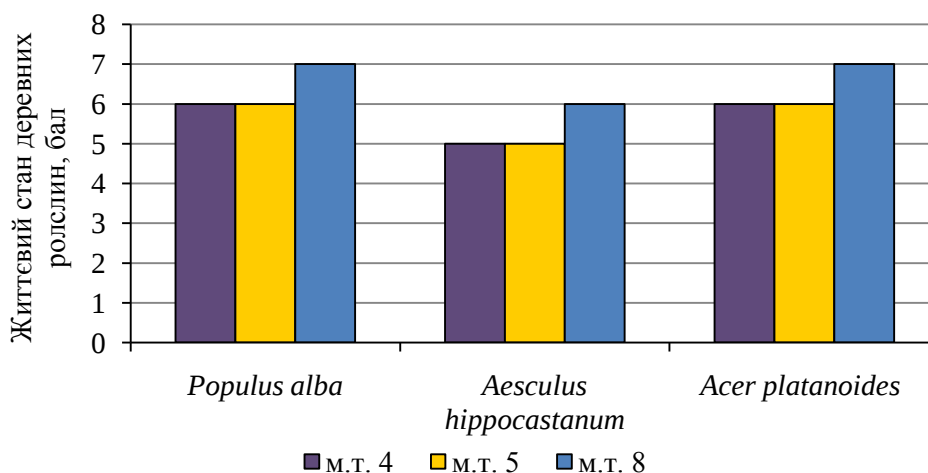


Рис. 5.7 Життєвий стан деревних рослин у санітарно-захисній зоні шахт м. Донецьк

Середньостійкі види (*Acer platanoides* та *Populus bolleana*) проявляють чітку тенденцію збільшення захисних реакцій за рахунок зростання антимікробної активності на м.т. 4 та 5 (табл. 5.7). *A. hippocastanum* реагує на забруднення інакше, його ФА знижується при підвищенні токсичності викидів, оскільки цей вид є нестійким до умов урбаносередовища. Для *Aesculus hippocastanum* було відмічено достовірне зниження фітонцидності на 4 моніторинговій точці, порівняно з контролем у 1,3 рази.

Таблиця 5.7

#### Антимікробна активність деревних рослин санітарно-захисної зони підприємств вугільної промисловості

| Вид                           | Тест-мікроорганізми                 |           |           |                                   |           |           |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------|
|                               | <i>Bacillus subtilis</i> IMB B-7018 |           |           | <i>Escherichia coli</i> УКМ B-926 |           |           |
|                               | М.Т. 4                              | М.Т. 5    | М.Т. 8    | М.Т. 4                            | М.Т. 5    | М.Т. 8    |
| <i>Acer platanoides</i>       | 63,4±1,29                           | 68,5±0,98 | 57,7±0,88 | 68,4±1,29                         | 74,5±0,98 | 62,3±0,58 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 58,1±0,53                           | 64,4±0,65 | 70,5±0,52 | 54,3±0,67                         | 61,7±0,86 | 64,5±0,56 |
| <i>Populus bolleana</i>       | 62,1±0,45                           | 65,7±0,57 | 52,1±0,77 | 65,4±1,45                         | 70,7±0,55 | 58,8±0,95 |

Примітки. \* – усі різниці в порівнянні з контролем (моніторингова точка № 8) достовірні при  $p \leq 0,05(*)$

Вугільні підприємства забруднюють атмосферне повітря викидами метану, пилу, сірчистого ангідриду, окислу вуглецю та окислу азоту [111, 113]. На шахті ім. М.І. Калініна забруднення повітря вище ніж на шахті «Жовтневий

рудник». Так, у 2013 р. на м.т. 4 у 3,5 рази перевищено ГДК з пилу, тоді як на м.т. 5 лише у 1,1 рази (табл. 2.3). Антимікробна дія *A. platanoides* та *P. bolleana*, які є стійкими до умов урбаносередовища, вирогідно зростала на моніторингових точках порівняно з контролем. На м.т. 4 за дії негативних умов зростання фітонцидність цих видів знижувалась порівняно з м.т. 5, оскільки значний вміст пилу у повітрі, а значить і на листках деревних рослин ускладнював виділення ЛОР. Доведено роль пилу у механізмі бактерицидності, оскільки значний вміст пилу у повітрі, і відповідно на листках деревних рослин, ускладнюючи виділення ЛОР, знижує фітонцидність. Так, на м.т. №5 АА вище ніж на м.т. 4, оскільки кількість пилу у повітрі менше на шахті «Жовтневий рудник».

Установлено порогові значення антимікробної активності для деяких видів деревних рослин. Для *A. platanoides* та *P. bolleana* при кількості пилу в повітрі  $0,5 \text{ мг/м}^3$  антимікробна активність складає 63% та 62 % пригнічення росту колоній *Escherichia coli*. Для нестійкого виду *Aesculus hippocastanum* зниження АА відбувається вже при кількості пилу  $0,3 \text{ мг/м}^3$  до 58%.

Таким чином, встановлено вплив структури насаджень на фітонцидну активність деревних рослин. У лінійних насадженнях більш жорсткі умови зростання порівняно з масивами, тому виділення ЛОР у стійких видів рослин збільшується, як захисна реакція на несприятливі умови зростання. Для нестійких видів листяних деревних рослин та для хвойних видів виявлено зниження фітонцидної активності на забруднених ділянках. У видів, стійких до техногенного забруднення, захисні реакції збільшуються за рахунок виділення ЛОР зі зниженням життєвого стану рослин за дії аерополітантів металургійної, машинобудівної промисловості, авто- та залізничного транспорту. Встановлено, що запиленість повітря є лімітуючим фактором у формуванні антимікробної активності у стресових умовах зростання рослин.

## РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ФІТОНЦИДНОЇ АКТИВНОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

### 6.1 Вплив метеорологічних факторів на зміни протистоцидної активності деревних рослин

Характер виділення летких органічних речовин деревними рослинами залежить від зовнішніх чинників (температура, освітленість, концентрація CO<sub>2</sub> у повітрі) та внутрішніх процесів, що відбуваються у рослинному організмі (фенологічні зміни, вік листків рослини) [319, 324, 325, 332, 333, 334, 352]. Температура та вологість повітря є провідними серед абіотичних факторів, що впливають на виділення летких органічних речовин деревними рослинами.

З метою встановлення впливу гідротермічних умов південного сходу України, без дії техногенного навантаження на фітонцидність деревних рослин, вивчали протистоцидну активність 30 видів листяних та 6 видів хвойних, що зростають у Донецькому ботанічному саду НАН України (м.т. 8), який розташований поза зоною дії аерополітантів (табл. 2.3).

Для 24 листяних видів встановлено достовірний кореляційний зв'язок між фітонцидністю та температурою повітря протягом вегетаційного періоду (табл. 6.1). За ступенем цих зв'язків види розділили на групи. До першої групи увійшли 10 видів, для яких виявлено високий позитивний кореляційний зв'язок ( $r \geq 0,75$ ). До другої групи віднесено більшість досліджених видів – 15, для яких отримано середній коефіцієнт кореляції з температурою повітря ( $0,45 \leq r \leq 0,75$ ). Для *Populus bolleana*, *Malus niedzwetzkyana*, *Ulmus laevis*, *Populus* × *canadensis* не виявлено зв'язку протистоцидної дії ЛОР листків з температурою повітря ( $r \leq 0,35$ ).

У видів з першої та другої груп спостерігається зростання ФА з початку до середини вегетації з наступним зниженням у перший осінній місяць. Винятком стала *Padus avium*, для якої встановлено зворотній кореляційний зв'язок протистоцидної дії листків з температурою повітря протягом вегетації.

Протистоцидна активність (хв.<sup>-1</sup>) листяних деревних рослин за вегетаційний період 2011 р. у Донецькому ботанічному саду (м.т. 8, контроль)

| №   | Вид                           | Місяці    |           |           |           |           | r <sub>1</sub> | r <sub>2</sub> |
|-----|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
|     |                               | травень   | червень   | Липень    | серпень   | вересень  |                |                |
| 1.  | <i>Betula pendula</i>         | 5,4±0,20  | 6,2±0,48  | 6,4±0,20  | 5,9±0,12  | 3,8±0,07  | -              | -              |
| 2.  | <i>Junglans regia</i>         | 8,2±0,47  | 10,8±0,49 | 13,2±0,54 | 13,6±0,93 | 12,1±1,10 | 0,80           | -              |
| 3.  | <i>Populus bolleana</i>       | 5,5±0,14  | 6,0±0,18  | 6,3±0,19  | 5,2±0,10  | 4,9±0,11  | -              | 0,67           |
| 4.  | <i>P. × canadensis</i>        | 5,7±0,21  | 7,5±0,17  | 6,8±0,27  | 6,0±0,19  | 5,5±0,64  | -              | 0,69           |
| 5.  | <i>P. simonii</i>             | 6,5±0,22  | 8,4±0,34  | 14,4±0,67 | 7,8±0,31  | 5,7±0,22  | 0,65           |                |
| 6.  | <i>Salix alba</i>             | 4,3±0,12  | 5,3±0,15  | 7,0±0,13  | 4,5±0,14  | 3,2±0,07  | 0,51           | 0,53           |
| 7.  | <i>Tilia cordata</i>          | 7,4±0,23  | 6,2±0,13  | 13,8±0,44 | 12,1±0,46 | 6,5±0,18  | 0,94           | -              |
| 8.  | <i>Ulmus pumila</i>           | 3,5±0,08  | 4,7±0,11  | 5,4±0,15  | 6,5±0,19  | 3,8±0,10  | 0,82           | -0,49          |
| 9.  | <i>U. laevis</i>              | 1,4±0,02  | 1,6±0,02  | 1,5±0,03  | 1,4±0,02  | 1,3±0,02  | -              | 0,75           |
| 10. | <i>Morus alba</i>             | 1,7±0,02  | 2,4±0,03  | 3,2±0,07  | 1,8±0,02  | 1,7±0,03  | -              | 0,63           |
| 11. | <i>Armeniaca vulgaris</i>     | 8,0±0,36  | 9,0±0,35  | 8,4±0,27  | 11,9±0,39 | 6,7±0,41  | 0,90           | -              |
| 12. | <i>Malus niedzwetzkyana</i>   | 4,7±0,09  | 6,2±0,11  | 5,6±0,22  | 5,2±0,17  | 4,3±0,13  | -              | 0,60           |
| 13. | <i>Padus avium</i>            | 12,4±0,51 | 8,5±0,37  | 6,3±0,19  | 6,6±0,29  | 5,1±0,09  | -0,84          | -              |
| 14. | <i>Pyrus communis</i>         | 6,6±0,24  | 7,7±0,19  | 9,0±0,41  | 14,6±0,83 | 8,2±0,35  | 0,71           | -0,74          |
| 15. | <i>Sorbus aucuparia</i>       | 5,2±0,23  | 6,1±0,21  | 6,8±0,42  | 8,3±0,45  | 4,7±0,15  | 0,70           | -0,54          |
| 16. | <i>S. intermedia</i>          | 4,6±0,10  | 5,0±0,23  | 5,6±0,22  | 5,6±0,15  | 4,3±0,15  | 0,70           | -              |
| 17. | <i>Robinia pseudoacacia</i>   | 5,7±0,13  | 8,8±0,27  | 7,3±0,26  | 10,4±0,53 | 4,9±0,18  | 0,53           | -0,48          |
| 18. | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 4,2±0,09  | 5,8±0,21  | 8,6±0,18  | 4,8±0,10  | -         | 0,59           | 0,47           |
| 19. | <i>Acer negundo</i>           | 7,8±0,32  | 8,9±0,27  | 10,7±0,33 | 14,1±0,57 | 7,4±0,29  | 0,78           | -0,68          |
| 20. | <i>A. platanoides</i>         | 6,3±0,16  | 8,5±0,36  | 9,6±0,61  | 7,1±0,31  | 6,2±0,26  | -              | 0,52           |
| 21. | <i>A. pseudoplatanus</i>      | 5,5±0,13  | 6,2±0,14  | 8,6±0,26  | 7,6±0,15  | 5,2±0,12  | 0,92           | -              |
| 22. | <i>A. saccharinum</i>         | 2,6±0,04  | 2,7±0,05  | 3,0±0,08  | 7,7±0,21  | 5,1±0,14  | 0,56           | -0,87          |
| 23. | <i>Ailanthus altissima</i>    | 4,3±0,13  | 5,0±0,16  | 5,7±0,27  | 6,8±0,29  | 3,9±0,08  | 0,78           | -0,55          |
| 24. | <i>Viburnum opulus</i>        | 5,9±0,21  | 6,6±0,34  | 8,4±0,42  | 10,7±0,76 | 5,5±0,21  | 0,77           | -0,62          |
| 25. | <i>Symphoricarpos albus</i>   | 5,8±0,21  | 6,5±0,27  | 7,3±0,27  | 7,9±0,10  | 6,5±0,18  | 0,78           | -              |
| 26. | <i>Forsythia ovata</i>        | 8,0±0,24  | 7,9±0,31  | 9,1±0,31  | 11,7±0,64 | 9,9±0,60  | 0,72           | -0,64          |
| 27. | <i>Fraxinus excelsior</i>     | 7,5±0,24  | 7,9±0,30  | 9,2±0,41  | 6,8±0,21  | 5,1±0,22  | 0,75           | -              |
| 28. | <i>Ligustrum vulgare</i>      | 3,3±0,05  | 3,9±0,09  | 4,4±0,09  | 5,1±0,14  | 4,3±0,12  | 0,68           | -              |
| 29. | <i>Syringa vulgaris</i>       | 6,4±0,20  | 7,4±0,22  | 7,5±0,16  | 7,8±0,31  | 6,3±0,18  | 0,59           | -              |

Примітки. r<sub>1</sub> – коефіцієнт кореляції Пірсона між протистоцидною активністю та температурою повітря, r<sub>2</sub> – коефіцієнт кореляції Пірсона між протистоцидною активністю та відносною вологістю повітря, усі дані достовірні при p≤0,05;   – пік протистоцидної активності

Максимум ФА цього виду відмічається у молодих листків у травні, що пов'язано з особливостями фізіологічних процесів *P. avium*. До складу плодів черемхи звичайної входять дубильні речовини, флавоноїди, органічні кислоти,

глікозиди, амінокислоти [21, 99, 201]. У летких виділеннях розтертих листків ідентифіковано альдегіди, синільну кислоту, етан та інші сполуки. Головними попередниками синільної кислоти є глікозиди. Максимальна ФА навесні у *P. avium* пов'язана з тим, що вихідні речовини, з яких утворюються ЛОР, використовуються під час плодоношення.

Аналіз змін протистоцидної дії листків досліджених видів показав, що вологість повітря також відіграє важливу роль у динаміці ФА. Встановлені кореляційні зв'язки між протистоцидністю досліджених видів та відносною вологістю повітря дають можливість краще пояснити динаміку фітонцидної активності в умовах гідротермічного стресу. Високі та помірні від'ємні коефіцієнти кореляції ФА з вологістю повітря у 2011 р. відмічені у видів, у яких пік протистоцидної дії летких речовин зафіксовано у найспекотніший місяць (табл. 3.3), що узгоджується з літературними даними. Так, В.В. Сліпих та інші автори відмічають пік фітонцидності у найспекотніший літній місяць з низькою вологістю повітря [298, 306, 327].

Оскільки на південному сході України відмічається дефіцит вологи у літні місяці, більшість з досліджених видів є високо- та середньо посухостійкими. Крім того види з високою та середньою газостійкістю є посухостійкими, оскільки вони також зазнають дефіциту вологи [129, 140]. Вони широко використовуються в озелененні міст цієї території та є пристосованими до місцевих мікрокліматичних умов [261]. У нестійких видів за рахунок втрати тургора порушується транспірація, відбуваються порушення у синтезі вторинних метаболітів, тому зменшується фітонцидна активність [139, 299]. Так, у *A. hippocastanum* максимум протистоцидної дії спостерігався у липні 2011 р., тоді як посуха була відмічена у серпні, однак екземпляри *A. hippocastanum* були вражені мінуючою міллю. Як відмічає *E. Kleist* та *R. Grote* зі співробітниками, за дії біотичного стресу кількість ЛОР при високих температурах зменшувалась [308, 318].

У рік, що відрізняється типовими, посушливими умовами (2011 р.) у більшості видів деревних рослин у Донецькому ботанічному саду (м.т. 8)

виявлено зростання протистоцидної активності у спекотні літні місяці. Під час посухи у високозасухостійких видів (*Junglans regia*, *Ulmus pumila*, *Armeniaca vulgaris*, *Pyrus communis*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Ligustrum vulgare*) протистociна дія збільшується, оскільки у засухостійких видів реакції вторинного металізбому зберігаються [62]. Середньозасухостійкі види *Symphoricarpos albus*, *Acer negundo*, *Acer saccharinum*, *Viburnum opulus*, *Sorbus aucuparia*, *Syringa vulgaris*, також проявили найбільшу фітонцидність у серпні під час посухи, що пов'язано з пристосувальними реакціями рослин до посушливих умов існування. У малоприспособлених до посушливих умов південного сходу України інтродуцентів (*Ulmus pumila* L., *Sorbus aucuparia* L., *Acer saccharinum* L., *Viburnum opulus* L., *Forsythia ovata* Nakai) в стресових умовах, протистociдна дія листків зростає під час низької вологості повітря.

Позитивні коефіцієнти кореляції з вологістю повітря були відмічені у 2011 р. у 8 видів. Пік протистociдної дії цих видів припав на липень, коли середня вологість повітря склала 70,8 % (табл. 3.3), тобто зі збільшенням вологості повітря зростала ФА. У липні була зафіксована найвища середня температура повітря 24,6 °С протягом року. За винятком *P. × canadensis* та *Malus niedzwetzkiiana*, у яких максимальна протистociдність відмічена у червні, коли середня відносна вологість повітря становила 72,1 %, а середня температура повітря 20,5 °С (табл. 3.3).

Проаналізовано результати за стійкістю різних видів до умов середовища. Серед видів, що проявили позитивний кореляційний зв'язок з вологістю повітря – *Populus bolleana*, *Morus alba* є високопосухоустійкими, тоді як *P. × canadensis*, *Salix alba*, *Malus niedzwetzkiiana*, *Acer platanoides* є середньо посухоустійкими. У видів цієї групи при нормальному зволоженні, але високих температурах ПА максимальна, а потім під час посухи вона знижується, адже при дуже низькій вологості транспірація припиняється, продихи зачиняються. Більшість видів аборигени, або інтродуценти з Північної Америки та Китаю (табл. 3.2), що є пристосованими до місцевих гідротермічних умов. Як відмічає О.К. Поляков,

висока засухостійкість властива більшості видів Циркумбореальної, Атлантично-Північноамериканської, Ірано-Туранської флористичних областей, що зростають в урбанізованих умовах Донбасу, помітно нижче засухостійкість видів Східноазійської та Середземноморської флористичних областей [183].

Окремо слід виділити види, для яких не встановлено кореляційного зв'язку між вологістю повітря та протистоцидною активністю ( $r \leq 0,45$ ) – *Betula pendula*, *Junglans regia*, *Populus simonii*, *Armeniaca vulgaris*, *Padus avium*, *Acer pseudoplatanus*, *Symphoricarpos albus*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*, *Syringa vulgaris* (табл. 6.1). Протистоцидна дія цих видів рівномірно зростала протягом посушливого періоду, за виключенням *P. avium*, у якої вона знижувалась.

Між протистоцидною дією листків та відносною вологістю повітря виявлений помірний кореляційний зв'язок для 17 видів листяних деревних рослин.

Основні дані типові за гідротермічним режимом для південного сходу України, є доцільним порівняти з 2010 р., який характеризувався сильною посухою (рис. 3.1). Для 8 видів (*Populus bolleana*, *P. × canadensis*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*) порівнювали протистоцидну дію протягом 2010 та 2011 рр (табл. 6.2–6.4). У 2010 р. *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Populus × canadensis*, *Tilia cordata* виявили високий кореляційний зв'язок з температурою повітря, тоді як у 2011 р. він був середнім. Протистоцидна дія *Acer pseudoplatanus* та *Fraxinus excelsior* не корелювала з температурою повітря, як і в наступному році. У 2010 р. для *Acer platanoides* не встановлено достовірного зв'язку ФА з температурою повітря, однак у 2011 р. коефіцієнт кореляції був високим. *Fraxinus excelsior* виявив однакову залежність ФА від метеофакторів у досліджені роки, протистоцидна дія листків цього виду не корелює з температурою повітря, однак має помірний позитивний зв'язок з відносною вологістю, що підтверджує високий рівень адаптації цього виду до місцевих умов зростання.

Таблиця 6.2

Протистоцидна активність (хв.<sup>-1</sup>) листяних деревних рослин за вегетаційний період 2010 р. у Донецькому ботанічному саду (м.т. 8, контроль)

| № | Вид                           | Місяці    |           |           |           |          | r <sub>1</sub> | r <sub>2</sub> |
|---|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
|   |                               | травень   | Червень   | Липень    | Серпень   | Вересень |                |                |
| 1 | <i>Populus bolleana</i>       | 6,5±0,26  | 5,5±0,10  | 7,4±0,25  | 7,3±0,25  | 3,9±0,13 | 0,63           | —              |
| 2 | <i>P. × canadensis</i>        | 5,6±0,18  | 6,3±0,13  | 7,5±0,19  | 10,6±0,18 | 5,2±0,15 | 0,96           | -0,81          |
| 3 | <i>Tilia cordata</i>          | 14,3±1,51 | 17,0±0,97 | 18,7±1,22 | 19,5±0,71 | 7,0±0,42 | 0,72           | -0,35          |
| 4 | <i>Robinia pseudoacacia</i>   | 6,0±0,18  | 7,7±0,46  | 8,4±0,40  | 8,5±0,43  | 4,0±0,08 | 0,78           | -0,44          |
| 5 | <i>Aesculus hippocastanum</i> | 7,7±0,39  | 8,8±0,32  | 11,0±0,39 | 13,1±1,0  | 7,6±0,42 | 0,88           | -0,70          |
| 6 | <i>Acer platanoides</i>       | 10,7±0,62 | 11,5±0,31 | 10,3±0,30 | 9,0±0,27  | 7,2±0,30 | 0,06           | 0,28           |
| 7 | <i>A. pseudoplatanus</i>      | 8,0±0,32  | 7,9±0,14  | 7,0±0,14  | 7,4±0,10  | 6,1±0,15 | 0,14           | —              |
| 8 | <i>Fraxinus excelsior</i>     | 6,5±0,17  | 5,9±0,06  | 5,8±0,09  | 5,1±0,12  | 4,4±0,04 | -0,11          | 0,51           |

Примітки. r<sub>1</sub> – коефіцієнт кореляції Пірсона між протистоцидною активністю та температурою повітря, r<sub>2</sub> – коефіцієнт кореляції Пірсона між протистоцидною активністю та відносною вологістю повітря, усі дані достовірні при p<0,05;        пік протистоцидної активності

Таблиця 6.3

Коефіцієнти кореляції між температурою повітря та протистоцидною активністю деяких видів деревних рослин протягом вегетаційного періоду 2010 р. на м.т. 8

| Вид                           | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9     |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Температура                   | 1,00 | 0,63 | 0,96 | 0,72 | 0,78 | 0,88 | 0,06 | 0,14 | -0,11 |
| <i>Populus bolleana</i>       | —    | 1,00 | 0,66 | 0,73 | 0,76 | 0,62 | 0,39 | 0,40 | 0,48  |
| <i>P. × canadensis</i>        | —    | —    | 1,00 | 0,68 | 0,70 | 0,88 | 0,00 | 0,12 | -0,10 |
| <i>Tilia cordata</i>          | —    | —    | —    | 1,00 | 0,83 | 0,68 | 0,53 | 0,57 | 0,48  |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>   | —    | —    | —    | —    | 1,00 | 0,63 | 0,47 | 0,46 | 0,38  |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | —    | —    | —    | —    | —    | 1,00 | 0,02 | 0,06 | -0,12 |
| <i>Acer platanoides</i>       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1,00 | 0,70 | 0,82  |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1,00 | 0,76  |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1,00  |

Примітки: 1 – температура, 2 – *Populus bolleana*, 3 – *Populus × canadensis*, 4 – *Tilia cordata*, 5 – *Robinia pseudoacacia*, 6 – *Aesculus hippocastanum*, 7 – *Acer platanoides*, 8 – *A. pseudoplatanus*, 9 – *Fraxinus excelsior*

Динаміка протистоцидної дії листків досліджених видів у 2010 та 2011 рр. відрізнялась [59]. Пік ФА співпав лише у *Populus bolleana*, у якого був відмічений у липні. Загибель парамецій під дією ЛОР листків *Acer pseudoplatanus* та *Fraxinus excelsior* за найменший час зафіксовано у молодих листків на початку розпускання у травні, що пояснюється дефіцитом вологи у

наступні місяці. У другого представника р. *Acer* відмічено пік ФА у червні на початку посухи 2010 р. Слід зазначити, що у 2010 р. у досліджених видів деревних рослин протистоцидна дія була вищою порівняно з 2011 р., оскільки у більш суху погоду виділення ЛОР збільшується, порівняно з дощовою.

Таблиця 6.4

Коефіцієнти кореляції між температурою повітря та протистоцидною активністю деяких видів деревних рослин протягом вегетаційного періоду 2011 р. на м.т. 8

| Вид                           | 1    | 2    | 3     | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-------------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Температура                   | 1,00 | 0,11 | -0,03 | 0,94  | 0,53 | 0,59 | 0,40 | 0,92 | 0,20 |
| <i>Populus bolleana</i>       | –    | 1,00 | 0,62  | 0,16  | 0,68 | 0,73 | 0,69 | 0,31 | 0,68 |
| <i>P. × canadensis</i>        | –    | –    | 1,00  | -0,17 | 0,73 | 0,51 | 0,56 | 0,17 | 0,42 |
| <i>Tillia cordata</i>         | –    | –    | –     | 1,00  | 0,46 | 0,57 | 0,37 | 0,85 | 0,27 |
| <i>Robinia pseudoacia</i>     | –    | –    | –     | –     | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,68 | 0,65 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | –    | –    | –     | –     | –    | 1,00 | 0,82 | 0,75 | 0,73 |
| <i>Acer platanoides</i>       | –    | –    | –     | –     | –    | –    | 1,00 | 0,51 | 0,56 |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | –    | –    | –     | –     | –    | –    | –    | 1,00 | 0,42 |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | –    | –    | –     | –     | –    | –    | –    | –    | 1,00 |

Примітки: 1 – температура, 2 – *Populus bolleana*, 3 – *Populus × canadensis*, 4 – *Tillia cordata*, 5 – *Robinia pseudoacia*, 6 – *Aesculus hippocastanum*, 7 – *Acer platanoides*, 8 – *A. pseudoplatanus*, 9 – *Fraxinus excelsior*

Висока кореляція ФА досліджених видів з температурою повітря та пік у серпні пояснюється складними нетиповими гідротермічними умовами 2010 р. У цей рік посуху спостерігали протягом трьох літніх місяців (рис. 3.1, а). У серпні випало лише 5% опадів від норми (табл. 3.3), тому за умов водного дефіциту та при дії високих температур навіть у більш стійких видів відбувається виділення ЛОР, перед закриттям продихів.

З метою розкриття механізму впливу температури на фітонцидну активність деревних рослин наводимо аналіз результатів дослідження антимікробної дії деревних рослин у 2012 р. (розділ 4.3). Гідротермічні умови цього року відрізнялись від двох попередніх років. Середньомісячна температура повітря у жовтні перевищила норму на +4,1 °С, а кількість опадів склала 63 % від норми, у листопаді випало взагалі 11 % опадів від норми (табл. 3.4). Посуха в осінній період обумовила всплеск виділення летких

органічних речовин у *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia* (рис. 4.3). У попередні роки максимум фітонцидної дії у них було відмічено також під час посухи у серпні місяці.

Хвойні та вічнозелені деревні рослини проявляють фітонцидну активність цілорічно. Основу групи складають 6 хвойних видів, а також до неї віднесено один листяний вид – *Machonia aquifolium*. Серед вічнозелених видів високий позитивний кореляційний зв'язок фітонцидної активності з температурою повітря протягом вегетаційного періоду 2011 р. був відмічений лише у *Juniperus virginiana* L. (табл. 6.5). Для інших видів встановлено середній кореляційний зв'язок, за винятком *Picea pungens f. glauca* та *J. squamata*, для яких коефіцієнт кореляції виявився нижчим ніж 0,25.

Для досліджених вічнозелених видів зафіксовано два піки ФА влітку та на початку зими у грудні, окрім *Juniperus sabina*, пік протистоцидної дії якого припав на перший весняний місяць. Усі досліджені вічнозелені деревні рослини є засухо- та зимостійкими, однак відрізняються за ступенем пристосованості до умов урбаносередовища. Представники р. *Juniperus* L. та *Platycladus orientalis* є більш газостійкими, порівняно з *Picea pungens* та *P. pungens f. glauca*. У листопаді та на початку грудня у більшості досліджених видів хвойних відбувається дозрівання насіння, з цим можна зв'язати другий пік протистоцидної дії цих рослин.

Між відносною вологістю повітря та протистоцидною дією досліджених видів не встановлено кореляційного зв'язку, окрім *P. pungens f. glauca*, для якого розраховано позитивний коефіцієнт кореляції з цим показником.

Загальним для вічнозелених та листяних видів є висока фітонцидність у теплий період року, що пов'язано з охолодженням листової поверхні за рахунок виділення ЛОР за дії гідротермічного стресу. У засушливий період у хвойних протистоцидна активність зростає менш суттєво ніж у листяних. У листяних видів підвищується ФА до 60 %, (*Acer platanoides*), тоді як у хвойних – найбільш до 40 % (*Picea pungens*) з травня до серпня. У хвойних ФА зростає у якості адаптивних реакцій при настанні зимових холодів.

Таблиця 6.5

Протистощидна активність (хв.<sup>-1</sup>) вічнозелених деревних рослин за вегетаційний період 2011 р.

у Донецькому ботанічному саду (м.т. 8, контроль)

| № | Вид                           | січень       | лютий        | березень     | квітень      | травень      | червень      | липень        | серпень      | вересень     | жовтень      | листопад      | грудень       | r <sub>1</sub> | r <sub>2</sub> |
|---|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 1 | <i>Picea pungens</i>          | 7,9<br>±0,51 | 3,0<br>±0,07 | 3,5<br>±0,20 | 5,0<br>±0,24 | 6,9<br>±0,16 | 8,9<br>±0,51 | 10,1<br>±0,85 | 14,4<br>1,49 | 9,9<br>±0,80 | 9,3<br>±0,74 | 8,5<br>±0,71  | 13,8<br>±1,54 | 0,37           | -              |
| 2 | <i>P. pungens f. glauca</i>   | 6,4<br>±0,19 | 2,7<br>±0,04 | 3,1<br>±0,08 | 3,5<br>±0,10 | 4,0<br>±0,11 | 4,5<br>±0,13 | 5,4<br>±0,15  | 6,0<br>±0,35 | 4,9<br>±0,12 | 9,9<br>±0,08 | 10,5<br>±0,06 | 12,3<br>±0,08 | -              | 0,37           |
| 3 | <i>Juniperus sabina</i>       | 4,2<br>±0,06 | 3,3<br>±0,08 | 3,7<br>±0,06 | 5,4<br>±0,17 | 9,5<br>±0,56 | 6,6<br>±0,29 | 5,5<br>±0,21  | 4,9<br>±0,21 | 5,1<br>±0,18 | 4,2<br>±0,09 | 6,1<br>±0,20  | 7,0<br>±0,32  | 0,44           | -              |
| 4 | <i>J. squamata</i>            | 3,7<br>±0,08 | 2,6<br>±0,04 | 3,2<br>±0,07 | 4,3<br>±0,14 | 6,3<br>±0,23 | 8,1<br>±0,09 | 8,0<br>±0,12  | 7,4<br>±0,41 | 6,7<br>0,39  | 6,0<br>±0,17 | 7,2<br>±0,32  | 8,0<br>±0,35  | -              | -              |
| 5 | <i>J. virginiana</i>          | 6,8<br>±0,06 | 2,8<br>±0,12 | 3,5<br>±0,11 | 5,5<br>±0,21 | 7,4<br>±0,06 | 8,1<br>±0,06 | 9,3<br>±0,01  | 8,5<br>±0,04 | 7,9<br>±0,09 | 6,8<br>±0,12 | 6,2<br>±0,05  | 7,0<br>±0,13  | 0,76           | -0,26          |
| 6 | <i>Platycladus orientalis</i> | 4,5<br>±0,08 | 2,6<br>±0,05 | 3,0<br>±0,06 | 4,1<br>±0,11 | 6,3<br>±0,34 | 8,6<br>±0,33 | 9,9<br>±0,09  | 8,9<br>±0,39 | 8,0<br>±0,43 | 7,5<br>±0,38 | 6,4<br>±0,14  | 5,7<br>±0,06  | 0,85           | -0,34          |
| 7 | <i>Mahonia aquifolium</i>     | 6,5<br>±0,45 | 3,8<br>±0,05 | 4,3<br>±0,10 | 4,9<br>±0,19 | 7,4<br>±0,22 | 8,3<br>±0,44 | 11,0<br>±0,69 | 8,8<br>±0,48 | 8,2<br>±0,48 | 7,4<br>±0,30 | 8,7<br>±0,42  | 10,0<br>±0,64 | 0,55           | -              |

Примітки. r<sub>1</sub> – коефіцієнт кореляції Пірсона між протистощидною активністю та температурою повітря, r<sub>2</sub> – коефіцієнт кореляції Пірсона між протистощидною активністю та відносною вологістю повітря, усі дані достовірні при p≤0,05

З позиції фізіології рослин, механізми дії високих температур на виділення летких речовин не розкриті до кінця. Вони уявляють великий інтерес, адже регуляція виділення ЛОР рослинами у період посухи тісно пов'язана з глобальним потеплінням. Сильна посуха знижує виділення монотерпенів, однак на початку дефіциту вологи спостерігається зріст потоку монотерпенів. У сильну посуху продихи зачиняються, припиняється транспірація, тому виділення ЛОР вже не відбивується [306, 313]. У роботах показано, що за дії екстремально високих температур відбувається збільшення виділення монотерпенів, що знаходяться у компартментах клітини допоки не відбувається деструкції мембран. Навпаки монотерпени, сесквітерпени та феноли, що утворились під час стресу зменшуються [308, 355].

Мікрокліматичні умови середовища важливі для формування захисних реакцій у вигляді фітонцидної активності, оскільки в цілому урбанізоване середовище відрізняється різкою зміною температури та вологості порівняно з природними ділянками. Вітер впливає на температуру та вологість повітря, тому відіграє важливу роль у формуванні мікрокліматичних умов середовища.

Для степової зони властивий сезонний характер вітрів. У літні місяці східні та південно-східні вітри приносять суховії, що шкодять рослинам. Відомо, що зі збільшенням швидкості вітру виділення ЛОР знижується [220, 222, 344]. При незначній силі вітру продихи на листках або хвої відкриваються, випаровується вода і разом з нею виділяються ЛОР. При певній швидкості вітру транспірація досягає максимуму.

Експериментально доведено для листків *Populus simonii*, що зростає у вуличних насадженнях (м.т. 1), припинення виділення ЛОР при швидкості вітру 7–8 м/сек. Найбільш високі показники були отримані при силі вітру 2–3 м/сек (табл. 6.6).

Як відмічає В.В. Сліпих, процес виділення ЛОР хвоєю *Pinus kochiana* Klotzsch ex C. Koch призупиняється при швидкості вітру біля 6,4 м/сек [189, 224], що узгоджується з отриманими результатами.

Дія сили вітру на антимікробну активність листків

*Populus simonii*, %

| Тест-мікроорганізми                 | Швидкість вітру |            |            |
|-------------------------------------|-----------------|------------|------------|
|                                     | 2-3 м/сек.      | 4-5 м/сек  | 7-8 м/сек. |
| <i>Bacillus subtilis</i> IMB B-7018 | 69,4±0,32       | 48,2±0,67* | 22,4±0,45  |
| <i>Escherichia coli</i> УКМ B-926   | 65,8±0,54       | 45,4±0,74* | 19,1± 0,36 |

Примітка. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$

Таким чином, провідним фактором, що обумовлює сезонну динаміку фітонцидної активності є температура повітря. Значне підвищення температури обумовлює всплеск виділення летких речовин, у фазу розвитку у яку звичайно немає піку фітонцидної активності. За дії гідротермічного стресу у малоприспособлених до спеки видів деревних рослин протистоцидна активність зростає. У середньо- та високостійких видів деревних рослин пік ФА припадає на місяць з високими температурами, однак нормальним зволоженням. Специфіка вічнозелених рослин пов'язана з їх низькою залежністю ФА від вологості повітря та менш вираженим зв'язком з температурою повітря порівняно з листяними породами.

## 6.2 Особливості сезонного розвитку листяних деревних рослин в різних екологічних умовах урбанізованого середовища

В умовах міста високі температури та нестача вологи обумовлюють зсуви у настанні фенологічних фаз, що позначається на інтенсивності фітонцидної активності деревних рослин, порівняно з відносно чистими ділянками, тому під час відбору проб проводили виміри температури та вологості повітря на моніторингових точках. На дослідних ділянках, внаслідок роботи промислових підприємств, транспорту, а також додаткових джерел теплового випромінювання (штучне покриття вулиць, дахи та стіни будівель) формуються своєрідні мікрокліматичні умови.

У Донецькому ботанічному саду (м.т. 8) та с. Тоненьке (м.т. 9) температура повітря у період вегетації досліджених деревних рослин була нижчою, порівняно з температурою повітря напреспекті Київському (м.т. 1) та Донецькому ботанічному саду (м.т. 3), що знаходяться у центрі міста, протягом 2010–2013 рр.. За літературними даними відомо, що температура повітря у місті в середньому на 0,5–5,0 °С вище, ніж за містом, а безморозний період довший на декілька днів [29, 162, 329]. У центрі міста температура вище, ніж на околицях. Збільшення температури повітря у центрі міста сприяє зменшенню повітряної вологи, що підтверджується отриманими вимірами (додатки, табл. А.6). Вологість повітря на моніторинговій точці № 3 була нижчою за контрольні показники. У зимовий період температура повітря була вищою на моніторинговій точці № 3 в середньому на 2–3 градуси (рис. 6.1). Влітку спостерігали більш спекотну та суху погоду.

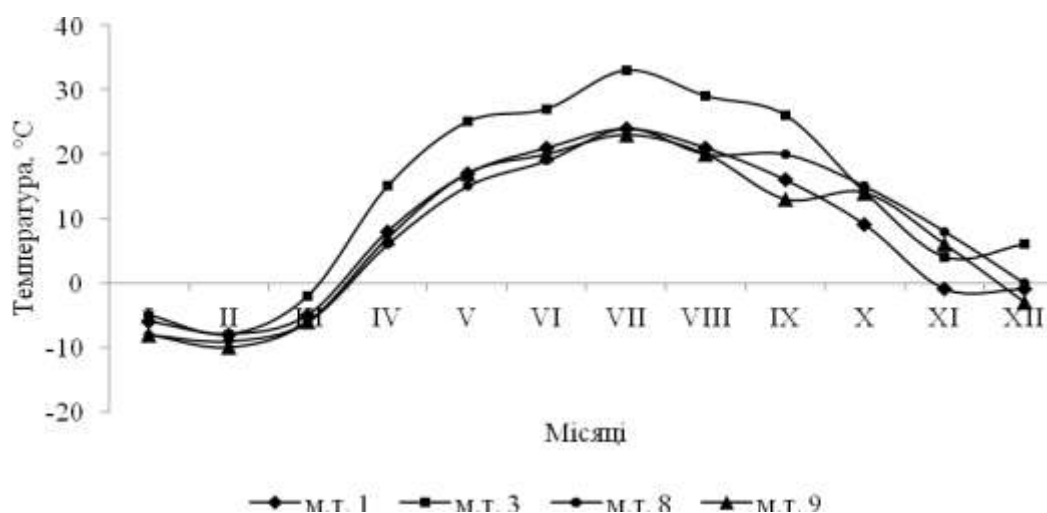


Рис. 6.1. Температурний режим на моніторингових точках у 2011 р.

Сезонні коливання є одними з провідних при функціонуванні фітоценозу. Вони відбуваються через зміни пори року, що обумовлено сезонними особливостями росту та розвитку рослин – феноритмами.

У деревних рослин, що зростають в урбанізованому середовищі, строки вегетації змінюються, порівняно з умовно чистими ділянками. Виділення летких органічних речовин взаємопов'язано з сезонними ритмами, що відбуваються у фітоценозі [281, 346].

Усі досліджені види віддіду Magnoliophyta відносяться до листопадних рослин, окрім одного виду – *Mahonia aquifolium* (родина Berberidaceae Juss.), що є вічнозеленим. Строки початку та кінця вегетації, як сезонний ритм ростових процесів, є однією з важливих біологічних характеристик виду.

Фенологічні спостереження проводили у листопадних деревних рослин на трьох моніторингових точках (м.т. 1, м.т. 3 та м.т. 8) впродовж двох вегетаційних періодів (2011 та 2012 рр). Фенофази наведені у таблицях 6.7 для Донецького металургійного заводу (м.т. 3) та табл. 6.8 для Донецького ботанічного саду (м.т. 8). Довжина фенологічних фаз деревних рослин, що зростають на проспекті Київському (м.т. 1) статистично не відрізняється від м.т. 8. Фенофази наведено у таблицях у днях після першого березня [106].

Таблиця 6.7

#### Строки настання фенофаз деревних рослин на моніторинговій точці №3

| Вид                         | Пч <sup>2</sup> | Л <sup>2</sup> | Л <sup>3</sup> | Л <sup>4</sup> | Л <sup>5</sup> | Вегета-<br>ційний<br>період | Ц <sup>4</sup> | Ц <sup>5</sup> |
|-----------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| <i>Betula pendula</i>       | 34              | 46             | 54             | 255            | 266            | 232                         | 42             | 49             |
| <i>Junglans regia.</i>      | 59              | 66             | 76             | 260            | 270            | 211                         | 57             | 64             |
| <i>Populus bolleana</i>     | 45              | 47             | 56             | -              | 266            | 221                         | 36             | 41             |
| <i>Populus × canadensis</i> | 39              | 44             | 50             | -              | 294            | 255                         | 36             | 41             |
| <i>Populus simonii</i>      | 43              | 48             | 50             | -              | 291            | 248                         | 36             | 41             |
| <i>Pyrus communis</i>       | 51              | 57             | 64             | 252            | 265            | 214                         | 54             | 61             |
| <i>Sorbus aucuparia.</i>    | 59              | 77             | 81             | 258            | 274            | 215                         | 79             | 85             |
| <i>Sorbus intermedia</i>    | 62              | 79             | 83             | 261            | 277            | 215                         | 73             | 79             |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 61              | 66             | 80             | 264            | 279            | 218                         | 63             | 71             |
| <i>Acer negundo</i>         | 33              | 39             | 48             | 258            | 251            | 218                         | 42             | 49             |
| <i>A. platanoides</i>       | 39              | 43             | 55             | 250            | 267            | 228                         | 40             | 57             |
| <i>A. pseudoplatanus.</i>   | 48              | 56             | 64             | 269            | 276            | 228                         | 59             | 76             |
| <i>A. saccharinum</i>       | 35              | 46             | 50             | 251            | 260            | 225                         | 46             | 51             |
| <i>Ailanthus altissima</i>  | 47              | 55             | 64             | 266            | 278            | 231                         |                |                |
| <i>Fraxinus excelsior</i>   | 34              | 43             | 53             | 196            | 208            | 174                         | 44             | 54             |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 31              | 44             | 55             | -              | 279            | 248                         | 53 – 56        | 66             |

Примітки. Пч<sup>2</sup> – розкривання вегетативних бруньок. Фенофаза встановлюється за появою зеленого конуса (кінчиків) листків з під брунькових лусок, що розходяться або розриваються, Л<sup>2</sup> – листки повністю відокремились (обособились). Листкові пластинки розвернуті, прийняли властиву їм форму, але не досягли нормального розміру, Л<sup>3</sup> – нормальний лист, Л<sup>4</sup> – розцвічування листків, Л<sup>5</sup> – листопад, Ц<sup>4</sup> – початок цвітіння, Ц<sup>5</sup> – закінчення цвітіння

В умовах міста відбувається порушення феноритмів росту та розвитку деревних рослин: прискорюються початкові фази розпускання бруньок, поява листків, початок цвітіння та листопаду, скорочуються строки та глибина

спокою [40, 79, 129, 130, 270], що пов'язано з підвищенням температур, наявністю аерополутантів в оточуючому середовищі, зменшенням вологості повітря та іншим.

Таблиця 6.8

Строки настання фенофаз деревних рослин на моніторинговій точці №8

| Вид                           | Пч <sup>2</sup> | Л <sup>2</sup> | Л <sup>3</sup> | Л <sup>4</sup> | Л <sup>5</sup> | Вегетаційний період | Ц <sup>4</sup> | Ц <sup>5</sup> |
|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|
| <i>Betula pendula</i>         | 39              | 50             | 60             | 214            | 204            | 162                 | 47             | 53             |
| <i>Junglans regia</i>         | 60              | 67             | 77             | 229            | 238            | 178                 | 60             | 64             |
| <i>Populus bolleana</i>       | 45              | 52             | 60             | -              | 214            | 169                 |                |                |
| <i>P. × canadensis</i>        | 42              | 57             | 56             | -              | 258            | 216                 | 40             | 44             |
| <i>P. simonii</i>             | 46              | 49             | 54             | 244            | 252            | 198                 | 43             |                |
| <i>Salix alba</i>             | 51              | 56             | 66             | 237            | 260            | 209                 | 46             | 52             |
| <i>Tilia cordata</i>          | 53              | 59             | 63             | 229            | 244            | 191                 | 81             | 92             |
| <i>Ulmus pumila</i>           | 58              | 71             | 82             | 244            | 260            | 202                 | 36             | 56             |
| <i>U. laevis</i>              | 65              | 77             | 82             | 244            | 260            | 195                 | 36             | 56             |
| <i>Morus alba</i>             | 61              | 68             | 76             | 238            | 246            | 185                 | 80             | 92             |
| <i>Armeniaca vulgaris</i>     | 52              | 61             | 69             | 223            | 231            | 179                 | 49             | 55             |
| <i>Malus niedzwetzkyana</i>   | 45              | 52             | 57             | 233            | 245            | 200                 | 59             | 68             |
| <i>Padus avium</i>            | 42              | 50             | 56             | 223            | 236            | 194                 | 46             | 54             |
| <i>Pyrus communis</i>         | 78              | 62             | 70             | 219            | 231            | 153                 | 57             | 65             |
| <i>Sorbus aucuparia</i>       | 62              | 78             | 82             | 225            | 241            | 179                 | 80             | 86             |
| <i>Sorbus intermedia</i>      | 67              | 81             | 85             | 228            | 243            | 176                 | 75             | 82             |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>   | 62              | 70             | 85             | 231            | 246            | 184                 | 64             | 75             |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 43-45           | 51             | 71             | 164            | 172            | 129                 | 51             | 62             |
| <i>Acer negundo</i>           | 35              | 41             | 50             | 205            | 217            | 182                 | 43             | 51             |
| <i>A. platanoides</i>         | 40              | 45             | 57             | 217            | 233            | 193                 | 42             | 59             |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | 51              | 58             | 65             | 236            | 243            | 192                 | 60             | 75             |
| <i>A. saccharinum</i>         | 38              | 49             | 217            | 218            | 240            | 205                 | 46             | 52             |
| <i>Ailanthus altissima</i>    | 50              | 56             | 65             | 233            | 245            | 195                 | 37             | 50             |
| <i>Viburnum opulus</i>        | 49              | 53             | 57             | 218            | 229            | 180                 | 45             | 56             |
| <i>Symphoricarpos albus</i>   | 48              | 53             | 61             | -              | 270            | 222                 | 63             | 70             |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | 35              | 44             | 55             | 193            | 205            | 170                 | 45             | 56             |
| <i>Forsythia ovata</i>        | 40              | 48             | 58             | 237            | 256            | 216                 | 42             | 50             |
| <i>Ligustrum vulgare</i>      | 39              | 42             | 48             | -              | 253            | 214                 | 50             | 60             |
| <i>Syringa vulgaris</i>       | 32              | 45             | 57             | -              | 243            | 211                 | 56 – 59        | 69             |

Примітки. Пч<sup>2</sup> – розкривання вегетативних бруньок. Фенофаза встановлюється за появою зеленого конуса (кінчиків) листків з під брунькових лусок, що розходяться або розриваються, Л<sup>2</sup> – листки повністю відокремились (обособились). Листкові пластинки розвернуті, прийняли властиву їм форму, але не досягли нормального розміру, Л<sup>3</sup> – нормальний лист, Л<sup>4</sup> – розцвічування листків, Л<sup>5</sup> – листопад, Ц<sup>4</sup> – початок цвітіння, Ц<sup>5</sup> – закінчення цвітіння

За результатами фенологічних спостережень встановлено більш ранній початок та пізній кінець вегетації на ділянках з вищим рівнем забруднення. Так,

в умовному контролі (м.т. 8) фенофаза розкриття бруньок наставала на 3–4 дні пізніше порівняно з забрудненою ділянкою (м.т. 3) (табл. 6.7, табл. 6.8). Різниця у настанні фенофаз у видів, що зростають на моніторинговій точці № 1 та контрольними ділянками складала 1–2 дні, оскільки проспект Київський розташований на півночі міста, що обумовлює зниження температур та відповідно зсув фенологічних фаз.

Жовтіння листків розпочиналось на 2–4 дні пізніше порівняно з контролем. Вегетаційний період досліджених видів деревних рослин на забрудненій ділянці був довшим на 5–8 днів.

Проведений аналіз встановлених фенофаз дозволив розділити види за строками початку та кінця вегетації на групи: з раннім початком та раннім закінченням (РР), з раннім початком та пізнім закінченням (РП), з пізнім початком і раннім закінченням (ПР) та з пізнім початком та пізнім закінченням (ПП). Самий ранній початок вегетації був відмічений 7.04, а найпізніший – 30.04, тому раннім початком вегетації вважали початок квітня, а всі інші строки були пізніми. Закінчення вегетації спостерігали з 22.09 до 25.11 (табл. 6.7, табл. 6.8). Раннім вважали завершення вегетації при масовому листопаді у кінці вересня – на початку жовтня, а пізнім – у листопаді.

До першої групи РР було віднесено 7 видів: *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, *Populus bolleana*, *Acer negundo*, *Malus niedzwetzkyana*, *Padus avium*, *Fraxinus excelsior*. До цієї групи увійшли аборигенні та інтродуковані види. Розпускання вегетативних бруньок у цих видів починалось з 7 квітня, а жовте листя масово з'являлось – з 22 вересня. Вегетаційний період тривав 129–169 днів.

До групи РП було віднесено більшу кількість досліджених видів: *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *Forsythia ovata*, *Ligustrum vulgare*, *Syringa vulgaris*, *Populus* × *canadensis*, *P. simonii*, та *Salix alba*. Розпускання бруньок у цих видів починалось з 15 квітня, а жовте листя масово з'являлось – з 20 жовтня. Вегетаційний період тривав 198–216 днів. Газостійкі види за виключенням *Acer platanoides*.

До групи ПР увійшли *Armeniaca vulgaris*, *Pyrus communis*, *Sorbus aucuparia*, *S. intermedia*, *Viburnum opulus*. Розпускання бруньок у цих видів починалось з 30 квітня, а жовте листя масово з'являлось з 25 вересня. Вегетаційний період тривав 153–180 днів. Більш стійкі до забруднюючих речовин, порівняно з групою РР.

До групи ПП було віднесено *Junglans regia*, *Tillia cordata*, *Ulmus pumila*, *U. laevis*, *Morus alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Aillantus altissima*, *Symphoricarpos albus*. Розпускання бруньок у цих видів починалось з 28 квітня, а жовте листя масово з'являлось – з 1 листопада. Вегетаційний період тривав 184–222 дні.

Середня тривалість вегетаційного періоду, що визначається переходом середньодобових температур через  $+5^{\circ}\text{C}$ , у період дослідження склала 223 дні – з першої декади квітня до другої декади листопада.

Закономірності сезонного розвитку рослин залежать не тільки від дії конкретних умов місцезростання, але й від еволюційно обумовлених ритмів, що властиві рослинам у природних ареалах [231].

Для рослин групи ПП характерний найдовший період вегетації, а для рослин групи РР найменший, групи РП та ПР займають проміжне положення. Як відмічає Тарабрин В.П. зі співробітниками, рослини з пізнім початком та пізнім закінченням вегетації є найбільш пристосованими до умов забруднення південного-сходу України [231]. У Донбасі в пізньесесінній та ранньолітній періоди в порівнянні з початком весни зростає середньодобова температура повітря, зменшуються запаси вологи у ґрунті, що сприяє появі ксероморфних ознак у листків. Особливості структурної організації органів асіміляції, визначають особливості поглинання та акумуляції рослинами аерополіутантів.

Таким чином, календарні терміни початку та закінчення вегетаційного періоду досліджених видів деревних рослин наставали у зв'язку з погоднокліматичними умовами у роки досліджень та залежно від місця зростання видів (у центрі міста чи на околиці).

### 6.3 Сезонна динаміка фітонцидної активності хвойних

Досліджені види з відділу Pinophyta відносяться до двох родин пор. Pinales: *Pinaceae* Spreng. та *Cupressaceae* F.W. Neger. Серед представників род. *Pinaceae* був досліджений один вид *Picea pungens* Engelm. та її форма *P. pungens f. glauca* Reg. Серед род. *Cupressaceae* 4 види – *Juniperus sabina* L., *J. squamata* Lamb., *J. virginiana* L. та *Platycladus orientalis* (L.) Franco). Представлені види стійкі до природно-кліматичних умов південного сходу України та витримують високий рівень забруднення повітря та ґрунтів, тому широко використовуються в озелененні міст Донбасу [171, 172].

Сезонну динаміку хвойних досліджували у лінійних (проспект Київський, м.т.1) та масивних насадженнях (парк ім. О.С. Щербакова, м.т. 2), умовний контроль – Донецький ботанічний сад (м.т. 8) протягом вегетаційних періодів 2010 та 2011 рр. Щомісячні результати наведено у таблицях (табл. 6.2, додатки табл. А.7, А.8).

Родина *Pinaceae*. При мінімальних температурах хвоя *P. pungens* та *P. pungens f. glauca* не виділяла ЛОР. За даними Г.Д. Лялюк-Вітер [140], саме на лютий у представників родини Pinaceae припадає найнижча фітонцидна активність, що пов'язано зі змінами фізіологічних процесів у рослин у зимовий період. За нашими даними, у грудні *P. pungens f. glauca* мала високі показники ФА. Час загибелі найпростіших під дією летких виділень хвої цього виду склав  $15,7 \pm 0,64$  (хв.) у рослин на м.т. 8 (додатки табл. А.7). У січні спостерігалось зменшення фітонцидної дії ЛОР, проте вона залишилась на середньому рівні. У лютому при значному зниженні температур летальна дія летких речовин *P. pungens* та її форми знижувалась до мінімальних показників. Початок вегетації, набухання вегетативних бруньок у *P. pungens* та *P. pungens f. glauca* в умовах м. Донецьк (м.т. 8) відбувається наприкінці квітня [182], одночасно з цим підвищується ФА, що обумовлено збільшенням сонячної інсоляції та початком ростових процесів у рослинах. Суттєве збільшення фітонцидної дії досліджуваних видів хвойних спостерігалось під час масового розпускання бруньок та появи хвої у травні. При посиленні ростових процесів у рослинах

виділення фітонцидів збільшується [51, 193, 288]. Пік фітонцидної дії хвої *P. pungens* припав на липень, серпень, при максимумі сонячної інсоляції. У *P. pungens* протистоцидна дія хвої поступово зростала, досягнувши піку у фазу вторинного росту (рис. 6.2). У наступну фазу (фізіологічного спокою) ФА знижувалась, досягнувши мінімальних показників у фазу глибокого спокою пагонів.

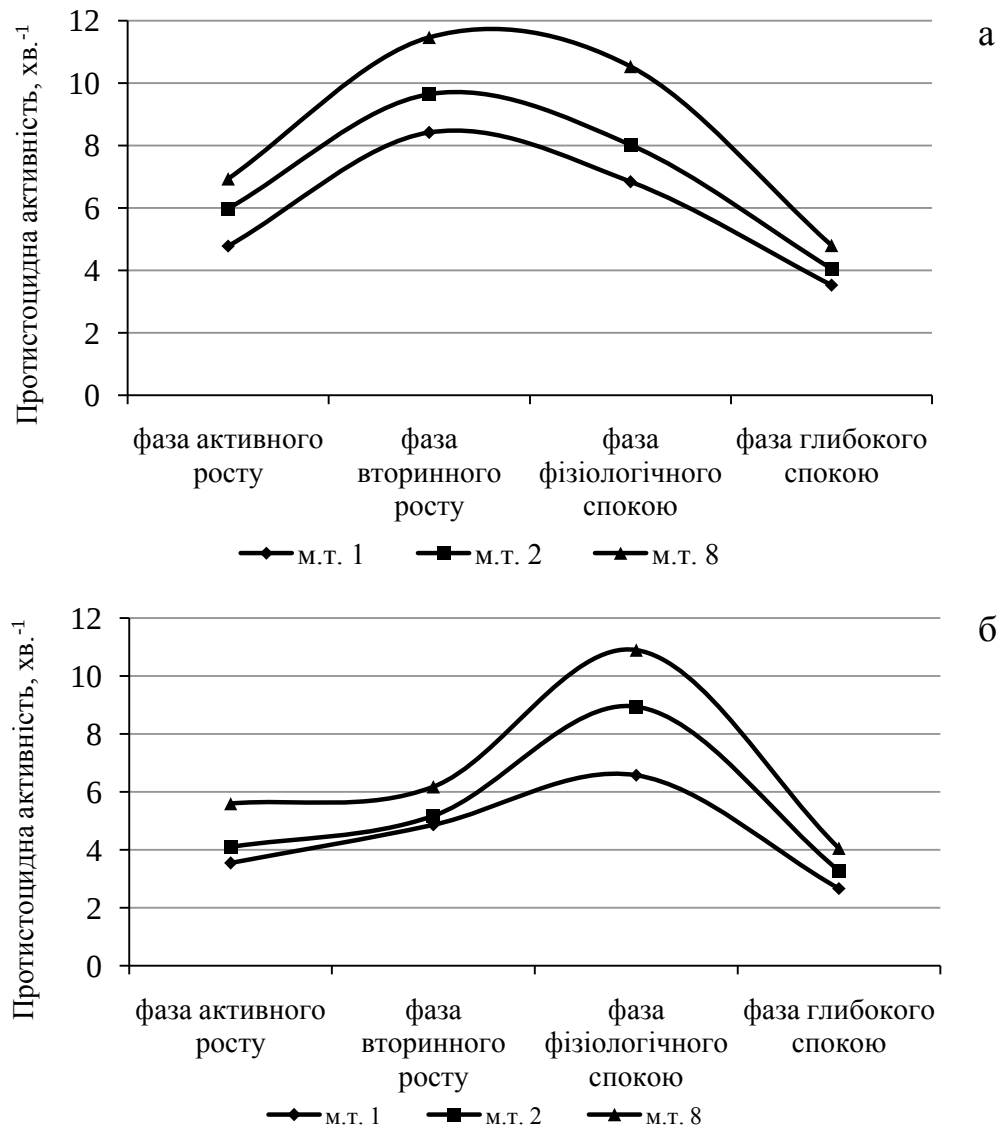


Рис. 6.2 Протистоцидна активність *Picea pungens* та *Picea pungens f. glauca* протягом вегетаційного періоду

Пік протистоцидної активності *P. pungens f. glauca* припав на грудень, що відповідає фазі фізіологічного спокою пагонів (рис. 6.3). Зі збільшенням кількості вологості повітря ФА цього виду зросла Протистоцидна активність *P. pungens* була вищою, порівняно з *P. pungens f. glauca* на усіх ділянках.

Встановлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між активністю летких фракцій хвої представників р. *Picea* та її віком ( $r=0,75$ ): найбільш сильними фітонцидними властивостями відрізняється хвоя другого року життя, що можна пояснити активізацією захисних механізмів [67, 75]. На графіках (рис. 6.2) наведено динаміку протистоцидної активності ЛОР для хвої другого року життя цих видів.

*Picea pungens* та інші види хвойних вважаються рослинами з високими фітонцидними властивостями [43, 191, 239]. При використанні *Paramecium caudatum* у якості тест-об'єкту цей вид проявляє середні фітонцидні властивості.

Протистоцидна активність по відношенню до *P. caudatum* у серпні на піці фітонцидності склала 13,9 (хв.<sup>-1</sup>) (табл. 6.2), за розробленою нами шкалою відповідає 3 балам [65], тоді як бактерицидна дія на колонії *Escherichia coli* становила 95 % та була оцінена як висока.

Окремо поставлений експеримент з вивчення первинних та вторинних ЛОР *Piceae pungens*, що зростає на м.т. 8 у липні. Так антимікробна дія інтактних гілок становила 75,4 % загибелі колоній *E. coli*, антимікробна активність непошкодженої хвої склала 56,4 %, тоді як подрібнена хвоя призводила до загибелі 72,6 % колоній тест-об'єкту. Одержані результати підтверджують високі антимікробні властивості вторинних та первинних фітонцидів хвойних.

Родина Cupressaceae. Сезонна динаміка протистоцидної дії представників роду *Juniperus* сильно варіювала. *J. virginiana* відомий своїми високими антимікробними властивостями, тому його насадження широко використовуються на Південному узбережжі Криму [4]. Максимальну протистоцидну дію *J. virginiana* виявив у фазу вторинного росту пагонів, з її подальшим різким зниженням у наступні фази розвитку (рис. 6.3, а). За нашими даними, летальна експозиція інфузорій під дією ЛОР його хвої в середньому за рік становила 10,7 хв.

У *J. squamata* максимум фітонцидної активності теж припадає на фазу вторинного розвитку пагонів, однак потім поступово знижується, на відміну від попереднього виду (рис. 6.3, б).

*J. sabina* цінний газопоглинальними та пилозатримуючими властивостями. Антимікробна дія цього виду виявилась низькою по відношенню до білого та золотистого стафілококів [236, 237, 331]. Загибель інфузорій від летких виділень ялівцю у липні становила 8,8 хв. у середній лісовій зоні Росії [41]. В урбаносередовищі протистоцидна активність цього виду становила 7,2 хв. (рис. 6.3, в). Динаміка виділення ЛОР цього виду відрізнялась від двох інших представників роду [53]. У *J. sabina* максимальна кількість ЛОР виділялась у фазу активного росту пагонів.

У досліджених представників р. *Juniperus* в квітні починається вегетація з набухання генеративних бруньок, ФА хвої при цьому зростає, однак її збільшення у 2 рази, порівняно з показниками у лютому, відбувається у травні. Саме наприкінці квітня – початку травня для цих видів характерне відокремлення хвої. Пік ФА припадає на липень, а згодом відбувається її зниження. У грудні протистоцидна дія ЛОР хвої зростає (додаток, табл. А. 7). Така закономірність характерна для *Juniperus virginiana* та *J. squamata*, у *J. sabina* найбільша протистоцидність відмічена саме на початку вегетації.

Антимікробна дія хвої *J. sabina* становила 75 % в середньому за рік [55]. Отже, *J. sabina* є високофітонцидною рослиною поряд з іншими представниками роду. Достовірно встановлено підвищення ФА на забруднених ділянках в порівнянні з контролем протягом вегетаційного сезону.

За фазами розвитку цей пік відповідає фазі вторинного розвитку пагонів. З лютого до квітня хвоя була малоактивною. Другий пік на початку зими пов'язаний з підготовкою рослини до періоду спокою, який спостерігається в подальшому при зниженні температур та триває до весни. У грудні 2011 р., за який наведені дані, середня температура коливалась від 0 до +5°C.

Антимікробна дія ЛОР хвої досліджених видів була вищою, порівняно з протистоцидною, а по відношенню до *B. subtilis* та *E. coli* неоднаковою [66].

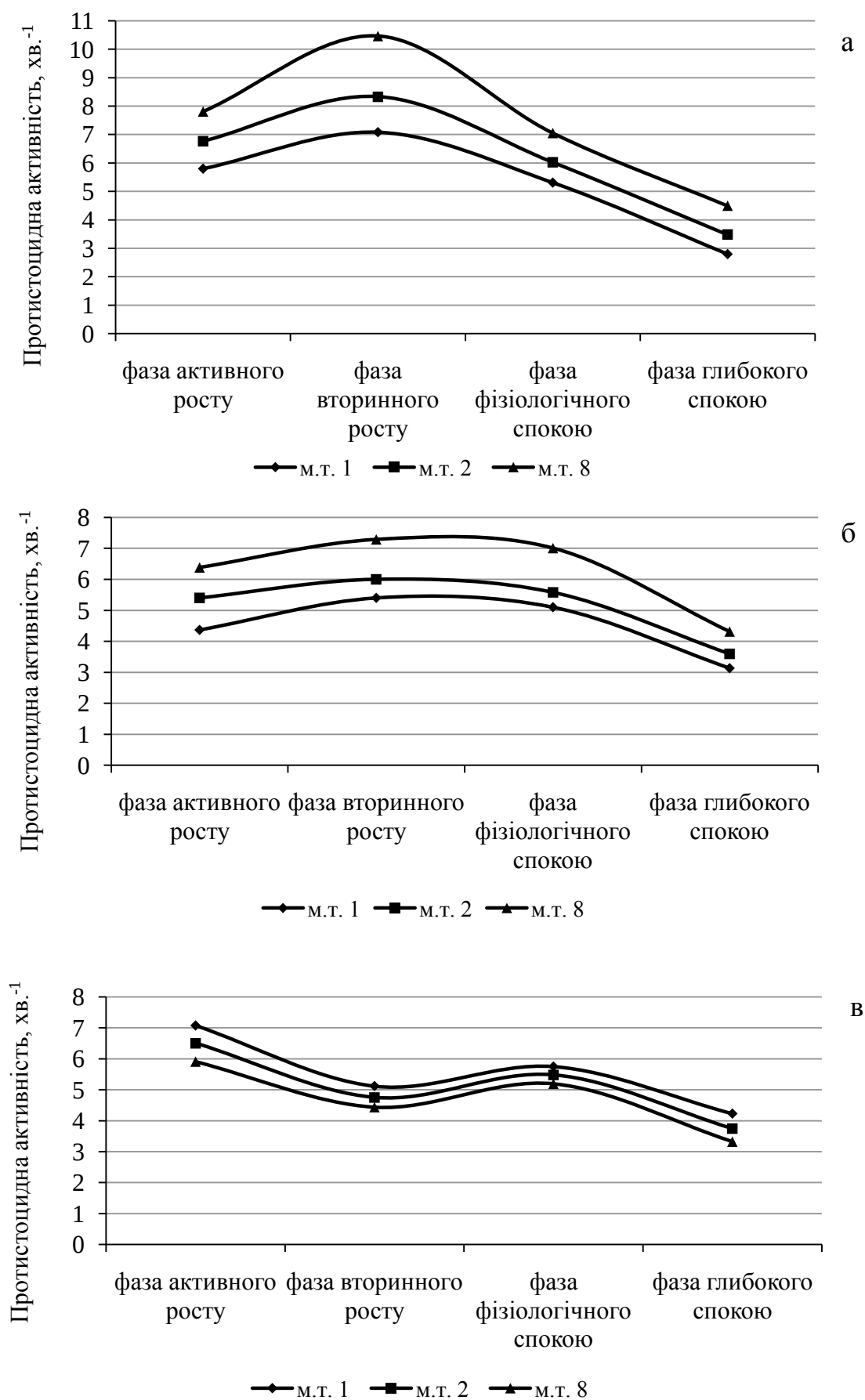


Рис. 6.3 Протистотидна активність видів р. *Juniperus* протягом вегетаційного періоду:  
а – *Juniperus virginiana*, б – *J. squamata*, в – *J. sabina*

Для *Platycladus orientalis* був відмічений пік фітонцидної активності протягом вегетаційного сезону: у липні, при максимумі сонячної активності –  $9,9 \pm 0,09$  хв.<sup>-1</sup> на ділянках ботанічного саду (рис. 6.4).

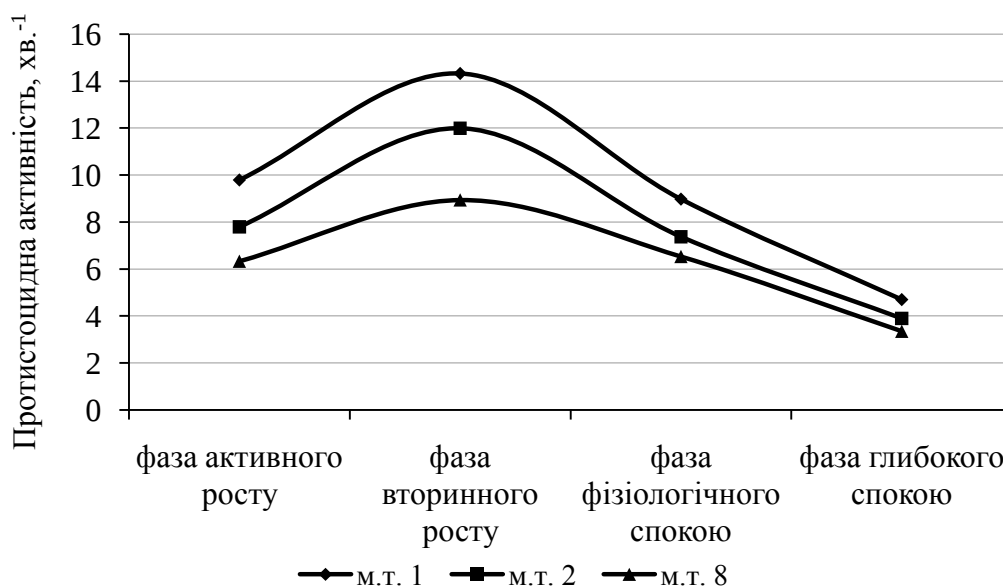


Рис. 6.4 Протистоксидна активність *Platycladus orientalis* протягом вегетаційного періоду

Слід зазначити, що забруднення повітря у вуличних та паркових насадженнях (м.т. 1 та м.т. 2) пригнічує фітонцидну дію більшості досліджених видів хвойних, особливо у хвої *Picea pungens f. glauca*, що узгоджується з результатами дослідів Акімова Ю.О. зі співавторами [6, 180]. Вони відмічали зниження, порівняно з контролем, виділення ЛОР хвоєю *P. pungens* у екземплярів, що зростали біля автодороги. Зменшення ФА хвойних співпадає зі зменшенням декоративних якостей у рослин, що зростають на загазованих ділянках. За нашими результатами, хвойні, що зростають у культурфітоценозах спеціального призначення (вуличні насадження), виявили менші протистоксидні та антимікробні властивості, ніж дерева насаджень загального призначення (парковий масив), за винятком *Juniperus sabina* та *Platycladus orientalis*.

Таким чином, для вивчених видів хвойних характерна висока ФА протягом усього сезону вегетації. Пік протистоксидної та антимікробної дії припадає на фазу вторинного росту пагонів у всіх досліджених видів, за виключенням *Picea pungens f. glauca* та *Juniperus sabina*.

#### 6.4 Сезонна динаміка фітонцидної активності листяних видів

З літературних джерел відомо, що одночасно з погодними умовами на процес формування та виділення ЛОР деревами діє стан рослини та фаза її розвитку [149, 217, 253, 302]. Характеристика фітонцидних властивостей досліджених видів наводиться за розподіленням їх на родини та роди [179].

Визначення протистоцидної та антимікробної активності видів проводили на ділянках, що й для хвойних. Дослідження проводили у вегетаційні періоди 2010-12 рр. З метою узагальнення отриманих результатів сезонної динаміки протистоцидної та антимікробної активності досліджених 12 видів деревних рослин та з додаванням 28 видів, наведено детальний аналіз динаміки фітонцидних властивостей в умовах урбанізованого середовища за фазами розвитку вегетативних органів досліджених видів. Щомісячні результати наведено у таблицях (табл. 6.1; додатки, табл. А. 9, 11).

З метою підтвердження рівнозначності дії первинних та вторинних фітонцидів вивчали подрібнені та цілі листки 17 видів деревних рослин у липні 2011 р. у Донецькому ботанічному саду (м.т. 8, умовний контроль). Результати наведено на рисунку 6.6. Для встановлення зв'язку між протистоцидною та антимікробною активністю деревних рослин досліджено 15 видів у лінійних (м.т. 1) та масивних (м.т. 8) насадженнях, з розрахунком коефіцієнту кореляції між цими показниками. Щомісячні дані з антимікробної активності наведено в додатках (додатки, табл. А.12). Для визначення впливу сезонних ритмів на фітонцидну активність деревних рослин щомісячні показники об'єднали з урахуванням фаз розвитку рослин. Активний (первинний ріст), відповідає травню, червню, вторинний ріст пагонів – липень, серпень, та фізіологічний спокій – вересень, жовтень.

Родина *Berberidaceae* Juss. У вічнозеленого виду *Mahonia aquifolium* фітонцидна активність спостерігається протягом року (рис. 6.5). Під час фенофаз набухання бруньок, бутонізації та у період цвітіння у квітні протистоцидна дія ЛОР листків *M. aquifolium* була низькою. Після закінчення цвітіння у травні, фітонцидність стрибкоподібно збільшується, порівняно з

квітневим показником, у 1,5 рази. Пік протистоцидної дії припав на липень, склавши  $11,0 \pm 0,69 \text{ хв.}^{-1}$  (м.т. 8), що відповідає фазі вторинного росту пагонів.

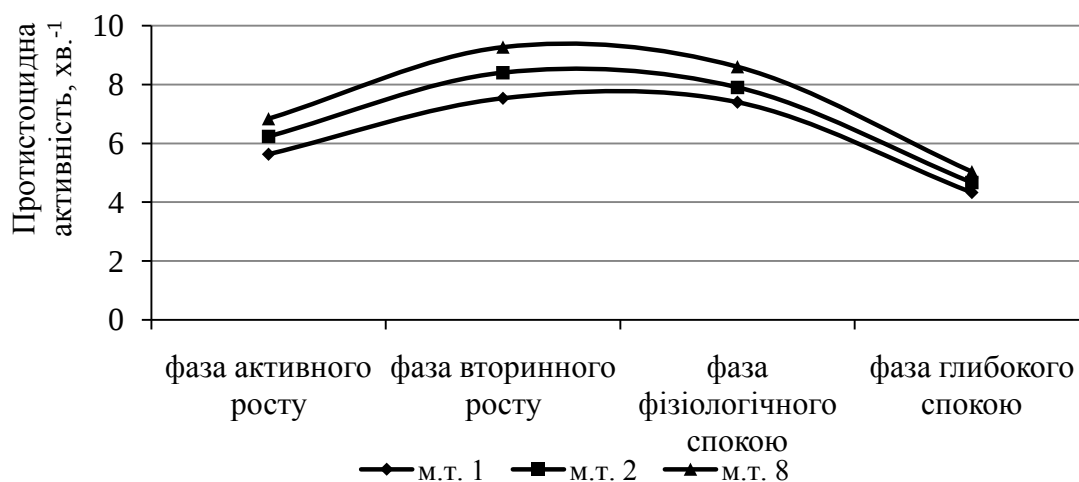


Рис. 6.5 Протистоцидна активність *Mahonia aquifolium* протягом

З вересня до березня ФА змінювалась відповідно до температурного режиму 2011 р. При позитивних температурах восени та до середини зими фітонцидність була середньою, у лютому та березні, при погіршенні погодних умов (низькі температури, потужні східні та північні вітри), ФА досягла свого мінімуму. Зниження протистоцидної дії припадає саме на фазу глибокого спокою рослин. Стрибкоподібну зміну фітонцидності відмічає М.В. Григор'єва для цього виду в умовах м. Воронежа [83]. Отже, на сезонну динаміку ФА *M. aquifolium* впливають зміни фенофаз та метеорологічні фактори.

Протистоцидна дія *Mahonia aquifolium* була на однаковому рівні з антимікробною (додатки, табл. А.12). Антимікробна дія у подрібнених листків більша, ніж у цілих. У подрібнених листків антимікробна активність по відношенню до *Escherichia coli* складає 68 % у липні при максимальній ФА. Цілі листки рослин пригнічували ріст колоній *B. subtilis* на 30 % (рис. 6.6).

Родина Betulaceae Gray. З цієї родини досліджено найбільш розповсюджений вид *Betula pendula*. Для насаджень *B. pendula* характерне поступове наростання протистоцидної дії ЛОР листків протягом вегетації, що відповідає динаміці ФА видів р. *Betula* [83]. Набубнявілі бруньки та молоді листки виділяли більшу кількість ЛОР. Розраховували коефіцієнт кореляції між протистоцидною активністю та метеорологічними факторами (температурою

та вологістю повітря) для *Betula pendula*, з метою підтвердження впливу стійкості деревних рослин на їхню фітонцидну активність.

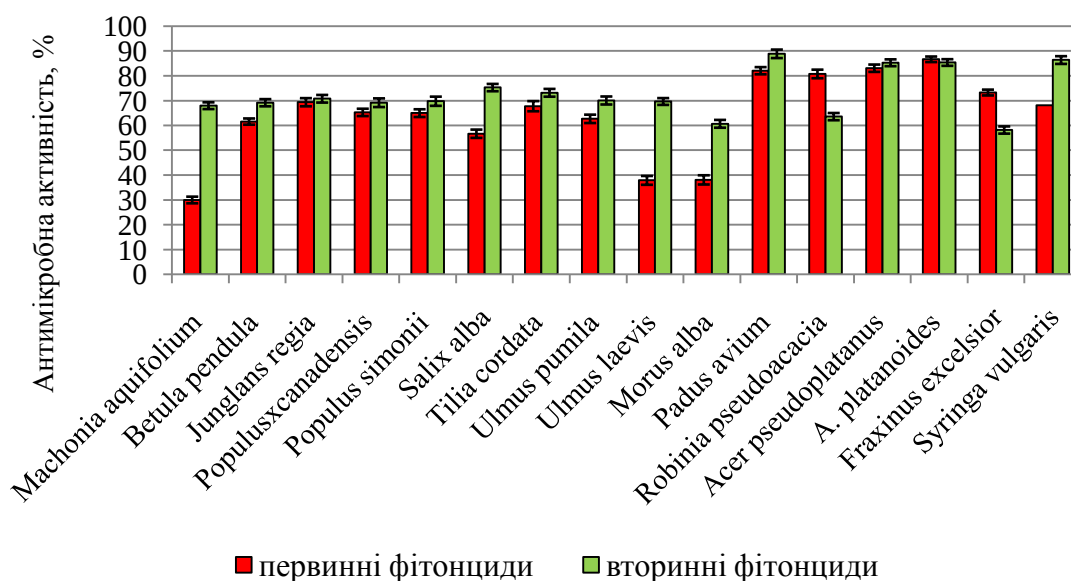


Рис. 6.6 Антимікробна активність (% загиблих колоній *E. coli*) первинних та вторинних фітонцидів деревних рослин (м.т. 8)

Максимум активності припадає на серпень, у фазу вторинного росту пагонів, та різько знижується у фазу фізіологічного спокою. Наведена динаміка характерна для забрудненої ділянки (м.т. 1), однак у контролі (м.т. 8) вираженого піку та кореляції з температурою повітря та вологістю не було відмічено (рис. 6.7). Виявлено високий коефіцієнт кореляції між температурою та протистогідною дією листків *B. pendula* на м.т. 1 ( $r = 0,88$ ). З вологістю повітря зв'язку не встановлено ( $r = 0,21$ ), як і у контролі. За сумісної дії техногенного та гідротермічного стресу протистогідна дія *B. pendula* зростала, що обумовлено низькою газостійкістю цього виду.

ЛОР листків *B. pendula* виявили середню фітонцидну активність протягом вегетаційного періоду. Антимікробна та протистогідна дія ЛОР листків *B. pendula* були на однаковому рівні (додатки, табл. А.12). Т.В. Старовойтова разом зі співавторами відмічали, що клітини стафілококу на листках *B. pendula* відмирали протягом 2 – 3 годин [237]. У дослідях В.Н. Власюка зниження росту колоній *E. coli* під впливом раньових фітонцидів *B. pendula* відбувалось до

50 %, порівняно з контролем, тоді як раньові фітонциди *Pinus sylvestris* у цих умовах дослідів повністю пригнічували розвиток колоній [39].

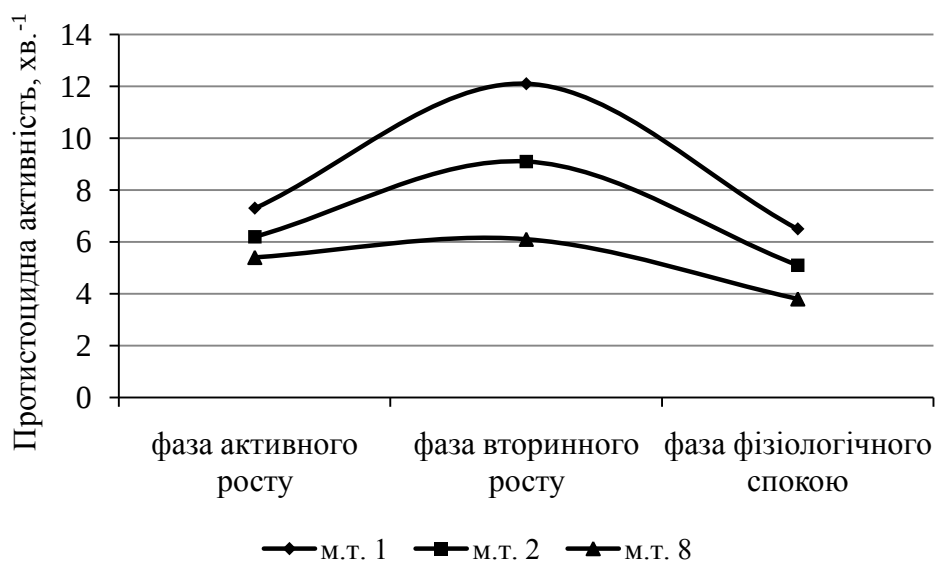


Рис. 6.7 Протистостидна активність *Betula pendula* протягом вегетаційного сезону

За нашими даними, вторинні фітонциди берези повислої у серпні пригнічують розвиток колоній *E. coli* на 69 % (рис. 6.6), виявляючи високі антимікробні властивості, що узгоджується з результатами експерименту М.В. Кочергіної [135]. Протистостидна активність цього виду у серпні, також була на високому рівні, летальна експозиція парамецій становила  $13,7 \pm 0,24$  хв. у дерев вздовж проспекту Київського (додатки, табл. А.12). Коефіцієнт кореляції між протистостидними та антимікробними властивостями *Betula pendula* складає 0,71.

Родина Juglandaceae DC. ex Perleb. Для *Juglans regia* характерне наростання фітонцидної дії листків з травня до серпня, у вересні спостерігається незначне зниження протистостидності (рис. 6.8).

Впродовж вегетації у *J. regia* найбільш активні ЛОР виділялись у фазу вторинного росту пагонів, однак зниження протистостидності у наступну фазу було недостовірним. Цей вид є газостійким, тому тенденція змін протистостидної активності протягом вегетації була однаковою.

Т.В. Старовойтовою зі співавторами були проведені дослідів з порівняння антимікробної дії листків *J. regia* по відношенню до тест-культури в природних умовах, з використанням спеціальних поліетиленових камер та інтактних

листіків методом опарення. Інтактні листки цього виду характеризувались значною антимікробною дією, тоді як в природних умовах росту закономірної дії ЛОР його листків по відношенню до тест-культури не виявлено [78, 88, 236].

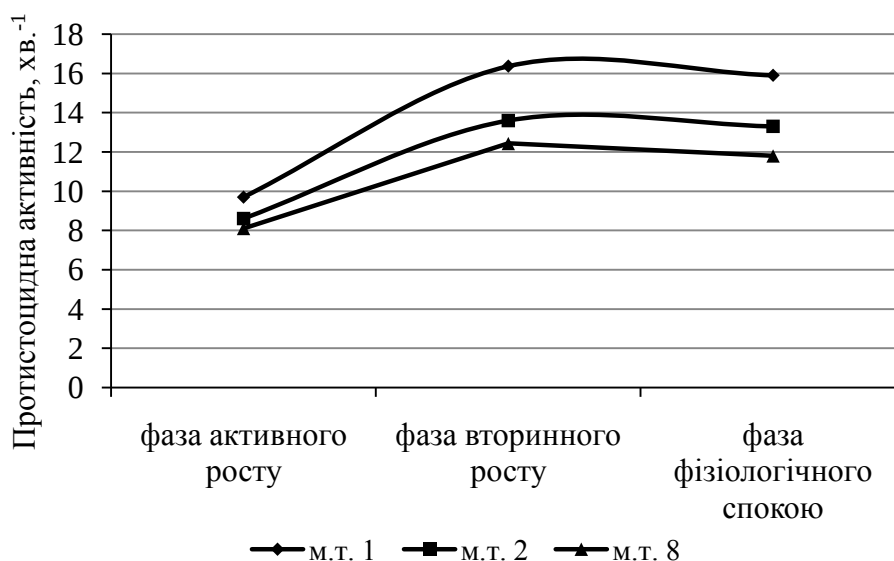


Рис. 6.8 Протистостидна активність *Junglans regia* протягом вегетаційного сезону

За нашими даними, інтактні листки *J. regia* також володіють значною фітонцидною дією. Леткі виділення листків *Junglans regia*, що зростають вздовж автомагістралі, пригнічують ріст колоній *E. coli* на 66 % в середньому за вегетаційний період [66].

Є дані, що ЛОР листків *Junglans regia* у лісовій зоні характеризуються високою бактерицидною здатністю [83]. В результаті наших досліджень було виявлено в урбанізованому середовищі високі антимікробні та протистостидні властивості листків *J. regia*, коефіцієнт кореляції у серпні склав 0,51. Пік ФА *J. regia* припав саме на серпень, склавши 70 % та  $20,0 \pm 0,29$  хв.<sup>-1</sup> у рослин, що зростають на м.т. 1 (додатки, табл. А.11, А.12), що у 1,3 та 1,5 рази перевищило дані показники в контролі. Під дією летких речовин подрібнених листків *J. regia* особини *Paramecium caudatum* зупинялись та набували кулястої форми, а потім розпадались на окремі частинки (рис. 6.9). Таку дію на тест-об'єкт можна пояснити, вмістом у листках великої кількості біологічно активних речовин – альдегідів, ефірних олій, алкалоїдів, дубільних речовин, кумаринів, хінонів, ароматичних вуглеводнів [78, 88, 196].

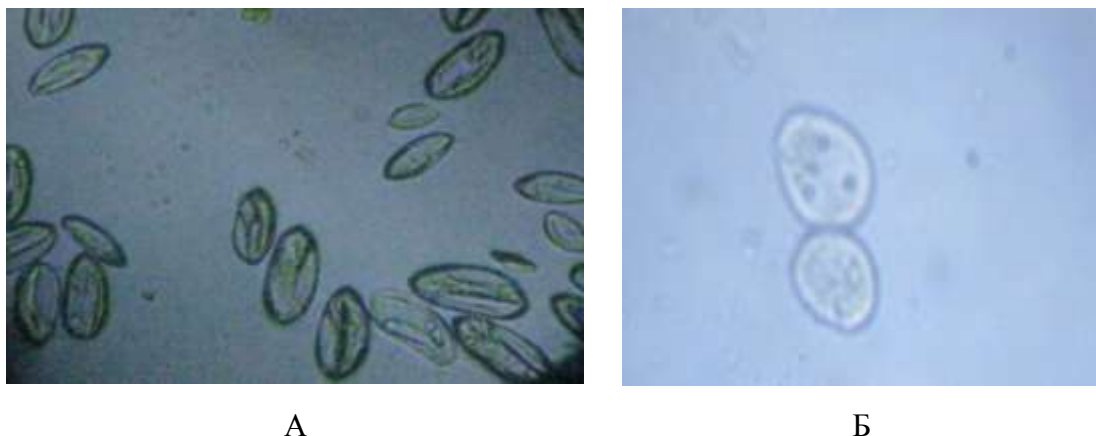


Рис. 6.9. Зміна форми тіла *Paramecium caudatum* під дією летких виділень листків *Junqlans regia*: А – тест-об'єкт до початку дії летких фітонцидів; Б – тест-об'єкт під дією летких фітонцидів

Антимікробна дія ЛОР подрібнених та цілих листків *J. regia* була подібною 70,8 % та 69,4 % по відношенню до *E. coli* у серпні, коли був відмічений пік ФА (рис. 6.6).

Родина Salicaceae Mirb. У видів р. *Populus* L. максимум протистоцидної дії відмічений у фазу вторинного росту пагонів (рис. 6.10). У *Populus bolleana* та *P. × canadensis*, як у середньогазостійких видів, інтенсивність виділення ЛОР на м.т. 1, за дії посухи, значно перевищує протистоцидну активність на відносно чистих ділянках (рис. 6.10, а, б). У *P. simonii*, що є газостійким видом, динаміка була подібною.

Слід зазначити, що у вивчених представників роду у фазу зеленого конусу, молоді листки у квітні, характеризуються вираженою протистоцидною дією. Протистоцидну дію ЛОР бруньок пов'язують з наявністю у них комплексу біологічно активних речовин. Рядом авторів, у корі та бруньках *P. alba*, *P. nigrum*, *P. balsamifera* та інших, виявлені флавоноїди, фенолкарбонові кислоти, фенол, глюкозиди, дубильні речовини. Ці речовини мають антимікробну та протистоцидну активність [20, 22, 28, 33, 265, 272].

Загибель інфузорій під дією ЛОР набубнявілих бруньок *P. simonii* та *P. bolleana* відбувається, відповідно, за  $10,8 \pm 0,70$  хв. та  $13,8 \pm 0,44$  хв. на проспекті Київському (м.т. 1) (додатки, табл. А.11). Молоді листки у другій половині квітня виділяють більш активні ЛОР, порівняно з бруньками.

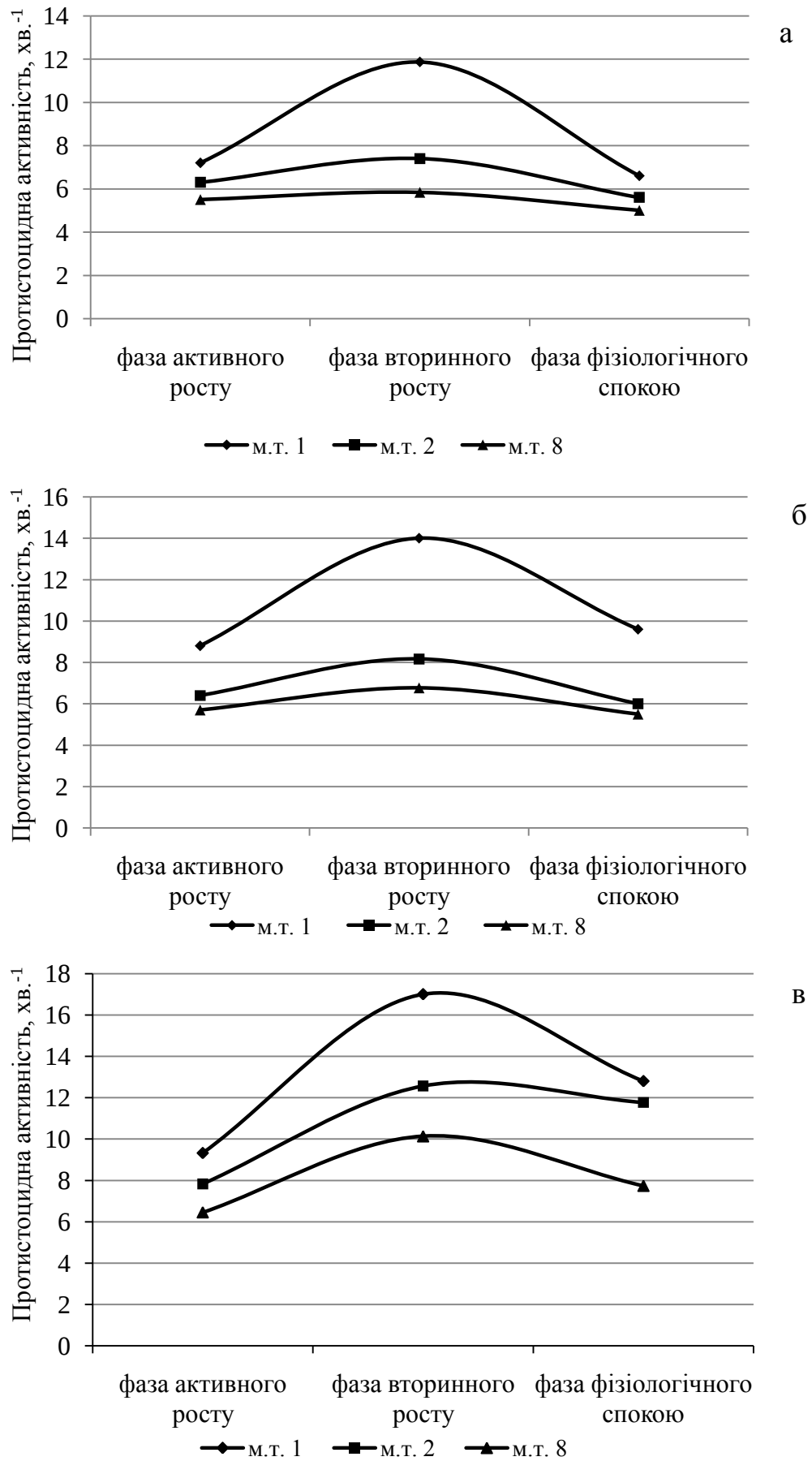


Рис. 6.10 Протистогідна активність видів р. *Populus* протягом вегетаційного сезону:  
а – *Populus bolleana*, б – *Populus × canadensis*, в – *Populus simonii*

Після плодоношення у першій декаді травня ФА листків *P. × canadensis* Moench була середньою 8,8 хв.<sup>-1</sup> (11,4±0,39 хв.) на тій же ділянці (додатки, табл. А.11).

Для *Populus simonii* провели окремий експеримент з метою порівняння первинних фітонцидів (інтактних гілок та листків) та вторинних фітонцидів (подрібненні листки). Гілки *P. simonii* виділяють більшу кількість ЛОР (75 %), ніж інтактні листки (65 %), а ЛОР, що утворюються при подрібненні листків цього виду, пригнічують ріст колоній тест-культури на 80 % при максимальній фітонцидній дії. При максимальній фітонцидності у липні ЛОР розтертих та цілих листків *P. simonii* спричиняють однакову антимікробну дію по відношенню до колоній *E. coli* (рис. 6.6).

Молоді листки *Salix alba* виділяли малоактивні леткі речовини, як і листки на початку осіннього забарвлення листя (рис. 6.11). Низька фітонцидна дія ЛОР бруньок пов'язана з цвітінням *S. alba*, оскільки у цей час більша частина фізіологічно активних речовин використовується на внутрішні процеси рослини. Максимальна ФА була відмічена в липні. М.В. Григор'єва вказує на подібну динаміку фітонцидної дії ЛОР *S. alba* у лісовій зоні, проте відмічає вищі показники протистоцидної дії у літні місяці [83]. Це можна пояснити різними кліматичними умовами лісової та степової зон.

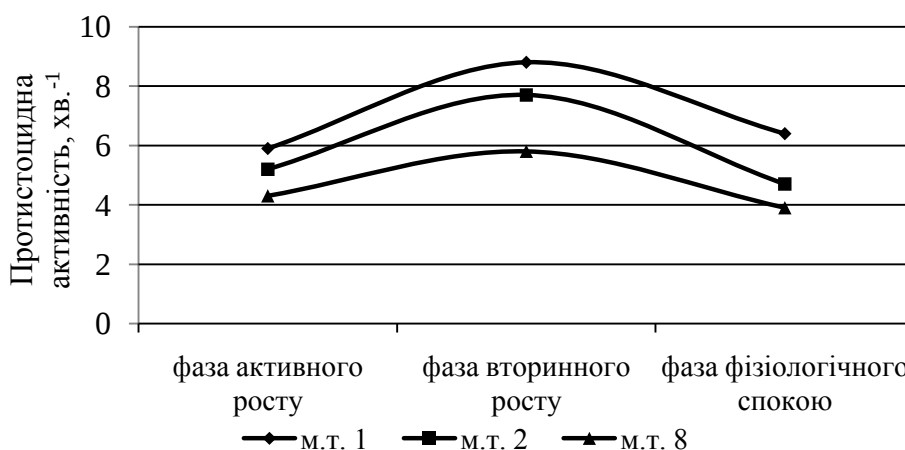


Рис. 6.11 Протистоцидна активність *Salix alba* протягом вегетаційного сезону

Характер змін протистоцидної активності *S. alba* протягом сезону вегетації був однаковим на усіх ділянках, оскільки цей вид є газостійким.

ЛОР характеризувались середніми та низькими протистоцидними властивостями протягом вегетаційного періоду. Проте їхні антимікробні властивості були високими з червня до вересня та коливались від 68% до 75% на дослідній ділянці. Коефіцієнт кореляції між протистоцидною та антимікробною активністю становить 0,87 [55, 68]. За результатами дослідів Т.В. Старовойтової та О.С. Лахно інтактні листки *S. alba* спричинювали загибель 27,1 % колоній *S. aureus* [237]. ЛОР розтертих листків *S. alba* пригнічували ріст колоній *E. coli* на 68,2 %, тоді як бактерицидна дія цілих листків була у 1,4 рази нижчою.

Для досліджених видів родини Salicaceae виявлено тенденцію до більшої антимікробної активності по відношенню до грам-негативної бактерії *E. coli*, порівняно з *B. subtilis*, за винятком листків *P. x canadensis* на моніторинговій точці 1, ЛОР яких пригнічували ріст колоній *B. subtilis* на 75,5 %, що на 7 % перевищило даний показник по відношенню до *E. coli*. У дослідях Н.А. Хижняк та К.А. Фельдберг інтактні листки *P. x canadensis* виявили помірну дію до *E. coli*, що підтверджує отриманий результат [254].

Родина *Tiliaceae* Juss. Набубнявілі бруньки *Tillia cordata* мали низьку ФА  $4,3 \pm 0,56$  (хв.<sup>-1</sup>) у контролі (рис. 6.12). На початку травня у листків стандартного розміру збільшуються фітонцидні властивості. У червні протистоцидність *T. cordata* знижується при достатньо високих середніх температурах, що пов'язано з вступом дерев у фазу цвітіння та плодоношення, відбувається зав'язування та дозрівання плодів. Більшість речовин, що утворюється в процесі фотосинтезу, йде на потреби рослинного організму, тому кількість ЛОР, що вивільнюється назовні, зменшується.

У м. Воронежі для *T. cordata* спостерігали подібну залежність ФА від фенофаз [78]. У липні ЛОР листків знову були активними, спостерігався пік фітонцидної активності, що співпадає з максимумом температур за вегетаційний період. Зі зниженням температури ФА зменшується.

Для *T. cordata* прослідковується вплив на динаміку фітонцидності метеофакторів (температури) (табл. 6.1) та зміни фенологічних фаз протягом

вегетаційного сезону. *T. cordata* є відносно газостійкою рослиною, що підтверджується динамікою ФА. На загазованій ділянці м.т. 1 протистоцидна дія листків цього виду зростає у 1,5 рази.

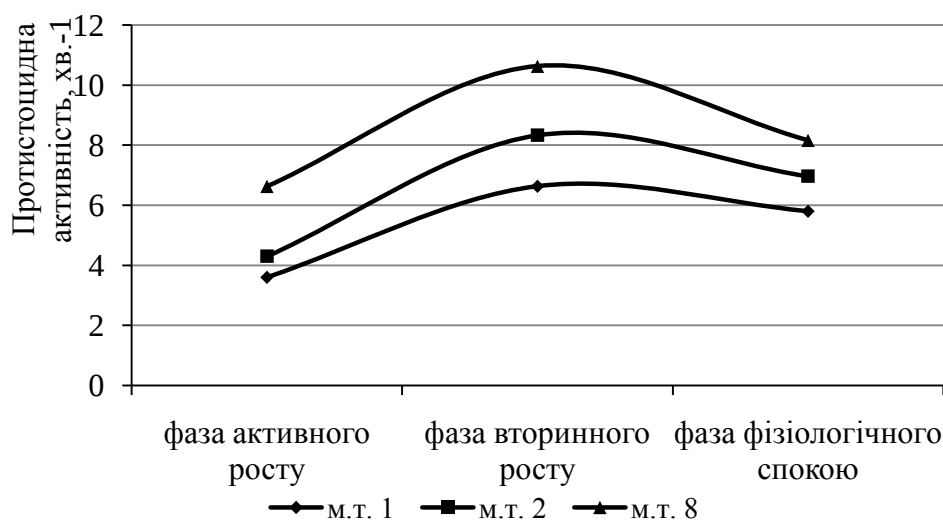


Рис. 6.12 Протистоцидна активність *Tillia cordata* протягом вегетаційного сезону

Рядом дослідників відмічено низьку антимікробну дію раньових фітонцидів листків *T. cordata* по відношенню до колоній тест-культур [131, 223, 224]. В умовах урбанізованого середовища, *T. cordata* по відношенню до *E. coli* проявила середню антимікробну дію у літні місяці на відносно чистій ділянці (додатки, табл. А. 12). Первинні фітонциди цього виду призводили до загибелі 68 % колоній *E. coli*, тоді як вторинні до 73 % (рис. 6.6).

Родина Ulmaceae Mirb. *Ulmus pumila* показав середні протистоцидні та високі антимікробні властивості. У червні, коли ФА летких виділень листків *U. pumila* досягла максимуму, його протистоцидна дія склала  $7,8 \pm 0,41$  хв.<sup>-1</sup>, а антимікробна – 70 % (додатки, табл. А.11, 12). ЛОР листків *U. laevis* проявили нижчі фітонцидні властивості, ніж *U. pumila*. *U. laevis* виявив низькі протистоцидні властивості протягом вегетаційного сезону, з максимумом у червні ( $3,8$  хв.<sup>-1</sup>), а його антимікробна дія була високою (68 %) на м.т. 1. У контролі дані показники були нижчими.

Молоді листки *U. laevis* при пожовтінні виділяли малоактивні ЛОР, що узгоджується з даними дослідів М.В. Кочергіної [135]. Для *U. pumila* також відмічено поступове наростання фітонцидної дії, пік якої у серпні, а потім її

зниження. Найменша протистоцидна дія була характерна для листків *U. pumila* у жовтні, при повному їх пожовтінні (рис. 6.13).

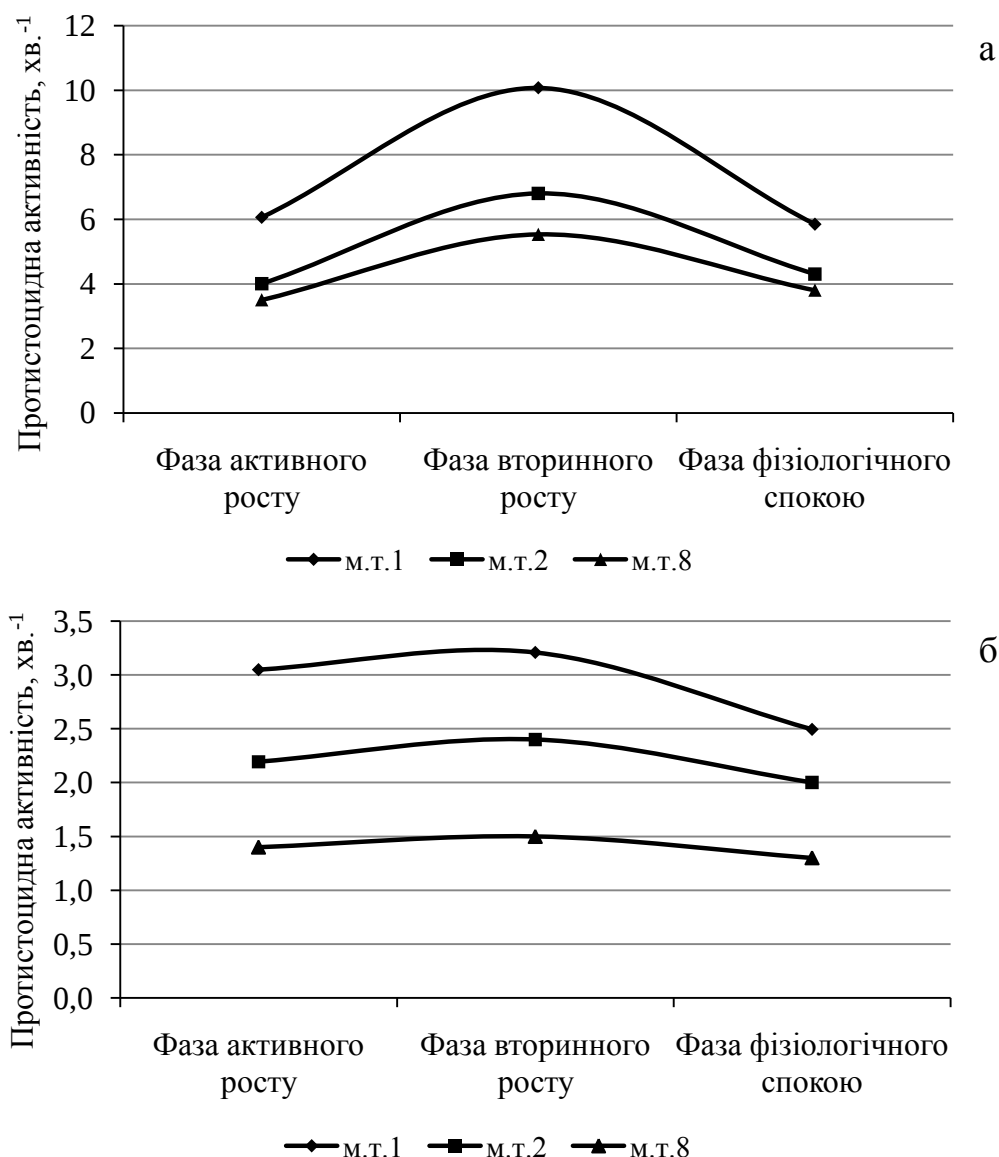


Рис. 6.13 Протистоцидна активність видів р. *Ulmus* L. протягом вегетаційного сезону: а – *Ulmus pumila*, б – *U. laevis*

Низька протистоцидна дія ЛОР листків *U. laevis* відмічена рядом дослідників, так у дослідях Б.П. Токіна загибель інфузорій під дією раньових фітонцидів цього виду відбувалась до 55 хв. [251]. Леткі фітонциди інтактних листків *U. laevis* пригнічували ріст колоній золотистого стафілококу на 18 % [236]. Однак, *Ulmus pumila*, за даними А.С. Спахової та В.М. Коновалової, в умовах забруднення атмосфери промисловими газами характеризується високими антимікробними властивостями [231], що узгоджується з нашими даними. Вторинні фітонциди листків *U. laevis* у 2,4 рази

характеризується вищою антимікробною дією, ніж вторинні ЛОР їхніх листків (рис. 6.6).

Рбдина *Moraceae* Link. ФА *Morus alba* поступово зростає з травня до липня, досягаючи максимуму, а потім знижується. Листки на початку жовтіння виділяють активніші ЛОР, порівняно з молодими листками, у фазу фізіологічного спокою (рис. 6.14), що характерно для м.т 1, на ділянках з меншим антропогенним навантаженням (м.т. 2, м.т. 8) протистогіцидність *M. alba* восени була нижчою порівняно з фазою активного росту пагонів, навесні. *M. alba* є відносно газостійкою рослиною, однак високо посухостійкою.

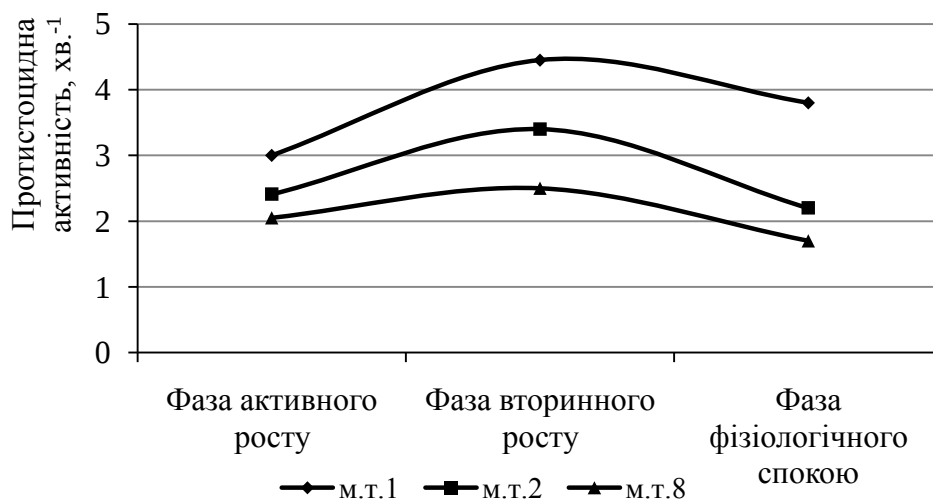


Рис. 6.14 Протистогіцидна активність *Morus alba* протягом вегетаційного сезону

Протистогіцидні та антимікробні властивості ЛОР листків характеризувались низькою дією ( $21,6 \pm 0,65$  хв. та 38 %) (додатки, табл. 8). Бактерицидна дія листків *M. alba* в умовах м. Києва була також низькою [236]. Слід відмітити, що у *M. alba* було відмічено динаміку дії ЛОР (рис. 6.14), тоді як М.В. Григор'єва не прослідковувала її [83].

Родина *Rosaceae* Juss. За даними М.В. Григор'євої, представники р. *Malus* Mill. в околицях м. Воронежа характеризувались, малоактивними по відношенню до *P. caudatum*, леткими речовинами протягом вегетаційного періоду, з ледь помітним піком влітку [83]. За нашими результатами, в умовах урбанізованого середовища ФА, *Malus niedzwetzkyana* зростала у фазу активного росту пагонів, поступово знижуючись до фази фізіологічного

спокою (рис. 6.15, а). Однак, ця закономірність була характерна для м.т. 1, оскільки цей вид є відносно газостійким.

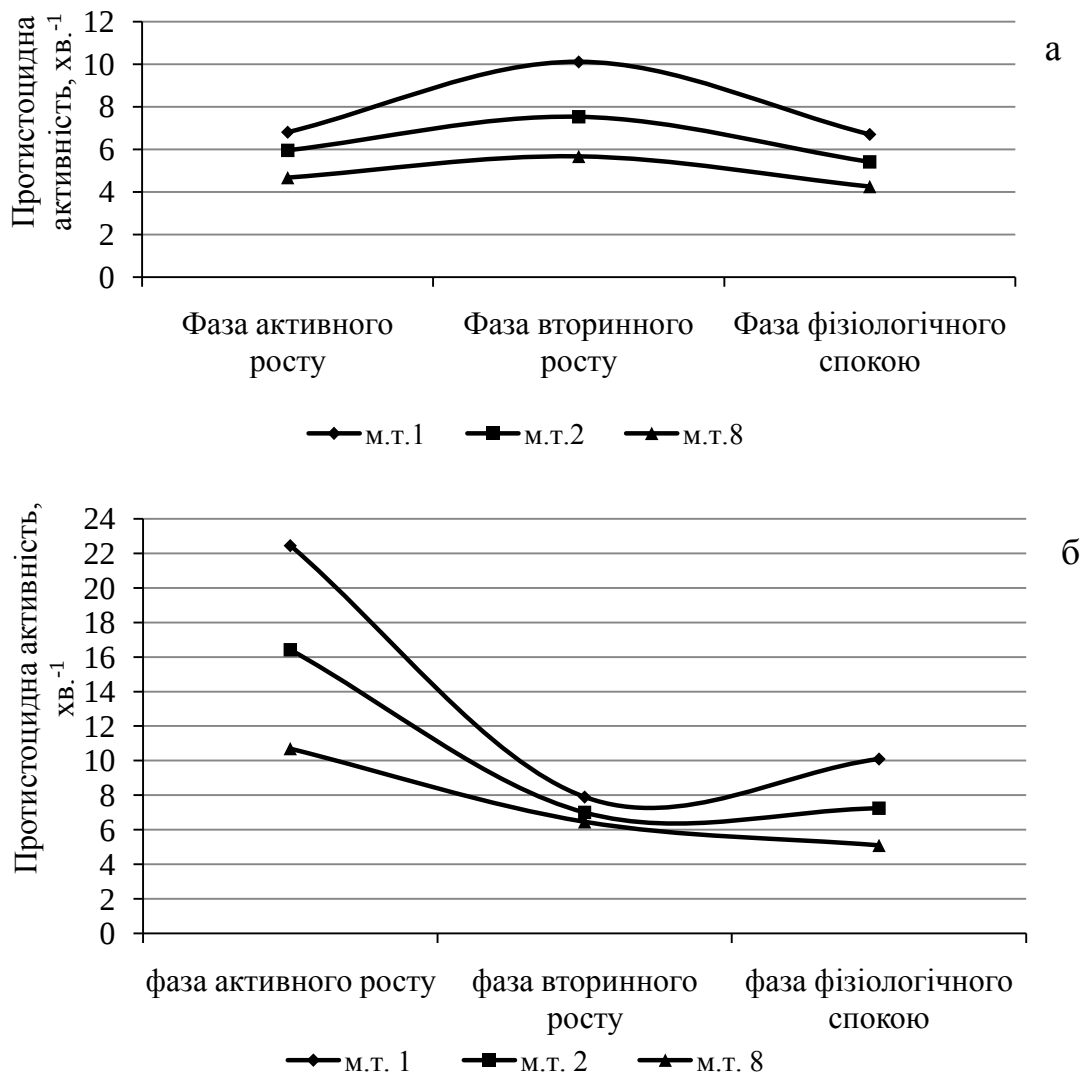


Рис. 6.15 Протистоцидна активність *Malus niedzwetzkyana* (а) та *Padus avium* (б) протягом вегетаційного сезону

Мінімальну протистоцидну дію ЛОР спричинювали на стадії відокремлення та розгортання листків – у квітні, а також при пожовтінні листків – у вересні. В цілому для *Malus niedzwetzkyana* була відмічена середня протистоцидність  $12,9 \pm 0,31$  хв.<sup>-1</sup> та висока бактерицидність (70 %) у червні у вуличних насадженнях (м.т. 1) (додатки, табл. А. 11, 12). Забруднюючі речовини стимулювали фітонцидну дію *M. niedzwetzkyana*, що узгоджується з даними співробітників Луганського національного університету ім. Тараса Шевченка Р.Я. Ісаєвої, А.П. Швечикової, Т.М. Косогової [115].

Для *Padus avium* встановлено залежність між фітонцидністю листків та фенологічною фазою рослин. Навесні на стадії розгортання листків, у фазу активного росту, протистоцидна дія ЛОР листків була високою (рис. 6.15, б). На початку травня після фази цвітіння стандартні листки виділяють ЛОР, що спричинюють загибель інфузорій за найменший час [52]. У літні місяці у *P. avium* спостерігалось зниження ФА, з невеликим збільшенням восени, у фазу фізіологічного спокою. Тенденція може бути пояснена хімічним складом листків цього виду, амідгдалін може синтезуватись та вивільнюватися назовні саме під час цвітіння та при дозріванні плодів [21]. У інтактних листків утворення синільної кислоти неможливе, оскільки субстрати та ферменти цієї реакції локалізовані у різних органелах.

Під час руйнування тканин специфічні глікозидази відщеплюють цукор, а проміжний продукт цианогідрин розпадається з утворенням кетона або альдегіду та HCN [202].

Найбільш інтенсивні виділення спостерігали у рослин вуличних насаджень (м.т. 1) – загибель інфузорій протягом  $17,8 \pm 0,35$  хв.<sup>-1</sup> у квітні та  $26,7 \pm 0,16$  хв.<sup>-1</sup> – у травні, після масового цвітіння (додатки, табл. А.11). Антимікробна активність у травні склала 82 % (додатки, табл. А.12), коефіцієнт кореляції між антимікробною та протистоцидною дією – 0,76. Первинні та вторинні фітонциди *P. avium* володіють високою антимікробною активністю (88,9 та 82,3 % загибелі колоній *E. coli*).

У червні протистоцидні властивості летких виділень листків *P. avium* на усіх ділянках залишаються високими. У липні та серпні, у фази вторинного росту пагонів, фітонцидна активність її листків знижується до середніх показників (рис. 6.15, б). У дослідях М.В. Григорьєвої встановлено високу протистоцидну дію для *P. avium*, з піком у липні [83].

Молоді листки *A. vulgaris* та *P. communis* у травні виділяли більш активні ЛОР, порівняно з квітнем. Масове цвітіння у *A. vulgaris* було відмічено наприкінці квітня (19.04 – 25.04) (табл. 6.8). Влітку ФА цих видів зростала,

знижуючись у вересні. Максимальна протистоцидна дія ЛОР листків *A. vulgaris* була відмічена у липні, а *P. communis* – у серпні (рис. 6.16).

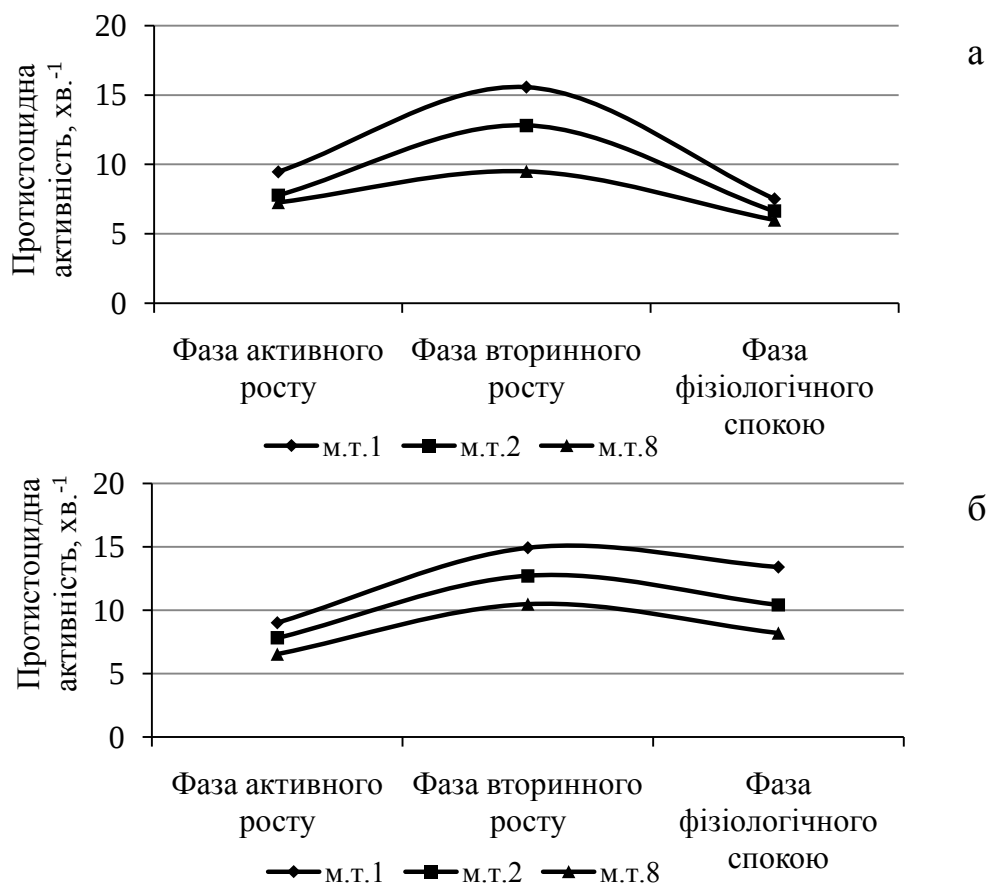


Рис. 6.16. Протистоцидна активність *Armeniaca vulgaris* (а) та *Pyrus communis* (б) протягом вегетаційного сезону

*Sorbus aucuparia* та *S. intermedia* при однаковій динаміці фітонцидної активності протягом вегетаційного сезону, відрізнялись за її величиною (рис. 6.17). Починаючи від молодих листків до їхнього пожовтіння фітонцидна дія ЛОР *S. aucuparia* була вищою: так у серпні при максимумі ФА вона різнилась у 1,5 рази у ботанічному саду (м.т. 8).

*S. aucuparia* та *S. intermedia* виявили найбільшу протистоцидну дію на відносно чистій ділянці (м.т. 8). Ці види є засухостійкими, однак за газостійкістю вони відрізняються один від одного. *S. aucuparia* відноситься до відносно газостійких видів, відмічається дуже повільне відновлення декоративності, тоді як *S. intermedia* є середньогазостійким видом [15, 141].

Антимікробна активність *S. aucuparia* була вищою, ніж протистоцидна. Г.В. Ділова, А.Н. Пряжніков, М.В. Кочергіна відмічають слабку бактерицидну

дію фітонцидів розтертих листків *S. aucuparia* по відношенню до *E. coli* [90, 134, 193].

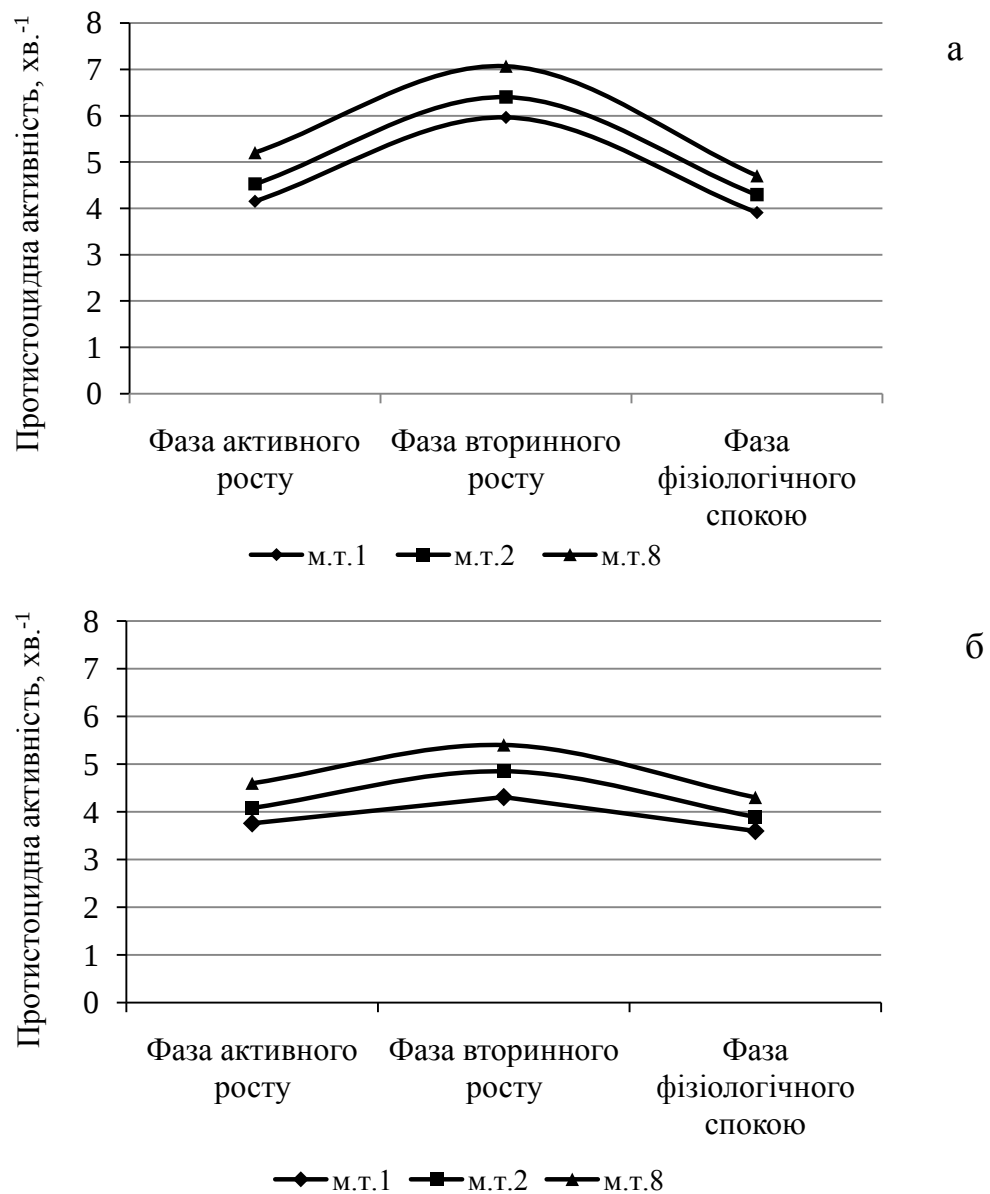


Рис. 6.17 Протистоцидна активність р. *Sorbus* протягом вегетаційного сезону: а – *Sorbus aucuparia*, б – *S. intermedia*

За нашими результатами, подрібнені листки цього виду спричинювали загибель 70 % колоній *E. coli* (додатки, табл. А.12). В умовах урбанізованого середовища при дії забруднюючих речовин фітонцидність *Sorbus aucuparia* та *S. intermedia* знижувалась.

Усім дослідженим представникам родини Rosaceae властиві високі та середні фітонцидні властивості. Набубнявілі бруньки досліджених видів цієї

родини (*Armeniaca vulgaris*, *Malus niedzwetzkyana*, *Pyrus communis*, *Sorbus aucuparia*, *S. intermedia*), у квітні виділяли ЛОР з середньою антимікробною та протистогцидною дією. Для усіх, досліджених видів родини було відмічено поступове збільшення фітонцидної дії протягом вегетаційного періоду, з максимумом влітку, а потім зниження при пожовтінні листків. Винятком з цієї закономірності стала *P. avium*, її ЛОР були активними навесні, а далі відбувалось зниження антимікробної та протистогцидної дії.

Родина Fabaceae Lindl. Молоді листки *Robinia pseudoacacia* у фазу активного росту пагонів виділяли ЛОР з середніми фітонцидними властивостями (рис. 6.18). Саме в цьому місяці у *R. pseudoacacia* відбувалось масове цвітіння (табл. 6.8). У червні ФА збільшувалась, досягнувши піку у липні при максимальних температурах. У вересні спостерігали спад протистогцидної та антимікробної дії листків *R. pseudoacacia*. У фазу фізіологічного спокою протистогцидність цього виду знижувалась.

Слід зазначити, що у 2012 р., під час посухи, у жовтні, ФА *R. pseudoacacia* була максимальною, у фазу фізіологічного спокою, що пояснюється тісним зв'язком виділення ЛОР з метеорологічними факторами (табл. 6.1).

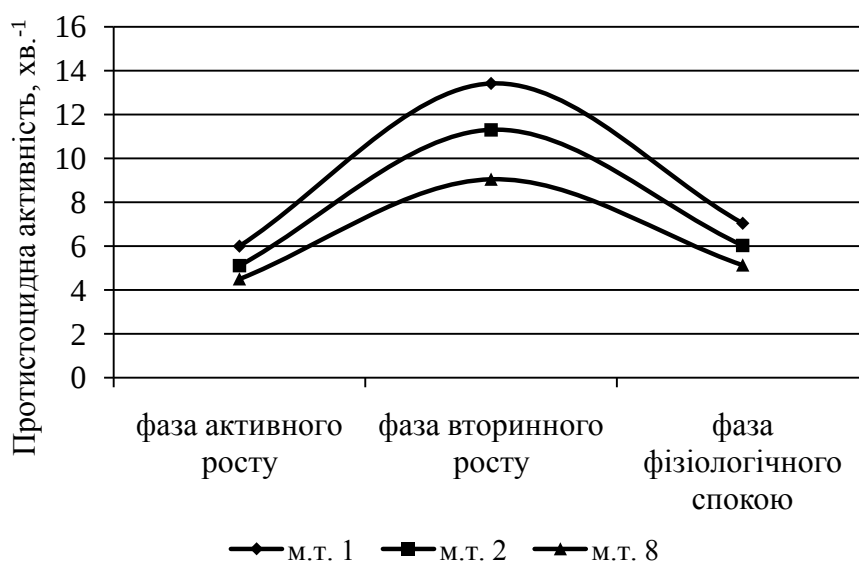


Рис. 6.18 Протистогцидна активність *Robinia pseudoacacia* протягом вегетаційного сезону

За даними багатьох авторів, вторинні фітонциди *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae) характеризуються високими антимікробними властивостями [146, 218, 231], проте для первинних фітонцидів характерна низька дія на тест-культури [133, 237]. Донецькі дослідники Н.А. Хижняк та К.А. Фельдберг відмічають помірну дію інтактних листків *R. pseudoacacia* на колонії *E. coli* [267]. Нами було встановлено високу антимікробну дію для первинних та вторинних фітонцидів листків *R. pseudoacacia* по відношенню до *E. coli*. ФА цілих листків цього виду була у 1,3 рази вище, порівняно з розтертою наважкою (рис. 6.6).

Родина Hippocastanaceae A. Rich. *Aesculus hippocastanum* широко зустрічається в зелених насадженнях міст України, однак він часто уражається хворобами та втрачає свої декоративні якості [80]. Багато дослідників відмічають низьку тепло- та засухостійкість цього виду в умовах степу, через недолік повітряної та ґрунтової вологи [15, 244, 261]. Деревам *A. hippocastanum* властива низька стійкість до газоподібних викидів [15, 200, 259]. У Донецькій області всі дерева *A. hippocastanum* L. вражені різними хворобами, а починаючи з 2007–2008 рр. *Cameraria orchidella* Descka et Dimic (каштанова мінуюча міль) є основною причиною передчасного всихання та опадання їхніх листків [30, 184–187]. У 2010 р. на початку вегетації у дерев, що зростають вздовж автомагістралі, було можливим відшукати непошкоджені листки. У цей рік ФА *A. hippocastanum* була високою у молодих листків, знижуючись після періоду масового цвітіння, середньою протягом літа та падала у вересні (рис. 6.19, а). У пошкоджених листків було виявлено більш високу ФА [54]. У 2011 р. пошкоджені листки виявляли середню ФА у травні та низьку ФА у літні місяці. У 2012 р. листопад *A. hippocastanum* почався у середині літа.

У 2011 р. набубнявілі бруньки дерев *A. hippocastanum*, що зростають у вуличних насадженнях (м.т. 1), виділяли малоактивні леткі речовини, порівняно з рослинами у парку відпочинку (м.т. 2) та на контрольній ділянці (м.т. 8). У травні цей вид проявив нижчу фітонцидну активність, ніж у квітні.

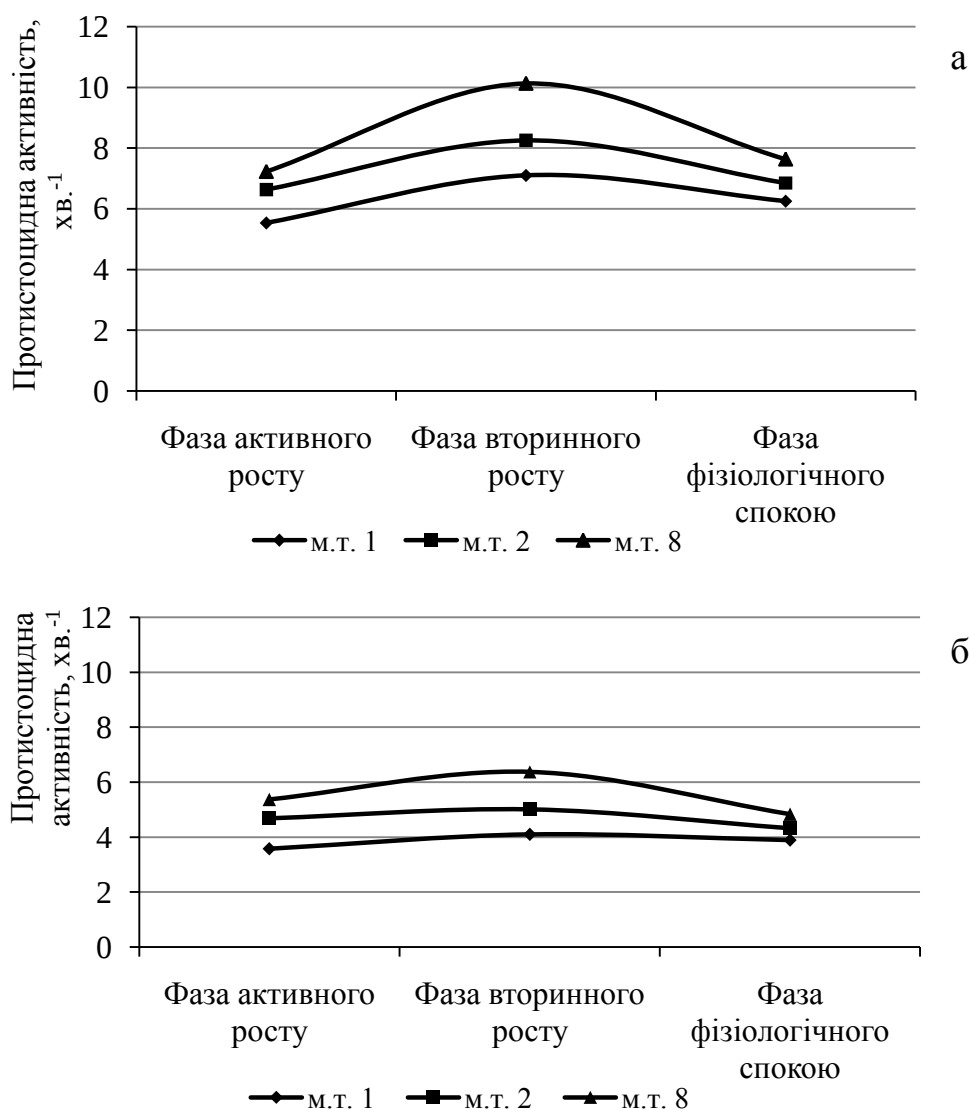


Рис. 6.19 Протистощидна активність *Aesculus hippocastanum* протягом вегетаційних сезонів 2010 р.(а) та 2011 р. (б)

Фітонцидні властивості молодих листків цього виду характеризувались низькою дією на усіх ділянках. У червні фітонцидна дія ЛОР листків знизилась, у фазу вторинного розвитку пагонів, збільшуючись у липні (рис. 6.19), що пов'язане з дозріванням плодів, під час якого використовуються вторинні продукти метаболізму, тому зменшується виділення летких біологічно активних речовин через продихи. У серпні, коли листки цього виду пожовкли через враження мінуючою міллю, їхня фітонцидна дія знизилась у 1,6 рази у дерев вздовж автомагістралі, 1,1 рази – у парку та 1,8 рази – у ботанічному саду.

Зі зростанням ступеня враження хворобами дерева втрачають фітонцидні властивості, а на початку розвитку хвороби вони навпаки виділяють більшу

кількість ЛОР у зв'язку з посиленням імунних реакцій [131, 135, 356]. Динаміка ФА *A. hippocastanum* у м. Донецьк протягом 2010 – 2012 рр., це підтверджує. У 2010 р. протистоцидна дія ЛОР листків була вищою, порівняно з 2011 р.

Під дією ЛОР інтактних листків *A. hippocastanum* кількість колоній золотистого стафілококу, у дослідях Т.В. Старовойтової зі співавторами зменшувалась на 14,3 % [237]. У наших дослідях леткі виділення непошкоджених листків *A. hippocastanum* спричинювали загибель 56,1 % – *E. coli* на різних ділянках у липні.

Родина Aceraceae Juss. Набубнявілі бруньки, у фазу активного росту, *A. negundo* виділяли малоактивні ЛОР (рис. 6.20, а). Повністю розгорнуті, але малі листки дерев на м.т. 1 у другій половині квітня спричинювали загибель інфузорій за 14,4 хв. Впродовж літніх місяців ФА цього виду була високою та дуже високою, вираженого піку не було відмічено. При пожовтінні листків (1–9 жовтня) (табл. 6.8) їхня протистоцидна дія знижувалась до 9,5 хв.

Співробітниками Донецького національного університету була встановлена значна антимікробна дія інтактних листків *A. negundo* по відношенню до *E. coli* та *B. subtilis* [267]. З цими даними узгоджуються отримані нами результати (76,0 % на м.т 1 по відношенню до *E. coli* у серпні) (додатки, табл. А.12). Протистоцидна дія листків цього виду у серпні, на тій же дослідній ділянці, також була дуже високою –  $17,5 \pm 0,35$  хв.<sup>-1</sup> (додатки, табл. А. 11). Коефіцієнт кореляції між протистоцидними та антимікробними властивостями *A. negundo* склав 0,77 відповідно.

Для летких виділень набубнявілих бруньок *Acer platanoides* встановлено високу та середню фітонцидну дію залежно від дослідної ділянки, з її зниженням у екземплярів, що зростають у масивних насадженнях парку (м.т. 2) та у ботанічному саду (м.т. 8), порівняно з деревами у вуличних насадженнях (м.т 1) (рис. 6.20, в). У фазу активного росту пагонів термін загибелі інфузорій від дії летких виділень молодих листків *A. platanoides* коливався від  $9,0 \pm 0,49$  до  $15,8 \pm 0,52$  хв. у дерев у вуличних насадженнях (м.т. 1) та у контролі (м.т. 8) відповідно (додатки, табл. А. 9, 11).

У *A. pseudoplatanus* фітонцидна активність як бруньок, так і листків була нижчою порівняно з *A. platanoides*. ЛОР інтактних листків *A. pseudoplatanus* пригнічували ріст колоній *E. coli* у 1,1 рази активніше, ніж подрібнених. Для *A. platanoides* встановлено однакову бактерицидну дію первинних та вторинних фітонцидів.

У літні місяці спостерігалось збільшення фітонцидної активності в обох видів кленів. Максимум фітонцидної дії летких виділень листків цих видів на усіх ділянках був відмічений у липні. Коефіцієнт кореляції між антимікробною (82 %) та протистоксидною активністю ( $25,2 \pm 0,50$  хв.<sup>-1</sup>) *A. platanoides* на максимумі фітонцидності на м.т. 1 склав 0,88.

Отримані результати узгоджуються з даними Н.М. Верейкіної, яка відмічає високу фітонцидну активність зеленої маси представників роду *Acer* у літні місяці у м. Воронежі [41].

У *A. platanoides* та *A. saccharinum* динаміка виділення ЛОР відрізнялась від інших досліджених представників роду (рис. 6.20). Особливо, у *A. platanoides* прослідковується тенденція до значного підвищення ФА на моніторинговій точці №1 порівняно з контролем – у 3 рази. *A. platanoides* є відносно газостійкою рослиною.

Для *A. negundo*, *A. platanoides* та *A. pseudoplatanus* встановлено високу антимікробну дію вторинних фітонцидів [85, 266]. Про високу антимікробну дію первинних фітонцидів *A. pseudoplatanus* свідчать досліді Т.В. Старовойтової зі співавторами [237], що також підтверджується результатами наших досліджень (85,4 % біля автомагістралі у липні). Коефіцієнт кореляції між протистоксидними та антимікробними властивостями *A. pseudoplatanus* склав 0,80. У жовтні при пожовтінні листків спостерігали незначне збільшення фітонцидної активності у цього виду (рис. 6.20).

Слід відмітити, що у 2012 р. більшість досліджених екземплярів представників роду *Acer* була вражена бактеріальними та грибовими захворюваннями.

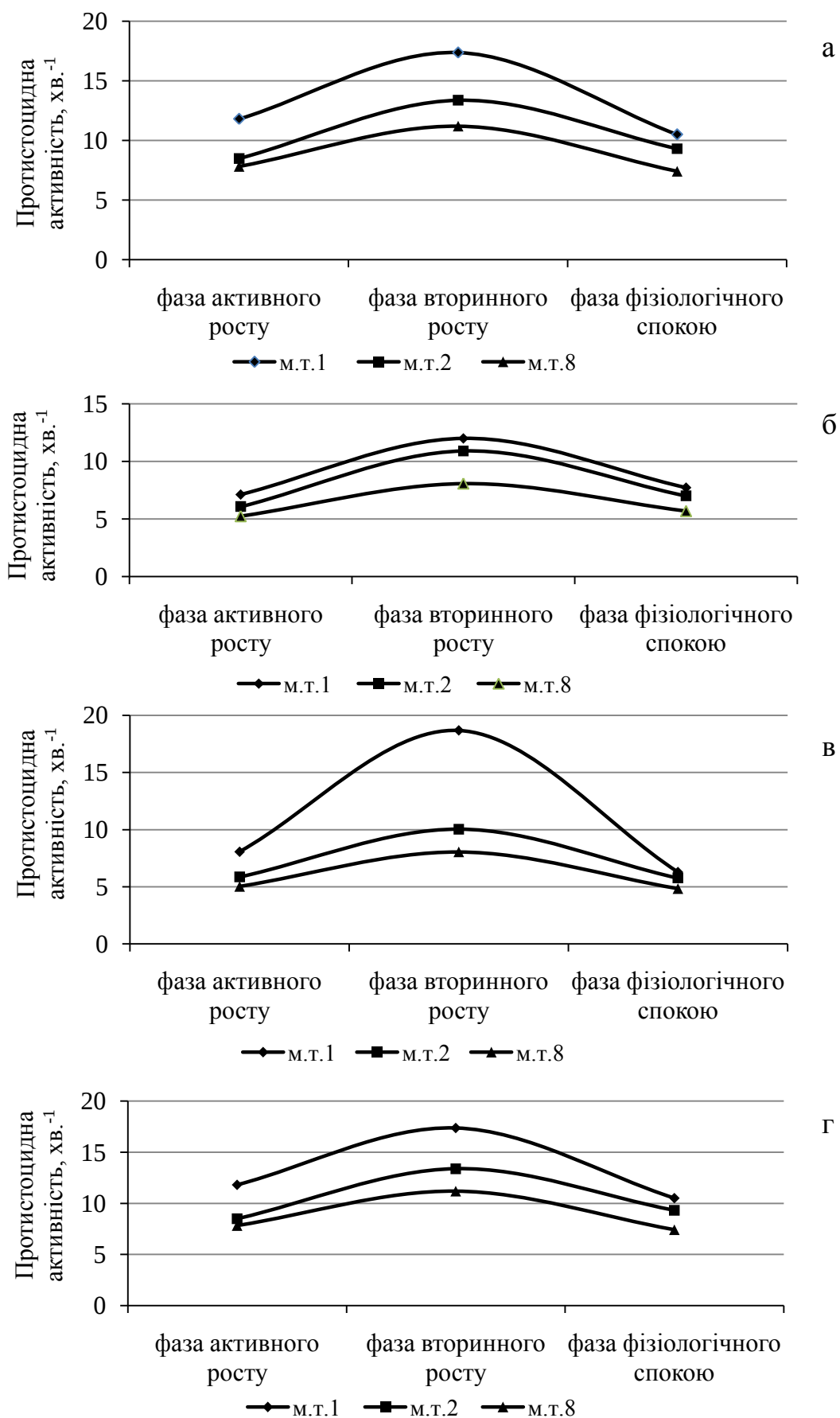


Рис. 6.20 Протистцидна активність видів р. *Acer* L. протягом вегетаційного сезону: а – *Acer negundo*, б – *A. pseudoplatanus*, в – *A. platanoides*, г – *A. saccharinum*

Навесні 2012 р., за даними Г.В. Попова, *A. pseudoplatanus*, *A. platanooides* були вражені *Phenacoccus aceris* – кленовим мучнистим червецом у місті Донецьку (Калінінський та Ворошиловський райони, у тому числі і ботанічний сад) [186]. Для проведення експерименту відбирались листки з найменшою кількістю пошкоджень. Листки з некрозами та бактерицидними захворюваннями проявляли вищу фітонцидну дію.

Для *Acer saccharinum* відмічена середня протистоцидна дія набубнявілих бруньок та молодих листків. Влітку відбувається стрибкоподібне збільшення ФА листків з  $4,9 \text{ хв.}^{-1}$  – у червні до  $12,2 \text{ хв.}^{-1}$  – у серпні. У серпні антимікробна дія також була високою – 75,6 %. При дії ЛОР пожовклих листків летальна експозиція інфузорій склала  $15,3 \pm 0,74 \text{ хв.}$  *A. negundo* є стійким видом до умов урбаносередовища.

Родина Simaroubaceae DC. Час загибелі параметій під дією ЛОР молодих та пожовклих листків *Ailanthus altissima* був нижчим, порівняно з літніми показниками. У фазу вторинного росту пагонів, як і для більшості досліджених листяних видів, спостерігалось зростання протистоцидної дії летких речовин листків (рис. 6.21).

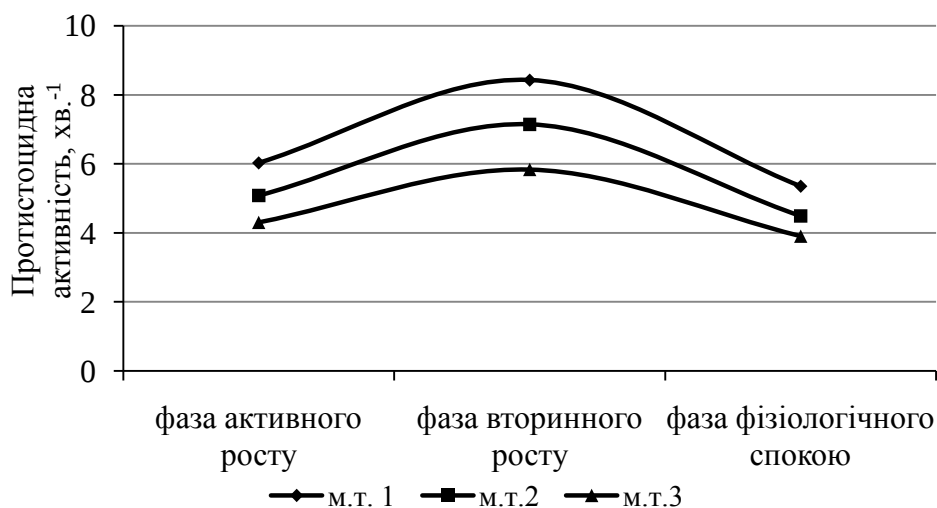


Рис. 6.21 Протистоцидна активність *Ailanthus altissima* протягом вегетаційного сезону 2011 р.

Максимальну ФА було відмічено у серпні ( $9,7 \pm 0,65 \text{ хв.}^{-1}$ ) на м.т. 1. Антимікробна активність інтактних листків *A. altissima* становила 65 % по відношенню до *E. coli* на цій же ділянці, що дає підстави віднести цей вид до

групи з високою антимікробною дією. Однак, за результатами дослідів Н.А. Хижняк та К.А. Фельдберг, інтактні листки цього виду стимулювали розвиток колоній *E. coli* [267].

Родина *Viburnaceae* Raf. Набубнявілі бруньки *Viburnum opulus* виявили низьку протистоцидну дію. У червні після цвітіння ФА листків збільшилась, порівняно з травнем. У серпні, у фазу вторинного росту пагонів, був відмічений максимум – летальна експозиція *P. caudatum* під дією ЛОР листків *V. opulus* коливалась від  $6,3 \pm 0,38$  до  $9,3 \pm 0,82$  хв. залежно від ділянки дослідів (рис. 6.22).

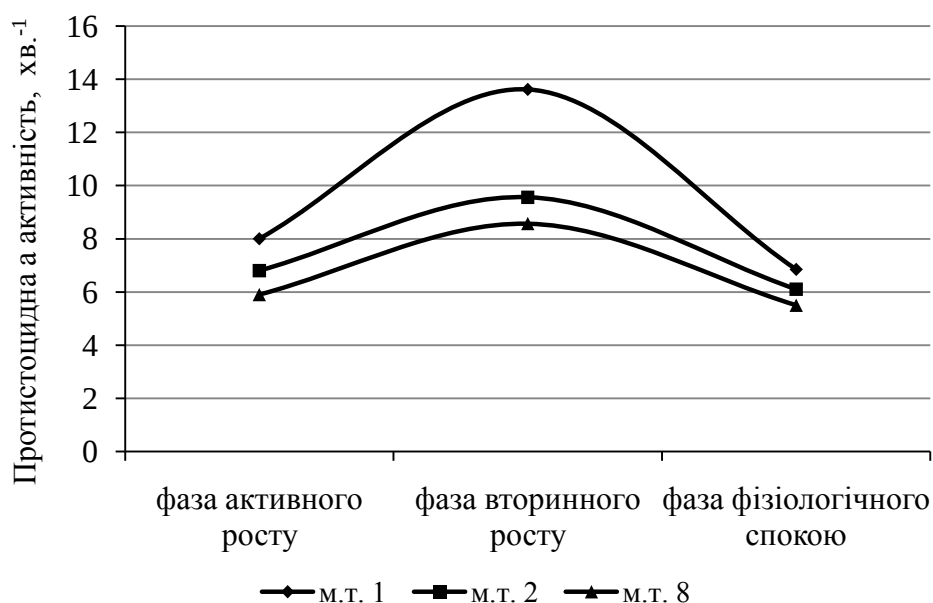


Рис. 6.22 Протистоцидна активність *Viburnum opulus* протягом вегетаційного сезону 2011 р.

Антимікробна активність непошкоджених листків цього виду складала 45 % у рослин вздовж автотраси. Тобто, її антимікробна дія була нижчою протистоцидною. У дослідях А.Н. Пряжнікова раньові фітонциди зелених листків *V. opulus* спричинювали середню бактерицидну дію по відношенню до *Staphylococcus aureus*, *E. coli* та інших мікроорганізмів. За ступенем ФА цей вид виявився 13 серед 26 інших [193].

Родина *Caprifoliaceae* Juss. *Symphoricarpos albus* широко викростовується в озелененні міста через декоративні якості, невибагливість до умов зростання та газостійкість [91, 125], проте його фітонцидні властивості вивчені

недостатньо. За результатами наших досліджень встановлена висока фітонцидність *S. albus* протягом вегетаційного сезону (рис. 6.23).

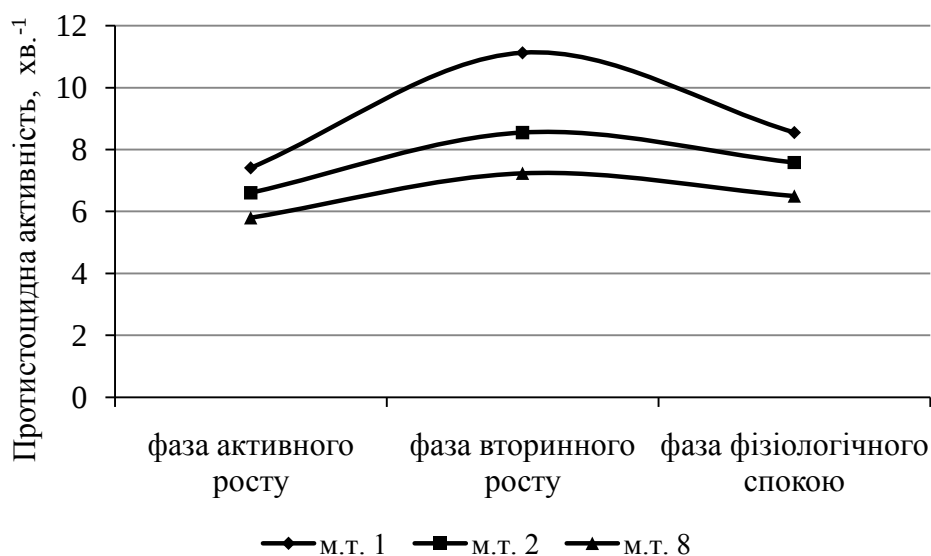


Рис. 6.23 Протистостидна активність *Symphoricarpos albus* протягом вегетаційного сезону 2011 р.

Для цього виду характерне поступове збільшення ФА листків з піком у серпні. У зв'язку з довгим терміном вегетації – до кінця листопада, листки продукували активні ЛОР восени.

Родина *Oleaceae* Hoffmanns. et Link. Фітонцидна дія ЛОР представників цієї родини коливалась залежно від виду. Набубнявілі бруньки та листки на початку розпускання *Forsythia ovata*, у фазу активного росту пагонів, виділяли малоактивні леткі речовини (рис. 6.24, а).

Після закінчення фази цвітіння на початку травня фітонцидні властивості листків збільшуються. У серпні максимальна ФА становила  $15,8 \pm 0,38$  хв.<sup>-1</sup> – у парку та  $8,1 \pm 0,41$  хв.<sup>-1</sup> у рослин, що зростають на м.т. 1 [60]. Забруднюючі речовини знижують фітонцидність *F. ovata*.

Летальна експозиція парамецій під дією летких виділень листків *Fraxinus excelsior* коливалась від  $6,3 \pm 0,40$  до  $19,5 \pm 0,57$  хв., залежно від ділянки та місяця вегетації.

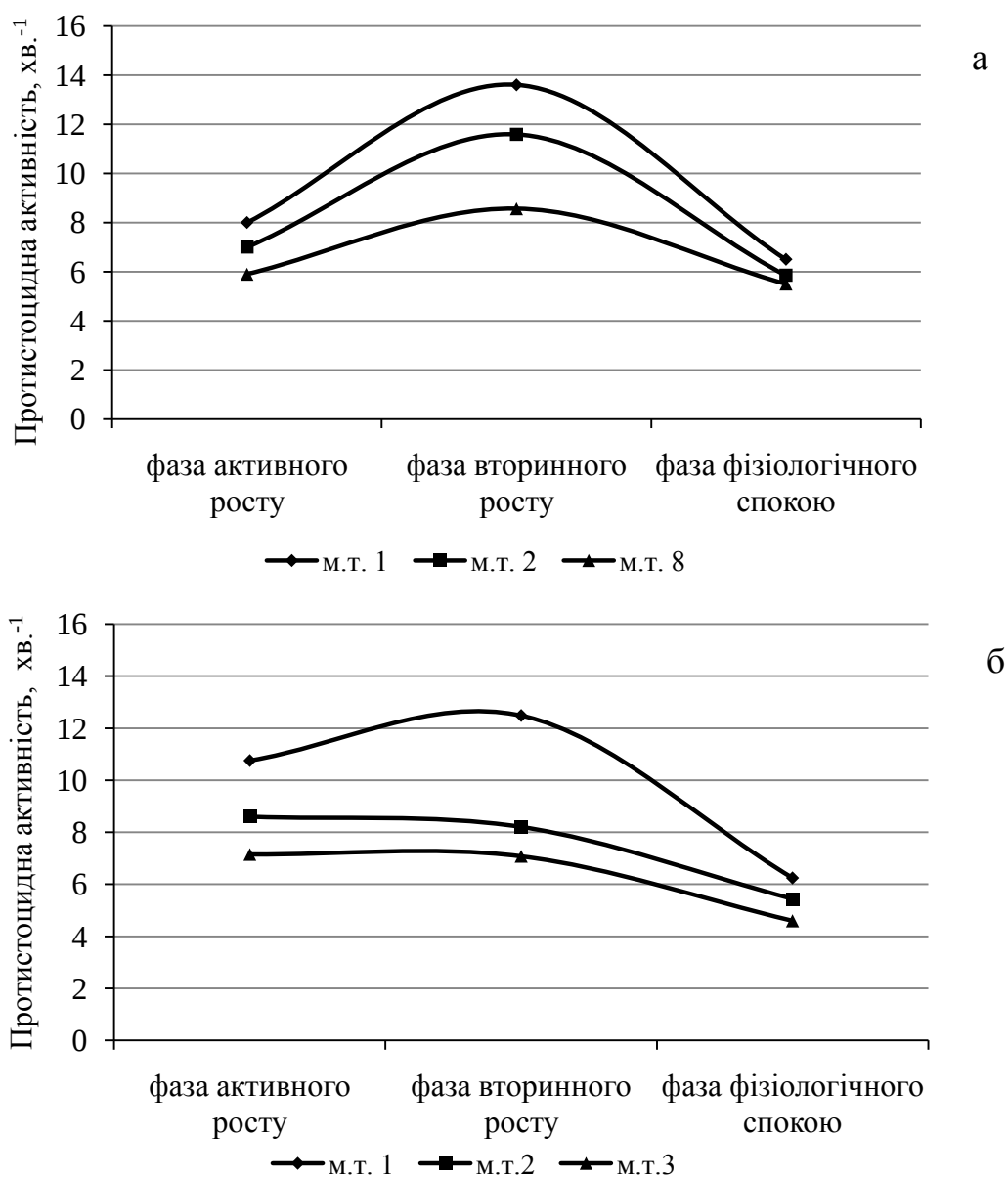


Рис. 6.24 Протистощидна активність *Forsythia ovata* (а) та *Fraxinus excelsior* (б) протягом вегетаційного сезону 2011 р.

Найвища ФА була у серпні  $11,6 \pm 1,04$  (хв.<sup>-1</sup>). Бруньки представників роду *Fraxinus* виділяли малоактивні леткі речовини (рис. 6.24). З розвитком листків у травні ФА зростала, досягаючи максимуму у серпні, а потім поступово знижувалась. Подібну динаміку протягом вегетації для р. *Fraxinus* відмічає М.В. Григор'єва для дерев, що зростають у м. Воронежі [83].

Антимікробна дія *F. excelsior* первинних фітонцидів *F. excelsior* була у 1,3 рази вищою, ніж у вторинних (рис. 6.6).

Протягом вегетаційного періоду динаміка ФА *Ligustrum vulgare* змінювалась залежно від фази вегетації. Набубнявілі бруньки та молоді листки виділяли малоактивні ЛОР (рис. 6.25).

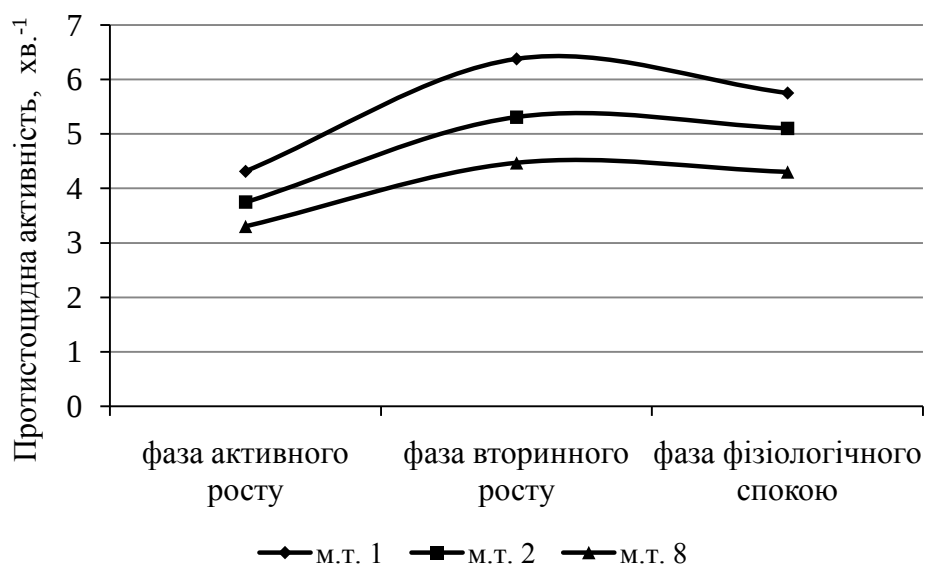


Рис. 6.25 Протистоксидна активність *Ligustrum vulgare* протягом вегетаційного сезону

У червні, після цвітіння, фітонцидність листків збільшувалась, пік спостерігався у серпні, а потім протистоксидна дія знижувалась, що відповідає динаміці, описаній Н.М. Верейкіною [41].

Протистоксидна та антимікробна дія *Syringa vulgaris* змінювалась протягом вегетації за загальним принципом. Максимум ФА був відмічений у фазу вторинного росту листків (рис. 6.30).

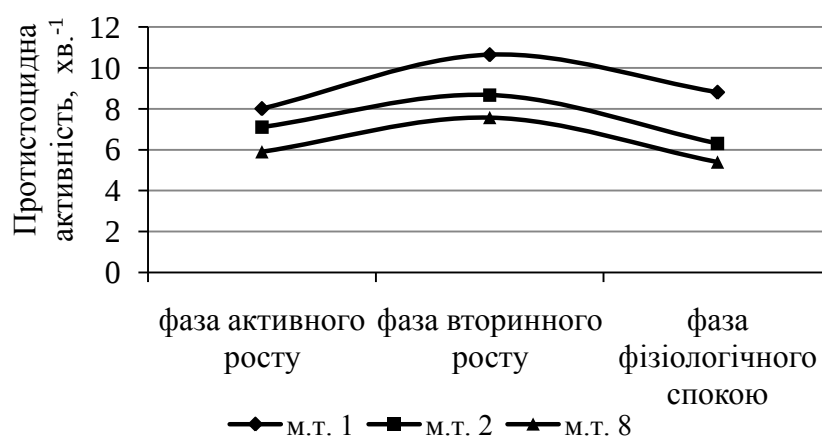


Рис. 6.25 Протистоксидна активність *Syringa vulgaris* протягом вегетаційного сезону

Пік ФА припав на серпень, склавши  $10,9 \pm 0,34$  (хв.⁻¹) та 86 %, що було вищим у 1,1 та в 1,4 рази, порівняно з контрольними показниками на м.т.1 (додатки, табл. А.12). Н.А. Хижняк та К.А. Фельдберг відмічають сильну

токсичну дію інтактних листків *S.vulgaris* по відношенню до *E. coli* та *B. subtilis* [267].

Таким чином, найбільша фітонцидна активність властива, як листяним породам, так і хвойним, у фазу вторинного росту пагонів, при повному розмірі листків, що обумовлене тим, що в цей час ростові процеси завершуються та починається побудова вторинних структур, а рослина виділяє надлишкові продукти вторинного обміну назовні. У фазу активного росту (набубнявілі бруньки та молоді листки) та у фазу фізіологічного спокою (листки на початку жовтіння), вегетативні органи виділяють малоактивні леткі органічні речовини. Установлено, що в період генеративного етапу (цвітіння, плодоношення), фітонцидна активність листків знижується, тому що вторинні метаболіти використовуються для утворення плодів. Виключення складають деякі види, у яких максимум фітонцидності зсувається на фазу активного росту (*Padus avium* Mill.) та фізіологічного спокою (*Robinia pseudoacacia* та *Acer negundo*).

У результаті порівняння антимікробних та протистичних властивостей деяких видів встановлено зростання протистоцидності разом з бактерицидністю. Для чотирьох видів (*Ulmus pumila*, *U. laevis*, *Salix alba* та *Picea pungens*) виявлено зворотню залежність дії ЛОР на простіших та бактерій.

Фітонцидна активність в залежності від цілісності листової пластинки видоспецифічна, що виділюються розтертими та цілими листками у різних видів. ЛОР, що виділялись гілками *Picea pungens* та *Populus simonii*, характеризуються середньою та високою антимікробною дією. Антимікробна дія первинних фітонцидів залишається на такому ж рівні, як і вторинних. У більшості випадків, якщо подрібнені листки виділяли ЛОР з високою або низькою антимікробною дією, то леткі виділення інтактних листків характеризувались подібною дією.

Серед досліджених видів деревних рослин, враховуючи характер протистоцидної та антимікробної активності, залежно від умов зростання виділені високо-, середньо- та нестійкі види. *Aesculus hippocastanum*, *Forsythia ovata*, *Mahonia aquiphilium*, *Sorbus aucuparia*, *S. intermedia*, *Tilia cordata*,

*Juniperus virginiana*, *J. squamata*, *Platycladus orientalis*, *Picea pungens* та *P. pungens f. glauca* знижують сануючу здатність за дії аерополютантів, що вказує на низькі адаптивні реакції цих видів та низьку стійкість в умовах забруднення. *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *Syringa vulgaris*, *Fraxinus excelsior*, *Populus × canadensis*, *Populus simonii*, *Pyrus communis*, *A. platanoides*, *Junglans regia*, *Padus avium*, *Acer negundo* найменшу ФА виявляють в умовному контролі, що пов'язано з підвищенням захисних реакцій в умовах дії стресових факторів.

Для хвойних рослин при підвищенні забруднення виявлено зниження протистоцидної активності, у них відмічено максимум у Донецькому ботанічному саду (м.т. 8). Серед хвойних, за характером сезонної динаміки та величини протистоцидності найбільш стійкими є *Juniperus sabina* та *Platycladus orientalis*. Для листяних видів встановлена зворотна залежність – максимальні значення зафіксовані на м.т. 1 з більш високим рівнем забруднення. Найменшу ФА в умовному контролі (м.т. 8) проявляють *Acer platanoides*, *Populus simonii*, *Salix alba*, що свідчить про більш високу стійкість листяних порід в умовах урбанізованого середовища промислового міста південного сходу України.

### 6.5 Добова динаміка фітонцидної активності деревних рослин

Протягом доби листки дерев виділяють неоднакову кількість ЛОР. На це звернули увагу ще у 60-х – 70-х рр. ХХ ст. [126, 208]. Це пояснюється тісним зв'язком процесу утворення та виділення ЛОР з фотосинтезом. У нічні години інтенсивність випаровування речовин зменшується вдвічі.

Тому до завдань досліджень входило встановити особливості добової динаміки фітонцидної активності деяких видів деревних рослин в умовах урбанізованого середовища південного сходу України. Об'єктом дослідження були високофітонцидні види, стійкі (*Populus × canadensis* Moench, *Robinia pseudoacacia*) та нестійкі (*Malus niedzwetzkyana* Dieck, *Tilia cordata*), що зростають вздовж проспекту Київського (м.т. 1). Умовним контролем були

ділянки Донецького ботанічного саду (м.т 8). Фітонцидність активність визначали за протистокцидною активністю (хв.<sup>-1</sup>).

Результати досліджень представлені у таблиці 6.9. ПА досліджених видів зростає поступово з 6 години до середини дня, а потім знижується.

Таблиця. 6.9

Добова динаміка протистокцидної активності (хв.<sup>-1</sup>)  
видів деревних рослин

| м.т.  | Час доби, година            |           |           |           |           |           |          |          |          |
|-------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
|       | 6.00                        | 8.00      | 10.00     | 12.00     | 14.00     | 16.00     | 18.00    | 20.00    | 22.00    |
|       | Температура повітря, °C     |           |           |           |           |           |          |          |          |
|       | 21°                         | 24°       | 29°       | 30°       | 31°       | 30°       | 27°      | 26°      | 24°      |
|       | <i>Populus × canadensis</i> |           |           |           |           |           |          |          |          |
| м.т 1 | 9,8±0,18                    | 10,6±0,19 | 12,2±0,15 | 15,0±0,21 | 13,9±0,12 | 11,6±0,12 | 9,4±0,06 | 8,0±0,06 | 7,0±0,06 |
| м.т 8 | 8,3±0,17                    | 9,3±0,19  | 10,5±0,09 | 13,1±0,26 | 12,1±0,18 | 9,9±0,26  | 8,4±0,09 | 7,5±0,12 | 6,5±0,17 |
|       | <i>Tilia cordata</i>        |           |           |           |           |           |          |          |          |
| м.т 1 | 4,9±0,12                    | 5,8±0,17  | 6,1±0,09  | 9,4±0,09  | 11,3±0,48 | 7,9±0,15  | 6,2±0,06 | 4,1±0,15 | 3,6±0,09 |
| м.т 8 | 5,8±0,33                    | 6,3±0,15  | 7,8±0,15  | 10,7±0,05 | 13,1±0,38 | 9,5±0,17  | 8,1±0,32 | 5,2±0,15 | 4,6±0,06 |
|       | <i>Malus niedzwetzkyana</i> |           |           |           |           |           |          |          |          |
| м.т 1 | 5,9±0,12                    | 6,7±0,2   | 8,0±0,21  | 12,7±0,19 | 14,6±0,18 | 11,8±0,09 | 7,9±0,05 | 6,6±0,15 | 4,7±0,12 |
| м.т 8 | 4,1±0,24                    | 5,3±0,09  | 7,1±0,21  | 11,3±0,16 | 12,9±0,30 | 10,9±0,09 | 7,7±0,19 | 5,2±0,17 | 3,3±0,09 |
|       | <i>Robinia pseudoacacia</i> |           |           |           |           |           |          |          |          |
| м.т 1 | 6,6±0,32                    | 10,5±0,23 | 14,2±0,29 | 17,2±0,15 | 12,0±0,57 | 7,1±0,17  | 6,3±0,09 | 5,8±0,06 | 4,8±0,06 |
| м.т 8 | 5,7±0,12                    | 9,1±0,19  | 12,1±0,17 | 15,5±0,08 | 10,0±0,12 | 6,2±0,18  | 5,7±0,12 | 5,2±0,18 | 4,1±0,09 |

Примітка. Усі результати в порівнянні з контролем достовірні при  $p \leq 0,05$

Ввечері у темряві, о 22 годині, ФА знижується у 2–3 рази, порівняно з максимальною. Пік виділення ЛОР у *T. cordata* та *M. niedzwetzkyana* припав на 14.00 годину – ФА складає  $11,3 \pm 0,48$  хв.<sup>-1</sup> та  $14,6 \pm 0,18$  хв.<sup>-1</sup>, відповідно (табл. 6.9). *P. × canadensis* та *R. pseudoacacia* проявили максимальну протистокцидну дію о 12.00 годині –  $15,0 \pm 0,21$  хв.<sup>-1</sup> та  $17,2 \pm 0,76$  хв.<sup>-1</sup> відповідно на м.т. 1.

Вранці та ввечері, коли температури були нижчими, порівняно з денними, ФА знижується. Зниження фітонцидності у нічні години пояснюється тим, що припиняються процеси транспірації. Як встановлено попередніми дослідженнями, провідним фактором, що впливає на інтенсивність виділення

ЛОР є температура повітря. Максимальну протистоцидну дію було відмічено у рослин при високій температурі 30 °C о 12 годині та 31 °C о 14 годині, що статистично підтверджено. Між ФА досліджених видів та температурою повітря протягом доби встановлено кореляційну залежність. Для *P. x canadensis*, *T. cordata*, *M. niedzwetzkyana* та *R. pseudoacacia* було відмічено тісний кореляційний зв'язок ( $r = 0,58-0,85$ ) між фітонцидною активністю та температурою повітря.

Таким чином, фітонцидна активність досліджених видів деревних рослин в умовах загазованості повітря викидами автотранспорту змінюється протягом доби, досягаючи піку при максимальних температурах повітря.

## РОЗДІЛ 7. ОЦІНКА САНУЮЧОЇ ФУНКЦІЇ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗАХ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА

Сануючу роль зелених насаджень, під якою розуміють здатність рослин очищувати повітря від патогенної для людини мікрофлори, дерева та кущі виконують завдяки утворенню в процесі фотосинтезу біологічно активних, бактерицидних та протистоксичних речовин – фітонцидів. В очищенні повітря від мікроорганізмів провідну роль відіграє газоподібна форма фітонцидів – леткі органічні речовини [199, 329, 339].

Для їхнього визначення використовують кількісні та якісні методи. До якісних належить метод тест-культур. У якості тестової культури використовують певні штами мікроорганізмів, або певний вид найпростіших. Методи поділяють на ті, що використовують у польових умовах та в лабораторних, що проводять на інтактних (непошкоджених) рослинах та на подрібненій масі, тобто визначають фітонцидну активність (ФА) первинних або вторинних фітонцидів.

На сьогодні для оцінки фітонцидної активності деревно-кущових рослин при використанні методу «повислої краплини» за Б.П. Токіним не існує єдиної шкали. Дослідниками використовується розподіл дерев за групами. Найбільш відомим розподілом є поділ на групи, заснований на дослідях Б.П. Токіна [18, 248–253, 283]: найбільш фітонцидні рослини – загибель найпростіших настає за 1,5–2 хв., сильнофітонцидні, що вбивають простіших за 2–3 хв., середньофітонцидні – за 3–5 хв., слабофітонцидні – за 10–20 хв та найменш фітонцидні, які вбивають парameції за 30–40 хв..

Сучасний варіант цього поділу запропонований російським дослідником М.В. Григор'євою. Вона при ранжуванні фітонцидної дії деревних рослин м. Воронежа виділяє шість груп залежно від летальної експозиції парameцій: з дуже високою протистоксичною дією від 1 до 7,5 хв., високою – від 7,6 до 15,1 хв., середньою – від 15,2 до 22,7 хв., низькою – від 22,8 до 30,3 хв. та дуже низькою – більше 30,4 хв. [83].

Ці розподіли є не дуже вдалимими, оскільки вони дають уявлення про протистоцидну дію летких виділень листків, а не їхню фітонцидну активність (А), що оцінюється у хв.<sup>-1</sup> [142, 255]. Чим менше час загибелі парамецій, тим активність фітонцидів (А) буде вищою, тому врахування ФА при розподілі робить його наочним. Розподіл на групи не дає змогу об'єктивно оцінити ФА, оскільки протягом вегетаційного сезону один вид може проявляти як високі, так середні та низькі властивості.

Нами запропонована семибальна шкала для оцінки фітонцидності деревних рослин за протистоцидною активністю (ПА) (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

## Шкала оцінки фітонцидної активності деревних рослин

| Час загибелі інфузорій, хв.                                                                                                                                                  | Фітонцидна активність (А), хв. <sup>-1</sup> | Бали |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------|
| лізис інфузорій настає через 1–2 хв. від початку досліду                                                                                                                     | 100–50                                       | 7    |
| летальна експозиція інфузорій складає менше 2 хв., але більше 4 хв.                                                                                                          | 49,9–25                                      | 6    |
| зупиняються через 2–3 хв. від початку досліду, а потім настає лізис парамецій на 4–5 хв., інфузорії роздуваються та вибухають                                                | 24,9–20                                      | 5    |
| відбувається трансформація форми тіла, зупиняються на 4–5 хв., роздуваються, деякий час знаходяться в роздутному стані та лізують. Лізис відмічається від 5,1 хв. до 6,7 хв. | 19,9–15                                      | 4    |
| від 6,8 хв. і до 10 хв. роздуваються кульками, крутяться на одному місці та застигають                                                                                       | 14,9–10                                      | 3    |
| інфузорії зупиняються через проміжок часу від 10 до 20 хв. від початку досліду                                                                                               | 9,9–5                                        | 2    |
| летальна експозиція інфузорій складає більше 20 хв.                                                                                                                          | 4,9–1                                        | 1    |

Шкала враховує три параметри:

- картину загибелі парамецій під дією летких фітонцидів: утворення пухиря, зморщування, припинення руху, за цими даними можна скласти додаткове уявлення про ПА рослин;

- час загибелі інфузорій у хв., під цим поняттям розуміють час від початку досліду до припинення руху інфузорій та зміни форми її тіла. З сьомого по п'ятий бал це поняття включає час від початку досліду до повної загибелі інфузорій, їхнього лізису – розпадання на окремі пухирці;
- фітонцидну активність розраховану у зворотних одиницях (хв.<sup>-1</sup>), з урахуванням формальдегідної поправки.

В основу шкали покладено рекомендації провідного українського вченого, засновника вчення про взаємовідносини між рослинами – алелопатію, А.М. Гродзинського. Він пропонує використовувати формулу [244]:  $A=100/T$ , де  $A$  – фітонцидна активність в умовних одиницях фітонцидності – хв.<sup>-1</sup>,  $T$  – час загибелі 50 % інфузорій. Оскільки протистоцидна активність зі збільшенням часу загибелі інфузорій у хв. знижується за експоненціальною залежністю, тому пошаговий інтервал у шкалі неоднаковий.

Результати протистоцидної активності виражені у хвилинах можуть мати різну трактовку, а запропанована шкала дає єдиний підхід до оцінки значимості експериментальних даних, тобто чим вище цифри, тим вище активність.

Середні показники  $A$  за вегетаційний період для усіх досліджених видів деревних рослин у масивних та лінійних насадженнях, наведені в табл. 7.2, з зазначенням бальної оцінки. Середня арифметична розрахунку протистоцидності не дає уявлення про стресові фактори, що діють на рослини, тому у дужках вказані бали з урахуванням максимальної  $A$  та рівня забруднення умов зростання.

За результатами проведених у роботі досліджень, середня  $A$  за вегетаційний період вивчених видів на усіх ділянках змінюється від 5 балів ( $21,0 \pm 1,94$  хв.<sup>-1</sup>) у *Acer negundo* L. у санітарно-захисній зоні металургійного заводу до 1 балу ( $1,7 \pm 0,11$  хв.<sup>-1</sup>) у *Ulmus laevis* Pall. на ділянках ботанічного саду (м.т. 8).

Протистоцидна активність деревних рослин у м. Донецьк  
за вегетаційний період (хв.<sup>-1</sup>)

| Вид                           | Проспект Київський (м.т. 1) | Парк ім. О.С Щербакова (м.т. 2) | Донецький металургійний завод (м.т. 3) | Донецький ботанічний сад (м.т. 8) |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Picea pungens</i>          | 2 бали                      | 2 бали                          |                                        | 3 бали <b>(5)</b>                 |
|                               | 7,11±0,68                   | 8,35±0,65                       | –                                      | 10,22±0,84                        |
| <i>P. pungens f. glauca</i>   | 2 бали                      | 2 бали                          |                                        | 2 бали <b>(3)</b>                 |
|                               | 5,23±0,52                   | 7,16±1,12                       | –                                      | 7,24±0,60                         |
| <i>J. squamata</i>            | 2 бали                      | 2 бали                          |                                        | 2 бали <b>(2)</b>                 |
|                               | 5,14±0,26                   | 5,84±0,21                       | –                                      | 7,24±0,24                         |
| <i>J. virginiana</i>          | 2 бали                      | 2 бали                          |                                        | 2 бали <b>(3)</b>                 |
|                               | 6,34±0,49                   | 7,34±0,61                       | –                                      | 8,82±0,74                         |
| <i>J. sabina</i>              | 2 бали <b>(2)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 6,05±1,50                   | 5,67±0,45                       | –                                      | 5,27±0,48                         |
| <i>Platycladus orientalis</i> | 3 бали <b>(3)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 10,51±1,37                  | 7,74±0,87                       | –                                      | 7,03±0,73                         |
| <i>Mahonia aquifolium</i>     | 2 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 7,38±0,62                   | 6,76±0,56                       | –                                      | 6,2±0,50                          |
| <i>Betula pendula</i>         | 3 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          | 3 бали <b>(4)</b>                      | 2 бали                            |
|                               | 10,7±3,72                   | 6,9±0,40                        | 10,6±3,45                              | 5,5±0,41                          |
| <i>Junglans regia</i>         | 3 бали                      | 3 бали                          | 4 бали <b>(6)</b>                      | 3 бали                            |
|                               | 13,26±1,49                  | 12,54±0,88                      | 16,43±1,93                             | 11,47±0,78                        |
| <i>Populus bolleana</i>       | 3 бали                      | 2 бали                          | 3 бали <b>(4)</b>                      | 2 бали                            |
|                               | 11,8±1,87                   | 7,5±0,31                        | 13,5±2,51                              | 6,0±0,36                          |
| <i>Populus × canadensis</i>   | 3 бали                      | 2 бали                          | 4 бали <b>(5)</b>                      | 2 бали                            |
|                               | 13,9±1,92                   | 8,7±0,64                        | 19,1±2,18                              | 6,4±0,51                          |
| <i>Populus simonii</i>        | 3 бали                      | 3 бали                          | 4 бали <b>(5)</b>                      | 2 бали                            |
|                               | 14,1±4,43                   | 12,1±2,51                       | 18,7±1,92                              | 9,8±1,69                          |
| <i>Salix alba</i>             | 2 бали <b>(3)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 8,1±1,16                    | 6,6±0,88                        | –                                      | 6,6±0,88                          |
| <i>Tilia cordata</i>          | 2 бали <b>(3)</b>           | 2 бали                          |                                        | 3 бали                            |
|                               | 5,9±0,91                    | 8,1±1,66                        | –                                      | 10,6±1,75                         |
| <i>Ulmus pumila</i>           | 3 бали <b>(4)</b>           | 1 бал                           | 3 бали                                 | 1 бал                             |
|                               | 10,0±2,53                   | 3,8±0,18                        | 11,4±2,01                              | 4,0±0,14                          |
| <i>U. laevis</i>              | 1 бал <b>(1)</b>            | 1 бал                           |                                        | 1 бал                             |
|                               | 3,1±0,15                    | 1,8±0,13                        | –                                      | 1,7±0,11                          |
| <i>Morus alba</i>             | 1 бал <b>(1)</b>            | 1 бал                           |                                        | 1 бал                             |
|                               | 3,7±0,51                    | 4,0±0,45                        | –                                      | 2,3±0,22                          |
| <i>Armeniaca vulgaris</i>     | 2 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 9,76±2,10                   | 8,29±1,56                       | –                                      | 7,08±0,97                         |
| <i>Padus avium</i>            | 3 бали <b>(6)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 14,4±4,40                   | 9,6±1,85                        |                                        | 9,2±1,46                          |
| <i>Pyrus communis</i>         | 4 бали                      | 3 бали                          | 4 бали <b>(5)</b>                      | 3 бали                            |
|                               | 16,61±1,52                  | 13,5±3,01                       | 16,98±1,41                             | 10,5±1,60                         |
| <i>Sorbus intermedia</i>      | 1 бал                       | 1 бал                           |                                        | 2 бали <b>(2)</b>                 |
|                               | 4,3±0,13                    | 4,5±0,22                        | –                                      | 5,0±0,25                          |

## Закінчення табл. 7.2

| Вид                           | Проспект Київський (м.т. 1) | Парк ім. О.С Щербакова (м.т. 2) | Донецький металургійний завод (м.т. 3) | Донецький ботанічний сад (м.т. 8) |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Sorbus aucuparia</i>       | 2 бали                      | 2 бали                          |                                        | 2 бали <b>(2)</b>                 |
|                               | 5,21±0,53                   | 5,63±0,49                       | –                                      | 6,24±0,58                         |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>   | 4 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          | 3 бали                                 | 2 бали                            |
|                               | 15,0±0,81                   | 8,7±1,02                        | 12,0±0,81                              | 6,5±0,70                          |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 1 бал                       | 1 бал                           |                                        | 2 бали <b>(3)</b>                 |
|                               | 3,5±0,26                    | 4,3±0,23                        | –                                      | 5,4±0,85                          |
| <i>Acer negundo</i>           | 4 бали                      | 5 балів <b>(6)</b>              | 3 бали                                 | 2 бали                            |
|                               | 16,2±0,74                   | 21,0±1,94                       | 13,6±1,44                              | 9,7±0,83                          |
| <i>A. platanoides</i>         | 3 бали <b>(5)</b>           |                                 | 2 бали                                 | 2 бали                            |
|                               | 10,50±2,56                  | 10,2±1,67                       | 9,9±0,761                              | 5,4±0,85                          |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | 3 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          | 2 бали (3)                             | 2 бали                            |
|                               | 7,94±0,93                   | 7,07±0,92                       | 8,87±1,32                              | 5,91±0,47                         |
| <i>A. saccharinum</i>         | 2 бали                      | 2 бали                          | 3 бали <b>(3)</b>                      | 1 бал                             |
|                               | 6,46±1,18                   | 4,84±0,64                       | 7,64±3,34                              | 4,22±0,78                         |
| <i>Ailanthus altissima</i>    | 2 бали                      | 2 бали                          | 2 бали <b>(2)</b>                      | 2 бали                            |
|                               | 7,32±0,62                   | 6,19±0,49                       | 8,57±0,55                              | 5,14±0,41                         |
| <i>Viburnum opulus</i>        | 2 бали <b>(3)</b>           | 2 бали                          | 2 бали                                 | 2 бали                            |
|                               | 8,38±1,88                   | 6,97±1,21                       |                                        | 6,17±0,78                         |
| <i>Symphoricarpos albus</i>   | 2 бали <b>(3)</b>           | 2 бали                          | 2 бали                                 | 2 бали                            |
|                               | 9,45±2,83                   | 7,26±1,52                       |                                        | 6,68±1,17                         |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | 3 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          | 3 бали                                 | 2 бали                            |
|                               | 14,6±1,30                   | 9,6±1,00                        | 10,67±1,34                             | 7,5±0,49                          |
| <i>Forsythia ovata</i>        | 3 бали <b>(4)</b>           | 2 бали                          |                                        | 2 бали                            |
|                               | 12,3±1,81                   | 9,1±0,76                        | –                                      | 7,6±0,30                          |
| <i>Syringa vulgaris</i>       | 2 бали                      | 2 бали                          | 2 бали <b>(5)</b>                      | 2 бали                            |
|                               | 9,3±0,21                    | 8,7±0,42                        | 9,57±0,56                              | 7,5±0,16                          |

У зв'язку з мінливістю фітонцидної дії деревних рослин протягом вегетаційного періоду у деяких видів виявлена вища А, наприклад, у *Juniperus virginiana* в липні при піці протистоцидності вона склала 6 балів (28,5 хв.<sup>-1</sup>) (табл. А.7). В умовах урбанізованого середовища вивчені види не проявляють ПА у 7 балів. Однак за літературними даними відомі і такі випадки. Наприклад, М.В. Григорьєвою в зеленій зоні м. Воронежа виявлена ФА у 50 хв.<sup>-1</sup> для *J. virginiana* у липні [83]. Слід зауважити, що умови дослідів у нас та у М.В. Григорьєвої були однакові.

Вихідною точкою аналізу результатів слугувала середня протистоцидність за сезон вегетації, що змінюється від 1,71 до 11,47 хв.<sup>-1</sup>, що відповідає від 2 до 3 балів, у рослин умовного контролю (м.т. 8). З урахуванням змін активності в умовах південного сходу України, враховуючи посушливі

гідротермічні умови, досліджені види рослин у літні місяці підвищують протистокцидність до 4 балів (табл. А. 9–11). Низько-фітонцидними рослинами є *Morus alba* та *Ulmus laevis* з ПА не вище  $4,0 \text{ хв.}^{-1}$  (1 бал). З урахуванням антимікробних властивостей найвищу фітонцидність серед хвойних проявляє *Picea pungens* її А оцінена у 5 балів. Серед листяних видів у контролі найвищий бал встановлений для *Tilia cordata* – 4 бали.

Залежно від рівня забруднення змінюється протистокцидність досліджених видів. При фоновому забрудненні у паркових насадженнях, високі бали проявляють хвойні та нестійкі види листяних деревних рослин. Так, у літні місяці *Juniperus virginiana*, *J. squamata*, *Platycladus orientalis*, *Picea pungens* та *P. pungens f. glauca*, *Aesculus hippocastanum*, *Forsythia ovata*, *Mahonia aquipholium*, *Sorbus aucuparia*, *S. intermedia*, *Tilia cordata* проявляють ПА оцінену у 4 бали.

У вуличних насадженнях (м.т. 1) протистокцидність зростає до 4 балів в середньому за вегетацію, у стійких видів (*Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*). З урахуванням максимальної протистокцидності та дії забруднення повітря високим балом оцінено *Padus avium* у 6 балів. Найбільш ефективний у санації середовища цей вид у травні, коли його ПА становить  $26,9 \text{ хв.}^{-1}$  (6 балів).

На найбільш забрудненій точці, у санітарно-захисній зоні Донецького металургійного заводу (м.т. 3), середня ПА видів оцінена від 2 до 4 балів. З урахуванням коректив найвищий бал проявляє *Acer negundo* та *Junglans regia* у 6 балів,  $25,00$  та  $26,11 \text{ хв.}^{-1}$ , відповідно.

Запропонована шкала дозволяє точніше оцінити фітонцидну активність, розраховану в  $\text{хв.}^{-1}$ , з використанням у якості тест-об'єкту *P. caudatum* до ЛОР рослин та виділити найбільш фітонцидноактивні деревні рослини в умовах урбанізованого середовища. З урахуванням сезонної динаміки, антимікробної та протистокцидної активності, життєвого стану, стійкості до умов середовища виділені групи деревних рослин за ефективністю виконання сануючої здатності у типах насаджень з різним рівнем техногенного навантаження.

В умовах району дослідження, враховуючи посушливі умови зростання та високий ступінь урбанізації, *Picea pungens* та *Juniperus sabina* проявляють найвищу ефективність сануючої здатності серед досліджених хвойних рослин (5 та 4 бали). Серед листяних видів виділено 16 видів з високою протистоцидною активністю (*Junglans regia*, *Padus avium*, *Acer negundo*) (6 балів), *Populus × canadensis*, *Populus simonii*, *Pyrus communis*, *A. platanoides*) (5 балів), *A. pseudoplatanus*, *Mahonia aquifolium*, *Betula pendula*, *Populus bolleana*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus excelsior*, *Forsythia ovata*, *Syringa vulgaris* (4 бали).

Таким чином, найбільш перспективними рослинами з високими та середніми фітонцидними властивостями для використання у паркових насадженнях є види нестійкі до техногенного забруднення середовища (*Aesculus hippocastanum*, *Forsythia ovata*, *Mahonia aquifolium*, *Sorbus aucuparia*, *S. intermedia*, *Tilia cordata*, *Juniperus virginiana* L., *J. squamata* L., *Platycladus orientalis*, *Picea pungens* та *P. pungens f. glauca*). У вуличних насадженнях задоцільно використовувати середньостійкі види (*Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Padus avium*, *Pyrus communis* L., *Populus bolleana*). У санітарно-захисних зонах підприємств машинобудівної та металургійної галузі найбільш ефективними в аспекті сануючої функції є стійкі види (*P. simonii*, *P. × canadensis*, *Syringa vulgaris*, *Robinia pseudoacacia*) деревних рослин з високими антимікробними властивостями.

## ВИСНОВКИ

Оцінено сануючу функцію деревних рослин культурфітоценозів за дії різних джерел забруднення, з урахуванням мікрокліматичних умов урбаносередовища та структури насаджень. Надано рекомендації щодо добору асортименту видів при фітооптимізації техногенного середовища.

1. Виявлено ослаблення функціонального стану деревних рослин у вуличних та паркових насадженнях. Доведено, що за дії полютантів антимікробна дія підвищується, однак вміст хлорофілів зменшується, що вказує на стресовий стан рослин та протекторну роль летких органічних речовин у високостійких (*P. simonii*, *P. × canadensis*, *Robinia pseudoacacia*) та середньостійких (*A. pseudoplatanus*, *A. negundo*, *Acer platanoides*, *Syringa vulgaris*) видів.

2. При однаковому рівні забруднення повітря пилом фільтруюча здатність вище у *Populus × canadensis*, *P. simonii*, *R. pseudoacacia*, *S. vulgaris* та *T. cordata*. Зі збільшенням запиленості листків цих видів антимікробна здатність зростає.

3. Узагальнено і доповнено дані щодо фітонцидної активності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища. Встановлено, що у стресових умовах зростання деревні рослини збільшують виділення ЛОР, очищуючи таким чином повітря від шкідливої мікрофлори. За результатами досліджень доведено, що фітонцидна складова є активною середовищеперетворюючою функцією насаджень.

4. Експериментально доведено, що у нестійких до техногенного навантаження видів (*Aesculus hippocastanum*, *Forsythia ovata*, *Mahonia aquipholium*, *Sorbus aucuparia*, *S. intermedia*, *Tilia cordata*, *Juniperus virginiana*, *J. squamata*, *Platycladus orientalis*, *Picea pungens* та *P. pungens f. glauca*) фітонцидна активність на забруднених ділянках знижується. У групи стійких видів, до якої входять більшість з досліджених (22 види), захисні реакції збільшуються, за рахунок виділення ЛОР, за дії авто- та залізничного транспорту, машинобудівної та металургійної промисловості.

5. За дії гідротермічного стресу у листяних видів деревних рослин протистоцидна та антимікробна активність зростає. Доведено, що у більшості листяних видів максимум фітонцидної дії припадає на фазу вторинного росту пагонів. У досліджених видів хвойних рослин пік протистоцидної дії, також припадає на фазу вторинного росту пагонів, за виключенням *Picea pungens* f. *glauca* та *Juniperus sabina*. Провідним фактором під час сезонної динаміки деревних рослин є температура повітря та фенологічні фази.

6. Доведено, що зі зростанням протистоцидності збільшується антимікробна активність: *Mahonia aquifolium*, *Acer platanooides*, *A. pseudoplatanus*, *A. negundo*, *Aesculus hippocastanum*, *Armeniaca vulgaris* L., *Betula pendula*, *Junglans regia* L., *Morus alba* L., *Padus avium*, *Populus* × *canadensis*, *Syringa vulgaris*. Для *Salix alba*, *Ulmus pumila*, *U. laevis* Pallas та *Picea pungens* встановлено зворотний зв'язок між дією летких органічних речовин на простіших та бактерій.

7. У формуванні добової протистоцидної дії встановлено провідну роль метеорологічних факторів. Пік протистоцидної дії листків деревних рослин зафіксовано о другій годині дня, при максимальних температурах.

8. Розроблено рекомендації, щодо використання досліджених деревних видів з метою оптимізації урбаносередовища. На основі узагальненої оцінки фітонцидної активності з урахуванням сезонних змін фітонцидності, різних джерел та рівня забруднення, з використанням семибальної шкали визначення протистоцидної активності деревних рослин виділено види з високою та середньою сануючою здатністю (*Acer platanooides*, *A. pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *Forsythia ovata*, *Fraxinus excelsior*, *Robinia pseudoacacia*, *Padus avium*, *Populus simonii*, *P. × canadensis*, *P. bolleana*).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айзенман Б.Н. Фитонциды и антибиотики высших растений / Б.Н. Айзенман, В.В. Смирнов, А.С. Бондаренко. – К.: Наук. думка, 1986. – 188 с.
2. Акимов Ю.А. Экологическая химия летучих терпеноидов высших растений / Юрий Александрович Акимов. – Ялта: ГНБС, 1987. – 186 с.
3. Акимов Ю.А. Методические рекомендации по изучению летучих веществ растений / Юрий Александрович Акимов. – Ялта: ГНБС, 1983. – 40 с.
4. Акимов Ю.А. Выделения летучих фитонцидов древесными растениями в условиях Южного берега Крыма и перспективы практического их использования / Ю.А. Акимов // Фитонциды: бактериальные болезни растений. – Киев, 1985. – Ч. 1. – С. 47–48.
5. Акимов Ю.А. Количественное содержание компонентов эфирных масел сосны обыкновенной и сосны крымской в течении вегетации / Ю.А. Акимов, Г.Н. Нилова, Л.Н. Лиштванова // Раст.ресурсы. – 1973. – Т. 9, Вып. 4. – С. 562–566.
6. Акимов Ю.А. Содержание и состав летучих терпеноидов у древесных растений в условиях загрязнения воздушной среды / Ю.А. Акимов, В.В. Пушкарь, В.Р. Кузнецов // Сб. науч.тр. Гос. Никит. ботан. сада. – 1989. – № 109. – С. 70–79.
7. Акимов Ю.А. Сезонная динамика летучих фитонцидов в рекреационных лесах Крыма / Ю.А. Акимов, В.А. Стародубова // Лесоведение. – 1990. – № 4. – С. 64–73.
8. Акимов Ю.А. К методике определения летучих веществ растений / Ю.А. Акимов // Аллелопатия в естественных и искусственных фитоценозах. – Киев: Наук. думка, 1982. – С. 144–148.
9. Акимов Ю.А. Влияние терпеновых соединений растений на иммунологическую реактивность организма человека / Ю.А. Акимов, Н.М. Макачук // Биохимия плодовых и декоративных культур: Сб. науч.трудов Гос. Никит. ботан. сада. – Ялта: ГНБС, 1985. – Т. 95. – С. 103–113.

10. Акимов Ю.А. Тритерпеновые гликозиды в систематике и эволюции цветковых растений / Ю.А. Акимов, П.К. Кинтя, Ю.М. Фадеев // Раст. ресурсы. – 1997. – Т. 33, № 2. – С. 114–125.
11. Алейников И.М. Каротиноиды и их роль в фотосинтезе / И.М.Алейников, С.И.Лебедев // Научн. тр. Укр. с-х. акад. – 1974. – Вып. 102. – С. 13–19.
12. Алиев Д.А. Физиологическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Джалал Алирза оглы Алиев. – Баку: Элм, 1974. – 335 с.
13. Аникеев В.В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии [Текст] : учебное пособие / В.В. Аникеев, К.А. Лукомская. – М.: Просвещение, 1977. – 128 с.
14. Анисимова С.В. Пылеочищающая роль зеленых насаждений в городе / С.В. Анисимова, Н.В. Дмитренко, А.Н. Ведмидь // Вестник Харьковского нац. автомобильно–дорожного ун-та. – 2010. – № 48. – С. 150–154.
15. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск: Наука и техника, 1979. – 216 с.
16. Артюховский А.К. Пути улучшения санитарно-защитной роли зеленых насаждений г. Воронежа / А.К. Артюховский // Вестник Воронежского гос. ун-та. – 2000. – Вып. 1. – С.143–148.
17. Архив погоды в Донецке [Электронный ресурс] <http://tr5.ua> / Архив погоды в Донецке.
18. Багрова Л.А. Средообразующее значение искусственных лесонасаждений / Л.А. Багрова, Л.Я. Гаркуша // Уч. записки Таврического нац. ун-та. Серия: География. – Симферополь – 2010. – Т. 23 (62). – С. 10–21.
19. Баженова С.В. Физико-химические методы определения химического состава фитонцидов / С.В. Баженова, М.А. Некрасова // Вестник Рос. ун-та дружбы народов. – 2005. – № 1. – С. 62–66.
20. Бакулин В.Т. Антимикробная активность листьев тополей и ив (*Salicaceae*) в Сибири / В.Т. Бакулин, Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цибуля. Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 6. – С. 60–64.

21. Бекетов Е.В. Идентификация и количественная оценка флавоноидов в плодах черемухи обыкновенной / Е.В. Бекетов, Абрамов А.А., Нестерова О.В., Кондрашев С.В. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2005. – Т. 46, № 4. – С. 259–262.
22. Бакулин В.Т. Содержание биологически активных веществ в коре *Populus alba* L. / Т.В. Бакулин, Т.А. Кукушкина, Г.И. Высочина // Вестник Новосибирского гос.военного ун-та. Сер.: Биология, клиническая медицина. – 2012. – Т. 10. – Вып. 4. – С. 83–89.
23. Баранецкий Г.Г. Химическое взаимодействие древесных растений / Григорий Григорьевич Баранецкий. – Львов: Свит, 1990. – 158 с.
24. Бельгард А.Л. Степное лесоведение / Александр Люцианович Бельгард. – М.: Лесная пром-ть, 1971. – 321 с.
25. Бессонова В.П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений / Валентина Петровна Бессонова. – Запорожье: Запорожский гос. ун-т, 1999. – 208 с.
26. Бессонова В.П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений / Валентина Петровна Бессонова. – Днепропетровск: ДГАУ, 2006. – 208 с.
27. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин: практикум для студентів вищого навчального закладу 2-4 рівнів акредитації / Валентина Петрівна Бессонова. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. – 316 с.
28. Биологическая активность экстрактов и эфирных масел почек тополя бальзамического Красноярского края / Е.В. Исаева, Г.А. Ложкина, Ю.А. Литовка, Т.В. Рязанова // Химия растительного сырья. – 2008. – № 1. – С. 67–72.
29. Берлянд М.Е. Города и климат планеты / М.Е. Берлянд, К.Я. Кондратьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 40 с.
30. Бессонова В.П. Вплив важких металів на пігментну систему листка / В.П.Бессонова // Укр. ботан. журн. – 1992. – Т.49. № 2. – С.63 – 66.
31. Биргер М.О. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования. – М.: Медицина, 1984. – 463 с.

32. Боговая И.О. Озеленение населенных мест / И.О. Боговая, В.С. Теодоронский. – М.: Лань, 2012. – 241 с.
33. Бондаренко З.Д. Фізіологічна активність екзометаболітів тополі чорної (*Populus nigra* L.) та тополі тремтячої (*Populus tremula* L.) / З.Д. Бондаренко, Г.Г. Баранецький, Р.М. Гречаник // Міжвідом. наук.-техн. збірник. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: УкрДЛТУ, – 2003. – Вип. 28. – С. 17 – 21.
34. Бондаренко Я І. Донецьк / Я І. Бондаренко // Географічна енциклопедія України: В 3 т./ [редкол.:...О.М. Маринич (відповід. ред.) та ін.]. – К.: УРЕ, 1989. – Т. 1: А. – Ж. – С. 356–357.
35. Будкіна Л.Г. Гідрологічне районування / Л.Г. Будкіна, Л.М. Козінцева // Географічна енциклопедія України: В 3 т./ [редкол.:...О.М. Маринич (відповід. ред.) та ін.]. – К.: УРЕ, 1989. – Т. 1: А. – Ж. – С. 266.
36. Бухарина И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е. Ведерников – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
37. Бухарина И.Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях / И.Л. Бухарина, А.А. Двоглазова. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский ун-т», 2010. – 184 с.
38. Бухарина И.Л. Характеристика элементов антиоксидантной системы адаптации древесных растений в условиях городской среды / И.Л. Бухарина // Вестник Рос. ун-та дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 2. – С. 5–13.
39. Бухарина И.Л. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Набережные Челны) / И.Л. Бухарина, П.А. Кузьмин, И.И. Гибадулина // Вестник Удмуртского ун-та. Серия: Биология. Науки о земле. – 2013. – Вып. 1. – С. 20–25.

40. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой / И.И. Коршиков, В.С.Котов, И.П.Михеенко, А.А.Игнатенко А.А., Чернышова Л.В. – Киев: Наук. думка, 1995. – 191 с.
41. Верейкина Н.Н. Аллеопатические свойства растений-интродуцентов в искусственных фитоценозах Белгородской области: авторефер. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: 03.00.16. «Экология» – Воронеж, 2005. – 24 с.
42. Видякина А.А. Влияние загрязнения воздуха на состояние древесных растений г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2011. – № 12. – С. 49 – 53.
43. Власюк В.Н. Изучение фитонцидных и ионизационных свойств основных древесных пород зеленой зоны Москвы / В.Н. Власюк // Тез. докл. VII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1975. – С. 301–308.
44. Влияние загрязнения воздуха на растительность: Причины. Воздействие. Ответственные меры / [С. Бертитц, Х. Эндерляйн, Ф. Энгманн и др.] – М.: Лесн. пром-ть, 1981. – 184 с.
45. Влияние угарного газа на некоторые физиолого-биохимические особенности растений / Николаевский А.Н., С.Б. Леухин, В.С. Гаранова, А.И. Носков, Н.А. Першина // Физиолого-биохимические механизмы повреждения и устойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 60 – 90.
46. Влияние нефтепродуктов на содержание фотосинтетических пигментов в структурных элементах водных растений / Н.Н. Алыков, О.С. Маркова, Э.В. Тлеулеева и др. // Естественные науки. – 2010. – № 2 (31). – С. 47–50.
47. Влияние нефти на пигментный состав сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* / Г.П. Лапина, Н.М. Чернавская, М.Е. Литвиновский, С.В. Сазанова // Электронный научный журнал «Исследовано в России» Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru> – С. 569-580.
48. Влияние экспериментальных аэроионных воздействий на фотосинтез *Tradescantia fluminensis* / Г. Л. Спичкин, К. В. Воробьев, М. П. Федоров и др. // Успехи современной биологии. – 2009. – Т. 129, № 5. – С. 464–468.

49. Волкова Т.П. Анализ выбросов загрязняющих веществ угледобывающих предприятий / Т.П. Волкова, В.В. Фалевич // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. – 2008. – Вып. 8 (136). – С. 44–50.
50. Володарець С.О. Про фітонцидні властивості деяких деревних рослин в урбанізованому середовищі (на прикладі м. Донецька) / С.О. Володарець // Каразінські природознавчі студії // Матер. міжнар. наук. конф. (Харків, 1 – 4 лютого, 2011 р.). – Харків, 2011. – С. 36–37.
51. Володарець С.О. Дослідження фітонцидної активності деяких видів деревно-кущових рослин у зимовий період в умовах промислового міста / С.О. Володарець // Охорона навк. середовища та рац. вик. природних ресурсів / Всеукр. наук. конф. аспірантів і студентів. – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2011. – Т. 1. – С. 210–212.
52. Володарець С.О. Сануюча роль деревних рослин у техногенному середовищі / С.О. Володарець // Матер. наук. конф. проф.-виклад. складу, наук. співробітників і аспірантів ДонНУ. Донецьк, 2011. – Т. 1. – С. 259-260.
53. Володарець С.О. Фітонцидна активність деяких деревно-кущових рослин в умовах м. Донецька / С.О. Володарець // Матер. XIII з'їзду Українського ботанічного товариства (Львів 19-23 вересня 2011 р.). – Львів, 2011. – С. 417–418.
54. Володарець С.О. Виявлення фітонцидності деревних рослин в умовах міської агломерації / С.О. Володарець // Фундаментальні та прикладні дослідження в біології / Матер. II міжнарод. наук. конф. (Донецьк 19 – 22 вересня). – Донецьк, 2011. – С. 132–133.
55. Володарець С.О. Про фітонцидні властивості деревно-кущових рослин у м. Донецьк / С.О. Володарець // Відновлення порушених природних екосистем // Матер. IV міжнарод. наук. конф. (Донецьк 18 – 21 жовтня). – Донецьк, 2011. – С. 88 – 90.
56. Володарець С.О. Протистоцидна активність деяких видів деревно-кущових рослин техногенного мегаполісу / С.О. Володарець // Біологія: від

- молекули до біосфери / Матер. VI міжнарод. конф. молодих вчених (Харків 22 – 25 листопада 2011 р.). – Харків, 2011. – С. 54–56.
57. Володарець С.О. Антимікробні властивості деяких видів деревних рослин в урбанізованому середовищі / С.О. Володарець // Актуальні питання природничих наук та методики їх викладання // Всеукр. наук.-практ. конф. (Ніжин, 22-23 лютого 2012 р.). – Ніжин, 2012. – С. 65–67.
58. Володарець С.О. Санітарно-гігієнічні функції деяких видів деревних рослин промислового міста / С.О. Володарець // Охорона навк. середовища та рац. вик. природних ресурсів / XXII Всеукр. наук. конф. аспірантів і студентів (Донецьк, 17 – 19 квітня, 2012 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2012. – С. 75–77.
59. Володарець С.О. Динаміка фітонцидної активності деревних рослин протягом вегетаційного періоду в умовах промислового міста / С.О. Володарець // Актуальні проблеми ботаніки та екології / Матер. міжнарод. конф. (Ужгород, 19 – 23 вересня 2012 р.). – Ужгород, 2012. – С. 87 – 89.
60. Володарець С.А. Фитонцидная активность некоторых видов древесно-кустарниковых интродуцентов в условиях урбанизированной среды // Интродукція, селекція та захист рослин / Матер. III міжнарод. конф. (Донецьк, 25 – 28 вересня 2012р.). – Донецьк, 2012. – 35 с.
61. Володарець С.О. Добова динаміка фітонцидної активності видів деревних рослин в умовах урбанізованого середовища / С.О. Володарець // Від заповідання до збалансованого природокористування / Матер. міжнарод. конф. (Донецьк, 20 – 22 березня 2013 р.). – Донецьк, 2013. – С. 110–111.
62. Володарець С.О. Антимікробна дія деревних рослин в умовах урбанізованого середовища / С.О. Володарець // Матер. наук. конф. Донецького нац. ун-ту за підсумками наук.-дослід. роботи за період 2011 – 2012 рр. (Донецьк, 15 березня – 25 квітня). – Донецьк: ДонНУ, 2013. – Т. 1. – С. 217–218.
63. Володарець С.О. Санітарно-гігієнічні функції деревних рослин в умовах урбанізованого середовища / С.О.Володарець // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів /

- Матер. міжнарод. наук. конф. (Дніпропетровськ, 8 – 11 жовтня). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 193–196.
64. Володарец С.А. Санирующая роль древесно–кустарниковых растений в условиях урбанизированной среды / С.А. Володарец // Вторая Междунар. науч. - практ. конф. Актуальные проблемы изучения и сохранения фито и микобиоты // Матер. II международ. науч.-практ. конф. (Минск, 12 – 14 ноября). – Минск, 2013. – С. 149–151.
65. Пат. 91158 Україна МПК-2014.01 А 01G 7/00. Спосіб оцінювання фітонцидної активності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища / О.З. Глухов, Г.І. Хархота, Л.Ю. Качур, С.О. Володарець; заявники та власники Донецький національний університет, Донецький ботанічний сад НАН України. – № u201400033; заявл. 08.01.2014; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12. – 5 с.
66. Володарец С.А. К определению фитонцидной активности древесных растений / С.А. Володарец // Фундаментальні та прикладні дослідження в біології / Матер. III міжнар. наук. конф. студентів, аспірантів та молодих учених (Донецьк, 24 – 27 лютого 2014 р.). – Донецьк, 2014. – С. 143–144.
67. Володарець С.О. Сануюча функція деревно-кущових рослин в урбанізованому середовищі / С.О. Володарець // Промислова ботаніка. – 2011. – № 11. – С. 84–89.
68. Володарець С.О. Фітонцидна активність деревно-кущових листяних рослин в урбаносередовищі / С.О. Володарець // Питання біоіндикації та екології. – 2012. – Вип. 17. – № 1. – С. 95–100.
69. Володарець С.О. Фітонцидна активність у зв'язку з вмістом хлорофілів у листках деревних рослин в урбанізованому середовищі / С.О. Володарець. // Промислова ботаніка. – 2012. – № 12. – С. 167–171.
70. Воскресенская О.Л. Эколого-физиологические адаптации туи западной (*Tujha occidentalis* L.) в городских условиях / О.Л. Воскресенская, Е.В. Сарбаева. – Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2006. – 130 с.
71. Воскресенський В.С. Изменение активности окислительно-восстановительных ферментов у древесных растений в условиях городской

- среды / В.С. Воскресенский, О.Л. Воскресенская // Вестник Марийского гос. тех. ун-та. – 2011. – № 1 (11). – С. 59–75.
72. Гвоздяк Р.И. Бактериальные болезни лесных древесных пород / Р.И. Гвоздяк, Л.М. Яковлева. – Киев: Наук. думка, 1979. – 244 с.
73. Геоботаничне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – 302 с.
74. Глухов О.З. Фітонцидна активність деяких видів деревних рослин промислового міста / О.З. Глухов, С.О. Володарець // Дендрологія, квітникарство та садово-паркове будівництво / Матер. міжнар. конф. (Ялта, 5 – 8 червня 2012р.). – Ялта, 2012. – С. 125–126.
75. Глухов О.З. До вивчення фітонцидної активності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища / О.З. Глухов, С.О. Володарець // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. Міжвідомчий збірн. наук. праць. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – С. 34–40.
76. Глухов А.З. Фитонцидная активность древесных растений в условиях урбанизированной среды (на примере г. Донецка) / А.З. Глухов, С.А. Володарец // Известия Самарск. науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3 (7). – С. 2122–2125.
77. Головне управління статистики у Донецькій області [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://donetskstat.gov.ua/catalogue/catal.php>.
78. Горохова С.В. Полезные свойства представителей рода *Juglans* L. / С.В. Горохова // Вестник Иссык-Кульского государственного ун-та. – 2009. – № 23 – С. 14–20.
79. Горышина Т.К. Растение в городе / Тамара Константиновна Горышина. – Л.: ЛГУ, 1991. – 148с.
80. Гнатів П.С. Гіркокаштан звичайний у Львові та питання його екологічної стійкості в міських насадженнях / П.С. Гнатів // Наук. записки державного природознавчого музею. – Львів, 2007. – Вип. 23 – С. 75–84.
81. Гнатів П.С. Динаміка пропорцій метаболітів у листках дерев як показник адаптивних реакцій / П.С. Гнатів // Наук. праці ЛАНУ. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. – Вип. 8. – С.122-129.

82. Горленко С.В. Роль фитонцидов в создании устойчивых зеленых насаждений / С.В. Горленко // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 120–123.
83. Григорьева М.В. Фитонцидные свойства насаждений лесопарковой части зеленой зоны города Воронежа: автореф. дис. на стиск. учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 "Экология" / Марина Владимировна Григорьева. – Воронеж, 2000. – 24 с.
84. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление / Андрей Михайлович Гродзинский. – Киев: Наук. думка, 1991. – 432 с.
85. Гродзинський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин / Андрій Михайлович Гродзинський. – Київ: Наук. думка, 1973. – 208 с.
86. Гродзинский А.М. Фитонциды – носители информации / А.М. Гродзинский // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Київ: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 9–15.
87. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды / Р. Гудериан. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
88. Дайронас Ж.В. Фитохимическое изучение листьев грецкого ореха как источника антиоксидантного средства / Ж.В. Дайронас, С.А. Кулешова, И.В. Пшукова // Химия растительного сырья. – 2010. – № 4. – С. 95–98.
89. Дворяшина Н.В. Еколого-економічна природа лісових ресурсів / Н.В. Дворяшина // Лісове господарство, лісова, паперова, деревообробна промисловість. – Львів: УкрДЛТУ, 2003. – Вип. 28. – С. 156–159.
90. Делова Г.В. Фитонцидные свойства некоторых древесных и кустарниковых пород растений Центрального Сибирского ботанического сада / Г.В. Делова // Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. – Київ: Наук думка, 1967. – С. 115–119.
91. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина II. Довідник / [М.А. Кохно, Н.М. Трофименко, Л.І. Пархоменко та ін.]; за ред М.А. Кохно та Н.М. Трофименко. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 716 с.

92. Денбновецкий Г.Ю. О фитоалексинной активности древесных растений / Г.Ю. Денбновецкий, С.В. Басова, М.М. Менина // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 42–43.
93. Державна Фармакопея України / [Державне підприємство «Науково-експертний фармакопейний центр» ]. -1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001. – 556 с., Доповнення 1. – Харків: РІРЕГ, 2004. – 520 с., Доповнення 2. – Харків: РІРЕГ, 2008. – 608 с., Доповнення 3. – Харків: РІРЕГ, 2009. – 280 с.
94. Дмитриев М.Т. Влияние фитонцидов на ионизацию воздуха / М.Т. Дмитриев, М.П. Захарченко, Э.В. Степанов // Гигиена и санитария. – 1984. – № 8. – С. 82–83.
95. Дмитриев А.П. Фитоалексины: проблемы и перспективы / А.П. Дмитриев // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 34–35.
96. Донбас заповідний: Науково-інформаційний довідник-атлас / [за ред. С.С. Куруленка, С.В. Третьякова]. – Донецьк: Донецька філія держ. установи «Державний екологічний інститут мінприроди України». – 2008. – 168 с.
97. Донеччина. Сучасний вимір. Книга друга / [за ред. В.І. Мозгового]. – Донецьк: Діапрінт, 2007. – 256 с.
98. Дерев'янська Г.Г. Урбанофлора агломерації Донецьк – Макіївка: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Ганна Геннадіївна Дерев'янська. – Ялта, 2014. – 24 с.
99. Драбкин Б.С. О механизме действия фитонцидов черёмухи // Биохимия. – 1954. – Т. 19., № 4. – С.385–390.
100. Дылис Н.В. Основы биогеоценологии / Николай Владиславович Дылис // Москва: Изд-во Московского ун-та, 1977. – 1978. – 152 с.
101. Єнакієве // Географічна енциклопедія України: В 3 т. / [редкол.: О.М. Маринич (відповід. ред.) та ін.]. – К.: УРЕ, 1989. – Т. 1. – 385 с.
102. Ежель А.И. Все о Донецке: справочное пособие / А.И. Ежель, А.З. Дидова. – Донецк: Донбасс. – 2003. – 296 с.

103. Ельская С.И. Бактерицидные свойства высших растений из числа продуцентов фитонцидов, выявленных среди растений Донбасса / С.И. Ельская // Сб. Донецк. гос. мед. ун-та им. М. Горького. – 2010. – Т.1. – Вып. 14. – С.181–188.
104. Життєздатність деревних рослин у міських вуличних насадженнях на південному Сході України / [О.П. Сулова, О.К. Поляков, М.В. Нецветов, О.М. Дацько, О.М. Лихацька] // Промислова ботаніка. – 2012. – Вип. 12. – С. 12–18.
105. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов / Г.Н.Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
106. Зайцева І.О. Дослідження феноритміки деревних рослин / І.О. Зайцева. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2003. – 40 с.
107. Земля тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища у Донецькій області у 2008 – 2009 роках / Під ред. С.В. Трет'якова, Г. Аверіна // – Донецьк: Новий світ, 2009. – 124 с.
108. Заварзин Г.А. Бактерии и состав атмосферы / Г.А. Заварзин – М.: Наука, 1983. – 192 с.
109. Зыков И.Г. Шумовое загрязнение урболандшафтов и пути его снижения / И.Г. Зыков, В.Д. Балычев // Лесн. хоз-во. – 2011. – № 5. – С. 36–37.
110. Иванова Л.А. Влияние экологических факторов на структурные показатели мезофила листа / Л.А. Иванова, В.И. Пьянкова // Бот. журн. – 2002. – Т. 87, № 12. – С. 17–28.
111. Иванова Ю.Б. Анализ воздействия горнодобывающего предприятия шахты им. Калинина на окружающую природную среду Донецкого региона / Ю.Б. Иванова, Е.Л. Беляева // Комплексне використання надр: Матер. регіональної конф. (Донецьк, 24 листопада 2008 р.). – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С. 25–28.
112. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. Вопросы экологии и физиологии / Григорий Михайлович Илькун. – Киев: Наук. думка, 1971. – 146 с.
113. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Григорий Михайлович Илькун. – Киев: Наук. думка, 1978. – 247с.

114. Инешина Е.Г. Методические указания к лабораторному практикуму по курсам "Санитарная микробиология", "Санитарно-микробиологический контроль на производстве", КПВ "Микробиология" / Е.Г. Инешина, С.В. Гомбоева. – Улан-Удэ. – 2006. – 90 с.
115. Исаева Р.Я. Фитонцидная активность растений в условиях техногенной среды / Р.Я. Исаева, А.П. Швечикова, Т.М. Косонова // Вісник Луган. ун-ту. – 2010. – Вып. 15 – Т. 2. – С. 58–62.
116. Исидоров В.А. Летучие выделения растений: состав, скорость эмиссии и экологическая роль / В.А. Исидоров. – СПб: Алга, 1994. – 188 с.
117. К вопросу об изучении фитоалексинов тополя / А.Е. Самсонова, Г.Ю. Денбновецкий, Н.А. Ефремова, С.В. Басова // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 43–44.
118. Климат Донецка / [Электронный ресурс]:  
<http://www.meteoprogram.ua/ru/climate/Donetsk>
119. Климат Донецка / [Электронный ресурс]:  
[http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate\\_russia-III\\_eu.html](http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-III_eu.html)
120. К методологии экофизиологических исследований листьев древесных растений / Л.М. Кавеленова, Е.В. Малыхина, С.А. Розно, Ю.В. Смирнов // Поволжский эколог. журн. – 2008. – № 3. – С. 200–210.
121. Кизеев А.Н. Изменения морфологических и физиолого-биохимических показателей хвои сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения / А. Н. Кизеев // Молодой ученый. – 2011. – Т. 1. – № 3. – С. 120–128.
122. Кинтя П. К. Терпеноиды растений / П. К. Кинтя, Ю. М. Фадеев, Ю. А. Акимов. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 150 с.
123. Киселева Т.И. Биологические особенности и антимикробные свойства видов рода *Spiraea* L. в Новосибирске / Т.И. Киселева, Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цыбуля // Вестник Иркутской гос. сельскох. акад. – 2011. – № 44–1. – С. 65–72.
124. Ковальчук Н.П. Еколого-біологічні особливості формування зелених насаджень м. Луцька: автореф. дис. на здобуття вч. ступеня канд. сільгосп. наук

: спец. 06.03.01 «Лісові культури та фітомеліорація» / Н.П. Ковальчук. – Луцьк, 2005. – 23с.

125. Колесников А.И. Декоративная дендрология / Александр Иванович Колесников. – М.: Лесн. пром., 1974. – 704 с.

126. Колесниченко М.В. Биохимические взаимодействия древесных растений / М.В. Колесниченко. – М: Лесн. пром-ть, 1976. – 184 с.

127. Кондратюк Е.Н. Фитонцидная активность интродуцированных в Донбассе черемух / Е.Н. Кондратюк, И.Е. Малюгин, Г.А. Кудина // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 46–47.

128. Корнюшенко Г.А. Экологический анализ содержания пигментов в листьях горно-тундровых трав / Г.А. Корнюшенко, Л.В. Соловьева // Ботан. журн., 1994. – Т. 79. – Вып. 2. – С. 80–101.

129. Коршиков И.И. Устойчивость растений к техногенным загрязнителям окружающей среды / И.И. Коршиков // Промышленная ботан. – 2004. – Вып. 4. – С. 46–58.

130. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды / И.И. Коршиков. – К.: Наук. думка, 1996. – 238 с.

131. Кочергина М.В. К проблеме использования фитонцидных свойств растений в ландшафтной архитектуре / М.В. Кочергина // Ассоциация ландшафтных архитекторов – инженеров России. – 2011. – Режим доступа: <http://www.alairnn.ru/print.php?a=articles&articles=104>

132. Кочергина М.В. К проблеме усиления средозащитных функций насаждений промышленных территорий г. Воронежа / М.В. Кочергина, М.В. Пожидаева // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: Матер. междунар. науч.-практ. конф. (Ишим, 26 – 27 марта 2010 г.). – Ишим, 2010. – С. 21–25.

133. Кочергина М.В. Фитонцидные свойства декоративных растений в условиях Воронежа / М.В. Кочергина // Лесной журн. – 2008. – № 6. – С. 35–42.

134. Кочергина М.В. Фитонцидные свойства насаждений Петровского сквера г. Воронежа / М.В. Кочергина, А.С. Дарковская // Лесной комплекс: состояние

и перспективы развития: Матер. IX науч.-техн. междунар. конф. (Воронеж, 1 - 30 ноября 2009 г.) – Воронеж, 2009. – С.25 – 29.

135. Кочергина М.В. Экологические аспекты озеленения г. Воронежа / М.В. Кочергина // Экологические проблемы промышленных городов: Сборник науч. трудов. – Саратов, 2009. – С. 126–128.

136. Краматорськ // Географічна енциклопедія України: В 3 т./ [редкол.: О.М. Маринич (відповід. ред.) та ін.]. – К.: УРЕ, 1990. – Т. 2 –209 с.

137. Кудина Г.А. Фитонцидная активность видов рода *Rosa L.* в условиях промышленного Донбасса / Кудина Г.А., Малюгин И.Е. // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1990. – Ч. 2. –59 с.

138. Кузьмин П.А. Биохимический анализ листьев липы мелколистной (*Tilia cordata Will.*) в условиях техногенного загрязнения (на примере г. Набережные Челны) / П.А. Кузьмин, И.Л. Бухарина, А.М. Шарифуллина // International scientific analytical project. – 2012. – электронный ресурс: <http://gisap.eu/ru/node/20917>.

139. Кулагин А.А. О содержании фотосинтетических пигментов в хвое лиственницы Сукачева (*Larix Sukaczewii Dyl.*) при развитии в условиях аэротехногенного полиметаллического загрязнения окружающей среды / А.А. Кулагин, А.А. Юсупов // Проблемы прикладной экологии. – Извест. Самарского научн. центра Рос. академии наук. – 2008. – Т. 10, № 2. – С. 617–620.

140. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин, Е.В. Кучеров. – М.: Наука, 1974 – 126 с.

141. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. – М.: Наука, 1985. – 116 с.

142. Курбатова А.С. Экология города / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов. – М.: Научн. мир, 2004. – 624 с.

143. Кучерявый В.А. Зеленая зона города / Владимир Афанасьевич Кучерявый. – Киев: Наук. думка, 1981. – 248 с.

144. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць / В.П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2005. – 456 с.
145. Лакин Г.Ф. Биометрия / Георгий Филиппович Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 325 с.
146. Лахно Е.С. К методике определения летучих веществ в воздухе фитоценозов / Е.С. Лахно, Н.В. Козлова // Фитонциды в народном хозяйстве. – Киев: Наук. думка, 1964. – С. 83–85.
147. Левон Ф.М. Біолого-екологічні основи створення зелених насаджень в умовах урбогенного і техногенного середовища : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. с. – г. наук : спец. 06.03.01 "Лісові культури та фітомеліорація" / Ф.М. Левон. – Львів, 2004. – 46 с.
148. Литвинова Л.И. Роль летучих фитонцидов растений в очищении атмосферного воздуха от некоторых токсичных выбросов предприятий и автотранспорта / Л.И. Литвинова // Гигиена и санитария. – 1982. – № 4. – С. 13–16.
149. Лялюк-Вітер Г.Д. Дослідження санітарно-гігієнічних функцій лісових екосистем Карпатського національного природного парку / Г.Д. Лялюк-Вітер, Р.М. Вітер // Вісник Львів. нац. лісотех. ун-ту. – 2009. – Вип. 9.10. – С. 78–82.
150. Макарчук Н.М. Фитонциды в медицине / Н.М. Макарчук, Я.С. Лещинская, Ю.А. Акимов. – Киев: Наук. думка, 1990. – 216 с.
151. Матвеев Н.М. Фитонцидность некоторых древесно-кустарниковых пород Днепропетровского ботанического сада // Тез. докл. VI совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1972. – С. 132–134.
152. Маринич О.М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко [та ін.] // Укр. геогр. журн. – 2003. – № 1. – С. 16–21.
153. Метод клімадіаграм за Гессеном-Вальтером: Практичний порадник / за ред. О.І. Спіріна. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 38 с.

154. Меженський В.М. Кліматичні зміни та їх вплив на деревні рослини на південному сході України / В.М. Меженський // Промислова ботаніка. – 2009. – Вип. 9. – С. 56–59.
155. Методика фенологічних спостережень в ботаничних садах СРСР. / Бюл. Гл. ботан. сада. – 1979. – Вип. 113. – С. 3–8.
156. Методы биохимических исследований растений / [А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.]. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 429 с.
157. Минх А.А. Справочник по санитарно-гигиеническим исследованиям / А.А. Минх. – М.: Медицина, 1973. – 400 с.
158. Мальцева І.А. Альгоугруповання біогеоценозів ландшафтно-техногенних систем Криворіжжя / І.А. Мальцева, О.О. Баранова, Є.І. Мальцев // Вісник ЗНУ. – 2009. – № 2. – С. 20–23.
159. Мальцева І.А. Використання альгодіагностики для оцінки вологості екотопів на прикладі біогеоценозів Криворіжжя / І.А. Мальцева, О.О. Баранова // Ґрунтознавство. – 2011. – №. 3–4. – С. 78–83.
160. Москалик Г.Г. Морфофізіологічні особливості *Picea pungens "Glauca"* в умовах урбоекосистемами (на прикладі м. Чернівців) / Г.Г. Москалик, С.С. Костишин // Укр. ботан. журн. – 2008. – Т. 65, № 3. – С. 437–444.
161. Мохова Н.И. Суточная и сезонная динамика фитонцидности листьев орехов // Фитонциды в народном хозяйстве. – Киев: Наук. думка, 1964. – С. 112–115.
162. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. – К.: Фітосоціоцентр. – 2001. – 200 с.
163. Мутыгуллина Ю.Р. Динамика содержания и роль пигментов фотосинтеза у видов рода *Dianthus* L. флоры Предкавказья / Ю.Р. Мутыгуллина // Вестник Моск. гос. обл. ун-та. – М.: МГОУ, 2009. – № 1. – С. 52 – 55.
164. Нагорний Ю.М. Донецька складчаста споруда / Ю.М. Нагорний // Географічна енциклопедія України: В 3 т. / [редкол.: О.М. Маринич (відповід. ред.) та ін.]. – К.: УРЕ, 1989. – Т. 1: А – Ж. – 363 с.

165. Неверова О.А. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты / О.А. Неверова, Е.Ю. Колмогорова. – Новосибирск: Наука, 2003. – 222 с.
166. Неверова О.А. Основные пути изменения жизнедеятельности древесных растений в условиях промышленного города Кемерово / О.А. Неверова // Экология промышл. производства. – 2001 – Вып. 4. – С. 10–14.
167. Неверова О.А. Фотосинтетическая способность древесных растений как индикатор суммарного загрязнения атмосферного воздуха городской среды на примере Кемерово / О.А. Неверова, О.Л. Цандекова // Сибирский эколог. журн. – 2010. – Т. 17, № 2. – С. 193–196.
168. Недодаева Л.Л. Эколого-экономические проблемы промышленности: метан и другие отходы основного производства угольных шахт Донбасса, как объект маркетинга / Л.Л. Недодаева, Г.Л. Майдуков // Инженерная экология – 2007. – № 3. – С.27 – 47.
169. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / Владимир Серафимович Николаевский. – Новосибирск: Наука. – 1979. – 278 с.
170. Николаевский В.С. Проблемы предельно допустимых концентраций загрязнений, воздействующих на растения и образуемые ими сообщества / В.С. Николаевский, Н.А. Першина // Проблемы фитогигиены и охраны окружающей среды. – Л., 1981. – С. 117–121.
171. Николаевский В.В. Влияние некоторых факторов городской среды на состояние древесных пород / В.В. Николаевский, И.В. Васина, Н.Г. Николаевская // Лесн. вестн. – 1998. – № 2. – С. 28–38.
172. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.
173. Номоконов Л.И. Общая биогеоценология / Леонтий Иванович Номоконов. – Изд-во Ростовского ун-та, 1989. – 456 с.

174. Нємченко М.В. Пилозатримуюча здатність листків дерев *Catalpa bignonioides* Walt. і *Catalpa speciosa* Ward. в урбатехногенних умовах зростання / М.В. Нємченко // Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – Вип. 13, № 2. – С. 29–39.
175. Огляд про стан забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2013 році. – <http://www.pandia.org/text/79/497/22288-5.php>
176. Ограничения и дополнительные возможности спектрофотометрического анализа пигментов в экстрактах листьев высших растений / М.Н. Мерзляк, О.Б. Чивкунова, Л. Лехимена, Н.П. Белевич // Физиология растений. – 1996. – Т. 43. – С. 926–936.
177. Основы экологии и природопользования / В.Л. Дикань, А.Г. Дейнека и др. – Харьков: Олант, 2002. – 384 с.
178. Орлова Л.Д. Аналіз вмісту хлорофілів у лучних рослин Лівобережного Лісостепу України / Л.Д. Орлова // Промислова ботаніка. – 2010. – Вип. 10. – С. 187–192.
179. Остапко В.М. Сосудистые растения юго-востока Украины / В.М. Остапко, А.В. Бойко, С.Л. Мосякин. – Донецк: Ноулидж, 2010. – 247 с.
180. Оценка устойчивости голосеменных растений при озеленении дорог на Южном берегу Крыма / Ю.А. Акимов и др. // Пром. бот.: тезисы докл., 25-лет. Дон. ботан. сада АН УССР. – К.: Наук. думка, 1990. – С. 118–119.
181. Павлов И.Н. Глобальные изменения среды обитания древесных растений / И.Н. Павлов – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 156 с. [электронный ресурс: [http://forest-culture.narod.ru/Issled\\_gr/new1/soderjanie.html](http://forest-culture.narod.ru/Issled_gr/new1/soderjanie.html)]
182. Поляков А.К. Хвойные на юго-востоке Украины / А.К. Поляков, Е.П. Сулова. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 197 с.
183. Поляков А.К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / Алексей Константинович Поляков. – Донецк: Ноулидж, 2009. – 268 с.
184. Попов Г.В. К фауне, биологии и распространению фитофагов декоративных растений Донецкой области / Г.В. Попов, А.И. Губин //

Інтродукція, селекція та захист рослин: Матер. III міжнарод. наук. конф (Донецьк, 25 – 28 вересня 2012 р.). – Донецьк, 2012. – 165 с.

185. Попов Г.В. Каштановая моль и борьба с ней в Донецкой области / Г.В. Попов, С.В. Свиридов – Донецк: Донецкий ботан. сад НАН Украины, 2009. – 20 с.

186. Попов Г.В. Об устойчивости конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) к вредителям и болезням на юго-востоке Украины / Г.В. Попов, И.В. Бондаренко-Борисова // Пром. ботан. – 2007. – Вып. 7. – С. 252–258.

187. Попов Г.В. Основные вредители декоративных насаждений Донецкой области (2000–2009 гг.) и борьба с ними / Г.В. Попов // Пром. ботан. – 2009. – Вып. 9. – С. 213–219.

188. Природа Украинской ССР: Климат / Бабиченко В. Н., Барабаш М. Б., Логвинов К. Т. и др. – Киев: Наук. думка, 1984. – 232 с.

189. Природные лечебные факторы парка федерального курорта Кисловодск / Седаков С.В., Поволоцкая Н.П., Слепых В.В., Увачева Е.Е. // Курортная медицина. – 2012. – № 4. – С. 8–14.

190. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України / Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10.04.2006, № 15.

191. Протопопов В.В. Изучение антимикробного действия эфирных масел / Ф.Ф. Протопопов // Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. – Киев: Наук, думка, 1967. – С. 175–176.

192. Прохорова Ю.М. Фитонцидные свойства почвопокровных растений / Ю.М. Прохорова // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1977. – Вып. 103. – С. 87–91.

193. Пряжников А.Н. Фитонцидная продуктивность растительных компонентов кедровых лесов / А.Н. Пряжников // Продуктивность и восстановительная динамика лесов Западной Сибири. – Новосибирск, 1971. – С.45–58.

194. Пути снижения влияния автотранспорта на окружающую среду / Высоцкий С.П., Столярова Н.А., Фаткулина А.В., Широких К.С. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2012. – № 1 (14). – С. 139–145.
195. Райс Э. Природные средства защиты растений от вредителей / Элрой Л. Райс. – М.: Мир, 1986. – 184 с.
196. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Magnoliaceae* – *Limoniaceae*. – Л.: Наука, 1985. – 460 с.
197. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2012 році. – Донецьк, 2013. – 116 с.
198. Регіональна екологічна мережа Донецької області: концепція, програма та схема / [В.М. Остапко, О.З. Глухов, А.А. Блэкберн, О.Г. Муленкова та ін.]. – Донецьк: ООО «Технопарк», 2008. – 96 с.
199. Рогов В.А. Оздоровление воздушной среды производственных помещений зелеными растениями / В.А. Рогов // Химия растительного сырья. – 2008. – № 4. – С. 181–184.
200. Россихіна-Галича Г.С. Вплив аерополлютантів на фотосинтетичну функцію рослин *Aesculus hippocastanum* L. з різних районів міста Дніпропетровська / Г.С. Россихіна-Галича, Л.В. Богуславська, В.В. Лашко // Біолог. вісник Мелітопольського держ. педагог. ун-ту. – 2012. – № 3. – С. 71–76.
201. Рощина В.Д. Физико-химические механизмы действия фитонцидов / В.Д. Рощина // Проблемы аллелопатии. – Киев: Наук. думка, 1976. – С. 8–9.
202. Рощина В.Д. Выделительная функция высших растений / В.Д. Рощина, В.В. Рощина – М.: Наука, 1989. – 214 с.
203. Рощина В.В. Выделительная функция высших растений / В.В. Рощина, В.Д. Рощина. – Электронное издательство "Аналитическая микроскопия". – 2012. – 476 с. [Электронный ресурс : <http://cam.psn.ru>]
204. Савельева Л.С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 168 с.

205. Санадзе Г.А. К вопросу химической природы летучих выделений листьев некоторых растений / Г.А. Санадзе, Г.М. Долидзе // Докл. АН СССР. – 1960. – Т. 34, № 1. – С. 174–176.
206. Санадзе Г.А. Об условиях выделения диена (изопрена) из листьев / Г.А. Санадзе // Физиология растений. – 1964. – Т. 11, Вып. 1. – С. 3943.
207. Сверчков А.Н. О влиянии фитоорганических веществ на ионизацию воздуха / А.Н. Сверчков // Фитонциды в народном хозяйстве. – Киев: Наук. думка, 1964. – С. 80–82.
208. Сверчков А.Н. Влияние свежесрезанных побегов древесных и комнатных растений на ионизацию воздуха / А.Н. Сверчков // Укр. ботан. журн., 1965. – Т. 22, № 5. – С. 38–43.
209. Сарбаева Е.В. Некоторые аспекты устойчивости туи западной в городских экосистемах / Е.В. Сарбаева, О.Л. Воскресенская // Кафедра экологии Марийского гос. ун-та. – 2008. – [Электронный ресурс] – <http://new.marsu.ru/science/libr/resours/thuja/gl4.html>
210. Сафронова У.А. Накопление пыли на листьях черемухи Маака в городских условиях / У.А. Сафронова, Л.И. Аткина // Эколог. проблемы севера. – 2010. – Вып. 13. – С. 24–26.
211. Сборник лабораторных работ по экологии и охране окружающей среды. – Л.М. Осипова. – Донецк: ДонГУ, 2000. – 21 с.
212. Сверчков А.Н. Фитонциды и ионизация воздуха / А.Н. Сверчков // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 20–21.
213. Сенашова В.А. Влияние фитонцидной активности хвойных растений на эпифитные микроорганизмы в условиях средней Сибири / В.А. Сенашова, Н.Д. Сорокин // Вестник Красноярского госуд. аграрн. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 93–97.
214. Сенашова В.А. Сопряженное развитие эпифитных микроорганизмов и фитопатогенных грибов на хвойных в различных экологических условиях

Средней Сибири. Автореф. на соиск. уч. степени. канд. биол. наук. : спец. 03.02.08. Экология. – Красноярск. – 2010. – 22 с.

215. Синельщиков Р.Г. Фитонцидная активность древесных пород в условиях городской среды Донбасса / Р.Г. Синельщиков, В.Н. Мекель // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 78–86.

216. Синельщиков Р.Г. Пертинентная структура городского озеленения и ее экологическая сущность / Р.Г. Синельщиков, В.С. Лактионова // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Матер. междун. научн.-практ. конф. ( 23-27 мая, 2006г., Донецк–Авдеевка). – Донецк, 2006. – С. 119–121.

217. Скворцов С.С. Динамика выделения летучих веществ у некоторых древесных растений / С.С. Скворцов // Бот. журнал. – 1961. – Т. 46, № 1. – С. 53–60.

218. Скворцов С.С. Некоторые данные о составе и биологической роли летучих органических выделений (фитонцидов) / С.С. Скворцов // Фитонциды в народном хозяйстве. – Киев: Наук. думка, 1964. – С. 68–71.

219. Слепых В.В. Антибактериальная активность и компонентный состав летучих метаболитов древесных растений региона Кавказские минеральные воды / В.В. Слепых // Раст. ресурсы. – 2009. – Вып. 4. – С.91–104.

220. Слепых В.В. Ионизация воздуха лесных насаждений и метеоусловия / В.В. Слепых // Лесн. хоз-во. – 2006. – № 6. – С. 30–32.

221. Слепых В.В. Природные и антропогенные факторы и фитонцидная активность древесных пород / В.В. Слепых // Лесн. хоз-во. – 2004. – № 6. – С. 17–19.

222. Слепых В.В. Фитонцидная активность *Pinus kochiana* и факторы окружающей среды / В.В. Слепых // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2005. – № 2. – С. 95–103.

223. Слепых В.В. Фитонцидная активность сосны и ионизация воздуха / В.В. Слепых // Лесн. хоз-во. – 2008. – № 6. – С. 20–21.

224. Слепых В.В. Фитонцидные и ионизирующие свойства древесной растительности / Виктор Васильевич Слепых. – Кисловодск: МИЛ, 2009. – 180 с.
225. Слепых В.В. Антимикробные и ионизирующие свойства древесной растительности под влиянием абиотических факторов : автореф. дис. на соиск. уч. ст. доктора биол. наук : спец. 06.03.02 "Лесоведение и лесоводство; лесоустройство и лесная таксация" / Виктор Васильевич Слепых. – Санкт-Петербург, 2010. – 39 с.
226. Смит У.Х. Лес и атмосфера / Уильям Х. Смит. – М.: Прогресс, 1985. – 429 с.
227. Собчак Р.О. Влияние условий высокогорья на анатомо-физиологические показатели хвои сосны сибирской / Р.О. Собчак, А.П. Зотикова // Вестник Томского гос. ун-та. – 2009. – № 326. – С. 200–203.
228. Состояние атмосферного воздуха г. Донецка в 2008 году // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://doneso.org.ua/>
229. Сотникова О.В. Индикация загрязнения городской воздушной среды по летучим терпеноидам ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной / О.В. Сотникова, Р.А. Степень // Вестник Сибирского гос. техн. ун-та. – 2002. – № 1. – С. 76–79.
230. Спахова А.С. О химическом составе летучих выделений древесных растений // Основы химического взаимодействия растений в фитоценозах. – Киев: Наук. думка, 1972. – С. 67–68.
231. Спахова А.С. Антимикробные свойства некоторых древесных растений, произрастающих в зеленой зоне г. Воронежа. / А.С. Спахова, В.Н. Коновалова// Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев, 1979. – С. 58–62.
232. Спахова А.С. Фитонцидные свойства древесных растений и проблемы охраны воздушной среды от загрязнений // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1990. – Ч. 2. – 57 с.
233. Способи захисту навколишнього середовища на залізничному транспорті України / В.Г. Лоза, С.В. Кухлівський, Б.Я. Костенко, О.М. Підскребасєв //

Вісник Дніпропетровського нац. ун-ту. залізнич. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 25. – С. 92–96.

234. Стан довкілля України на 2009 рік. Міністерство охорони навколишнього середовища. Інформаційно-аналітичний центр. – Режим доступу – <https://ias-menr.rgdata>.

235. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2012 році за даними спостережень гідрометеорологічних організацій. / Державний електронний ресурс.

236. Старовойтова Т.В. Антимикоробные свойства некоторых древесных и кустарниковых растений, применяемых в озеленении Киева / Т.В. Старовойтова, Е.С. Лахно // Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. – Киев: Наук. думка, 1967. – С. 82–84.

237. Старовойтова Т.В. Фитонцидная активность растений в натуральных условиях / Т.В. Старовойтова, Е.С. Лахно, В.А. Ярошенко // Фитонциды в народном хозяйстве. – Киев: Наук. думка, 1964. – С. 77–79.

238. Стельмахова Т.Ф. Створення стійких зелених насаджень в умовах атмосферного забруднення і високого рекреаційного навантаження / Т.Ф. Стельмахова // Лісівництво і агролісомеліорація: Зб. наук. пр. – Харків: УкрНДІЛГА, 2008. – Вип. 112. – С. 232–237.

239. Степень Р.А. Летучие органические вещества хвойных растений / Р.А. Степень, С.П. Чуркин, Г.Н. Черняева // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 91–94.

240. Степень Р.А. Экологическая и ресурсная значимость летучих терпеноидов сосняков средней Сибири / Р.А. Степень // Химия растительного сырья. – 1999. – № 2. – С. 125–129.

241. Степень Р.А. Влияние антропогенного загрязнения среды на содержание и состав эфирного масла хвои ели / Р.А. Степень, О.А. Есякова // Хвойные бореал. зоны. – 2007. – 24, № 1. – С. 122–127.

242. Сукачев В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Избранные труды: в 3 т. / Владимир Николаевич Сукачев. – Л.: Наука, 1972. – Т. 1. – 423 с.

243. Суслова О.П. Стан деревних рослин у паркових насадженнях промислових міст південного сходу України / О.П. Суслова, О.К. Поляков, Л.В. Хархота // Промислова ботаніка. – 2013. – Вип. 13. – С. 109–115.
244. Тарабрин В.П. Засухоустойчивость древесных растений и их размещение в городских насаждениях / В.П. Тарабрин, А.Ф. Рубцов // Зелёное строительство в степной зоне УССР. – Киев: Наук. думка, 1970. – С. 40–48.
245. Татарникова В.Ю. Древесные растения и городская среда / В.Ю. Татарникова, О. Дашиева // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: матер. междунар. конф. (Брянск, 1 – 30 ноября 2009г.) – Брянск: БГИТА, 2009. – С. 24–27.
246. Терпены летучих выделений ели обыкновенной / Р.А. Степень, С.П. Чуркин, Т.В. Бараков, Г.Н. Черняева // VIII совещание по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 50–51.
247. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: Офсет, 2008. – 969 с.
248. Токин Б.П. Губители микробов – фитонциды / Борис Петрович Токин. – М.: Госкультпросветиздат, 1951. – 127 с.
249. Токин Б.П. Хемотаксис простейших в отношении фитонцидов. – Фитонциды, их роль в природе и значение для медицины. – М.: Изд-во АМН СССР, 1952. – С. 145–160.
250. Токин Б.П. Что такое фитонциды? / Б.П. Токин // Тез. докл. VII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1975. – С. 5–20.
251. Токин Б.П. Фитонциды как экологическая и эволюционная проблема / Б.П. Токин // VIII совещание по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 3–5.
252. Токин Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах / Борис Петрович Токин. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. – 280 с.
253. Токин Б.П. Состояние проблемы фитонцидов и перспективы исследований / Б.П. Токин // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 4–5.

254. Томчук Р.И. Влияние загазованности воздуха на антимикробную активность древесных растений / Р.И. Томчук, А.С. Спахова, В.Н. Коновалова // Проблемы аллелопатии. – Киев: Наук. думка, 1976. – С.128–129.
255. Третьякова И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. – 2004. – № 1. – С. 26 – 33.
256. Турмухаметова Н.В. Адаптация *Tilia cordata* Mill. в городских условиях // Н.В. Турмухаметова // Современные аспекты экологии и экологического образования: мат. Всерос. конф. – Казань, 2005. – С. 168–169.
257. Український гідрометеорологічний центр. Офіційний інформаційний центр. Режим доступа: <http://www.meteo.gov.ua/>
258. Федорова А.И. Физиологически активные соединения экзометаболитов хвойных / А.И. Федорова, Р.А. Степень, Г.К. Зражевская // Аллелопатия и продуктивность растений. – Киев: Наук. думка, 1990. – С. 109–114.
259. Федорова А.И. Древесные растения г. Воронежа / А.И. Федорова, М.А. Михеева. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т. – 2008. – 99 с.
260. Федотова Ю.К. К вопросу о содержании основных пигментов фотосинтетического аппарата у *Geranium sanguineum* флоры центрального предкавказья / Ю.К. Федотова // Вестник Московского гос. обл. ун-та. – 2009 – № 1. – М.: МГОУ. – С. 81–85.
261. Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей / [В.П. Тарабрин, Е.Н. Кондратюк, В.Г.Башкатов и др.] – Киев: Наук. думка, 1986. – 216 с.
262. Физиолого-биохимическая индикация состояния сосны обыкновенной в связи с воздействием промышленных поллютантов / [И.Л. Фуксман, Я. Пойкалайнен, С.М. Шредерс и др.]. // Экология. – 1997. – № 3. – С. 213–217.
263. Фитонциды в эргономике / [А.М. Гродзинский, Н.М. Макачук, Я.С. Лещинская и др.] – Киев: Наук. думка, 1986. – 185 с.
264. Фитоэргономика / [Иванченко В.А., Гродзинський А.М., Черевеченко Т.М. и др.] – Киев: Наук. думка, 1989. – 296 с.

265. Флавоноиды почек тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) произрастающего в Красноярске 1. Флавоноиды этилацетатного экстракта почек тополя бальзамического / Е.В. Исаева, Г.А. Ложкина, Т.В. Рязанова, С.В. Морозов, Е.И. Черняк // Химия растительного сырья. – 2008. – № 2. – 53 с.
266. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с .
267. Хижняк Н.А. Фитонцидная активность древесных пород в условиях городской среды Донбасса / Н.А. Хижняк, К.А. Фельдберг // Тез. докл.VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев, 1979. – С. 65–69.
268. Хижняк Н.А. Фитонцидная активность растений как индикатор загрязнения окружающей среды в условиях химического предприятия / Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 67–68.
269. Хоботкова Л.Н. Антропогенная трансформация флоры урочища «Путиловский лес» зеленой зоны г. Донецка / Л.Н. Хоботкова, А.Н. Сумская // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2002. – № 2. – С. 74–78.
270. Цандекова О.Л. Фенологическая оценка древесных растений в очагах загрязнения выбросов автотранспорта / О.Л. Цандекова // Современный мир, природа и человек. – 2009. – Вып. 1. – С. 96–97.
271. Ципилин А.Н. Влияние освещенности на рост и развитие, фитонцидную активность растений / А.Н. Ципилин, Л.Д. Шипулина // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении биологического разнообразия видов: матер. междунар. науч. конф. (Калининград, 14–18 сентября 2004 г.). – Калининград, 2004. – С. 235–237.
272. Цыбуля Н.В. Антимикробная активность масляных экстрактов почек некоторых видов и форм тополя / Н.В. Цыбуля, Ю.Л. Якимова, В.Т. Бакулин // Вестник Иркутской гос. сельскохозяйств. академии. – 2011. – № 44–4. – С. 136–140.
273. Цыбуля Н.В. Методика определения фитонцидной активности интактных растений / Н.В. Цыбуля // Раст. ресурсы. – 2001. – Вып. 2. – С. 106–115.

274. Некоторые показатели физиологического состояния растений и их фитонцидной активности в условиях экологической среды города / А.А. Часовенная // Вестник Ленинград. ун-та. – 1977. – № 15. – С. 113–122.
275. Часовенная А.А. Механизмы регуляции фитоценотических систем и роль в них фитоценозов / А.А. Часовенная // Тез. докл. VII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1975. – С. 51–54.
276. Часовенная А.А. Фитонциды и садово-парковые биологические системы / А.А. Часовенная // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 148–152.
277. Часовенная А.А. Значение фитонцидов в сложных взаимоотношениях растений, определяющих эффективность природных и культивируемых растительных сообществ / А.А. Часовенная // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – Киев: Наук. думка, 1985. – Ч. 1. – С. 19–20.
278. Чиндяева Л.Н. Сезонная динамика антимикробной активности древесных растений в Сибири / Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цыбуля, Т.И. Киселева // Дендрология, цветоводство и садово-парковое строительство: Матер. междунар. конф. (Ялта, 5–8 июня 2012 г.). – Ялта, 2012. – 145 с.
279. Чиндяева Л.Н. Средоулучшающие свойства листопадных древесных растений в условиях урбанизированных территорий сибиря / Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цыбуля, Ю.Л. Якимова // Экология урбанизированных территорий. – 2010. – № 1. – С. 24–28.
280. Чиндяева Л.Н. Сезонная динамика антимикробной активности видов семейства кленовые (*Aceraceae* Juss.) / Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цыбуля, Ю.Л. Якимова // Вестник Новосибирского госуд. ун-та. – 2011. – Т.9, № 3. – С. 55–59.
281. Чубинидзе В.В. Сопоставление сезонной динамики выделения некоторых летучих органических веществ и фитонцидной активности листьев / В.В. Чубинидзе // Фитонциды в народном хозяйстве. – Киев: Наук. думка, 1964. – С. 72–76.
282. Чубинидзе В.В. Сезонная динамика летучих выделений растений выявление в них содержания некоторых альдегидов : автореф. дис. на соиск. уч.

- степени канд. биол. наук : спец. 03.00.05 "Ботаника" / В.В. Чубинидзе. – Тбилиси, 1966. – 28 с.
283. Шабанова А.В. К разработке методики оценки санитарно-гигиенических характеристик городских зеленых насаждений / А.В. Шабанова // Матер. восьмой междунар. науч.-техн. интернет конф. "Леса России в XXI веке" – (Санкт-Петербург, декабрь 2011). – Санкт-Петербург, 2011. – С. 97–100.
284. Шлык А.А. Биохимические методы в физиологии растений / Александр Аркадьевич Шлык. – М.: Наука, 1975. – 210 с.
285. Шульц Г.Э. Общая фенология / Г.Э. Шульц. – Л.: Наука, 1981. – 188 с.
286. Шумакова Г.Е. Биогеохимические особенности поведения элементов в листьях и плодах древесных пород / Г.Е. Шумакова // Лесн. хоз-во, 2012. – № 2. – С. 32–33.
287. Экспериментальная аллелопатия / [А.М. Гродзинский, Э.А. Головкин, С.А. Горобец и др.]. – Киев: Наук. думка, 1987. – 236 с.
288. A comprehensive emission inventory of biogenic volatile organic compounds in Europe: improved seasonality and land-cover / Öderbolz D.C., Aksoyoglu S., Keller J. etc. // Atmos. Chem. Phys. – 2013. – № 13. – P. 1689–1712.
289. Blake N.J. Emissions of VOC – anthropogenic and biogenic / N.J Blake. // Volatile Organic Compounds in the Polluted Atmosphere: The third ACCENT Barnslade Expert Meeting (Urbino, april 2007). – Urbino, 2007. – P.16–24.
290. Biogenic Hydrocarbons in the Atmospheric Boundary Layer: A Review / J. D. Fuentes,<sup>a</sup> M. Lerdau,<sup>b</sup> R. Atkinson etc. // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2000. – Vol. 81, No. 7. – P. 1537–1575.
291. Biogenic VOC oxidation and organic aerosol formation in an urban nocturnal boundary layer: aircraft vertical profiles in Houston, TX / Brown S.S., Dubé W.P., Bahreini R. etc. // Atmos. Chem. Phys. – 2013. – № 13. – P. 11317–11337.
292. Brehm D. How anthropogenic emissions interact with organic compounds emitted by trees / D. Brehm // Massachusetts institute of technology news. – 2013. [electronic resource: <http://web.mit.edu/newsoffice/2013>].

293. Cavanagh J.E. Potential of vegetation to mitigate road-generated air pollution / J.E. Cavanagh. – Lancare Research New Zealand Ltd. – 2005. – 18 p.
294. Chemical composition of volatile and extractive compounds of pine and spruce leaf litter in the initial stages of decomposition / M. Smolewska, A. Purzyńska-Pugacewicz<sup>1</sup>, Z. Tyszkiewicz // Biogeosciences. Poland – 2010. – № 7. – P. 2785–2794.
295. Chemical sensing of plants stress at the ecosystem scale / T. Karl, A. Guenter, A. Turnipsed, E.G. Patton etc. // Biogeosciences – 2008. – № 5. – P. 1287–1294.
296. Coder K.D., Warnell D.B. Allelopathy in trees // <http://www.forestry.uga.edu>
297. Coder K.D., Warnell D.B. Tree allelochemicals: ways and means // <http://www.forestry.uga.edu>
298. Davidson B. Concentrations and fluxes of biogenic volatile organic compounds above a Mediterranean macchia ecosystem in western Italy / B. Davison, R. Taipale, B. Langford, P. Misztal etc. // Biogeosciences. – 2009. – № 6. – P. 1655–1670.
299. Duhl T.R. Sesquiterpene emissions from vegetation: a review / T.R. Duhl. D. Helmig, A. Guenther // Biogeosciences. – 2008. – № 5. – P. 61–77.
300. Duka R., Ardelean D. Phytoncides and phytoalexins – vegetal antibiotics // Journal medical aradean (Arad medical journal). – 2010. – № 8 (3). – P. 19-25
301. Emission and Function of Volatile Organic Compounds in Response to Abiotic Stress / F. Spinelli<sup>1</sup>, A. Cellini<sup>1</sup>, L. Marchetti<sup>1</sup> etc. // Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations. – 2011. – <http://www.intechopen.com>
302. Emission of monoterpenes from European beech (*Fagus sylvatica* L.) as a function of light and temperature / T. Dindort, U. Kuhn, L. Ganzeveld etc. // Biogeosciences Discussions. – 2005. – № 2. – P. 137–182.
303. Emissions of biogenic volatile organic compounds and subsequent photochemical production of secondary organic aerosol in mesocosm studies of temperate and tropical plant species / Wyche K.P., Ryan A.C., Hewitt C.N. etc. // Atmos. Chem. Phys. – 2014. – № 14. – P. 12781–12801.
304. Estimation of isoprenoid emission factors from enclosure studies: measurements, data processing, quality and standardized measurement protocols / Ü.

Niinemets, U. Kuhn, P.C. Harley et al. // Biogeosciences Discussions. – 2011. – № 8. – P. 4633–4725.

305. EuroBionet: a pan-european biomonitoring network for urban year quality assessment / A. Klump, W. Ansel, G. Klump et al // [http://www.space.noa.gr/rsensing/documents/Eurobionet\\_web.pdf](http://www.space.noa.gr/rsensing/documents/Eurobionet_web.pdf)

306. Impact of phenology and environmental conditions on BVOC emissions from forest ecosystems / J. Dewulf, E. Joó, O. Pokorska etc. // Final Report. Brussels: Belgian Science Policy. – 2012. – 89 p. (Research Programme Science for a Sustainable Development).

307. Introduction to the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) and observed atmospheric composition change during 1972–2009 / K. Torseth, W. Aas, K. Breivik etc. // Atmospheric Chemistry Physics Discussion. – 2012. – № 12. – P. 1733–1820.

308. Irreversible impacts of heat on the emissions of monoterpenes, sesquiterpenes, phenolic BVOC and green leaf volatiles from several tree species / E. Kleist, T.F. Mentel, S. Andres etc. // Biogeosciences. – 2012. – № 9. – P. 5111–5123.

309. Isebrands J.G. Volatile organic compound emission rates from mixed deciduous and coniferous forests in Northern Wisconsin, USA / J.G. Isebrands, A.B. Guenther, P. Harley, D. Helmig et al // Atmospheric environment. – 1999. – № 33. – P. 2527–2536.

310. Isidorov V.A. Chemical composition of volatile and extractive compounds of pine and spruce leaf litter in the initial stages of decomposition / V.A. Isidorov, M. Smolewska, A. Purzynska-Pugacewiz, Z. Tyszkiewicz // Biogeosciences. – 2010. – № 7. – P. 2785–2794.

311. Isoprene in poplar emissions: effects on new particle formation and OH concentrations / A. Kiendler-Scharr<sup>1</sup>, S. Andres<sup>1</sup>, M. Bachner et al // Atmos. Chem. Phys. – 2012. – № 12. – P. 1021–1030.

312. Harley P.C. The Roles of Stomatal Conductance and Compound Volatility in Controlling the Emission of Volatile Organic Compounds from Leaves / P.C. Harley

- // Biology, Controls and Models of Tree Volatile Organic Compound Emissions. – Springer Science and Business Media Dordrecht. – 2013. – P. 181 – 208.
313. Harley P. Observations and models of emissions of volatile terpenoid compounds from needles of ponderosa pine trees growing in situ: control by light, temperature and stomatal conductance / P. Harley , A. Eller, A. Guenther, R.K. Monson // *Oecologia*. – 2014. – № 176. – P. 35–55.
314. Harmens H. Air Pollution and Vegetation. Annual Report 2013/2014 International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops / Harmens H., Mills G., Hayes F., Sharps K. [electronic resource: <http://icpvegetation.ceh.ac.uk>]
315. Henninger S. Biogenic isoprene and its impact on human health in dependence on meteorological conditions / Henninger S. // *Journal of Environmental Protection*. – 2012. – № 3. – P. 1206–1212.
316. Hopke P.K. Theory and application of Atmospheric source apportionment / P.K. Hopke // *Air quality and ecological impacts: relating sources to effects*. – Elsevier Ltd. – 2009. – P. 99–121.
317. Fowler D. Pollutant deposition and uptake by vegetation / D. Fowler // *Air pollution and plant life*. – West Sussex, England : John Wiley & Sons Ltd. – 2002. – P. 43–69.
318. Grote R. Leaf-level models of constitutive and stress-driven volatile organic compound emissions / R. Grote, R. Monson, Ü. Niinemets // *Biology, Controls and Models of Tree Volatile Organic Compound Emissions*. – Springer Science and Business Media Dordrecht. – 2013. – P. 315–355.
319. Guenther A. Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature) / A. Guenther, T. Karl , P. Harley et al. // *Atmos. Chem. Phys.* – 2006. – № 6. – P. 3181–3210.
320. Guenther A.B. The Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature version 2.1 (MEGAN2.1): an extended and updated framework for modeling biogenic emissions / A.B. Guenther, X. Jiang, C.L. Heald, T. Sakulyanontvittaya, T.

Duhl, L.K. Emmons, X. Wang // *Geoscientific Model Development*. – 2012. – № 5. – P. 1471–1492.

321. Jun Y. Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM<sub>2.5</sub> pollution / Jun Y., Yamin Ch., Pengbo Y. // *Atmospheric Pollution Research*. – 2015. – № 6. – P. 267–277.

322. Karl M. A new European plant-specific emission inventory of biogenic Volatile organic compounds for use in atmospheric transport models / M. Karl, A. Guenther, R. Köble, A. Leip, and G. Seufert // *Biogeosciences*. – 2009. – № 6. – P. 1059–1087.

323. Karlic J.F. Urban trees and ozone formation: a consideration for large scale plantings / J.F. Karlic, R.D. Pittenger // *University of California Agricultural and Natural Resources*. – 2012. – № 3. – P. 1–9.

324. Kask K. Emission of volatile organic compounds as a signal of plant stress / K. Kask, A. Kännaste, Ü. Niinemets // *Scientific Bulletin of ESCORENA*. – 2013. – № 8. – P. 79–92.

325. Kesselmeier J. Biogenic volatile organic compounds (VOC): an overview on emission, physiology and ecology / J. Kesselmeier, M. Staudt // *Journal of atmospheric chemistry*. – 1999. – № 33. – P. 23–88.

326. Kuo F.E. Parks and Other Green Environments: Essential Components of a Healthy Human Habitat / Frances E. (Ming) Kuo. – Belmont: National Recreation and Park Association, 2010. – 48 p.

327. Lappalainen H.K. Day-time concentrations of biogenic volatile organic compounds in a boreal forest canopy and their relation to environmental and biological factors / H.K. Lappalainen, S. Sevanto, J. Bäck, T.M. Ruuskanen et al. // *Atmospheric Chemistry Physics*. – 2009. – № 9. – P. 5447–5459.

328. Livesley S.J. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale / S.J. Livesley, E.G. McPherson, C. Calfapietra // *Journal of Environmental Quality*. – 2016. – № 45. – P. 119–124.

329. Matsumoto J. Measuring biogenic volatile organic compounds (BVOCS) from vegetation in aerosol and terms of ozone reactivity / J. Matsumoto // *Air Quality Research*. – 2014. – № 14. – P. 197–206.
330. Morani A. How to select the best tree planting locations to enhance air pollution removal in the MillionTreesNYC initiative / A. Mprani, D.J. Nowak, S. Hirabayashi, C. Calfapietra // *Environmental Pollution*. – 2011. – № 159. – P. 1040–1047.
331. Morimoto K. Development of teaching materials for Phytoncide / K. Morimoto, O. Oe, H. Morii // *Bull Nara Univ. Education*. – 2009. – Vol. 58, № 2. – P. 36–44.
332. Niinemets Ü. The emission factor of volatile isoprenoids: stress, acclimation, and developmental responses / Ü. Niinemets, A. Arneth, U. Kuhn, R.K. Monson et al // *Biogeosciences*. – 2010. – № 7. – P. 2203–2223.
333. Niinemets Ü. Bidirectional exchange of biogenic volatiles with vegetation: emission sources, reactions, breakdown and deposition / Ü. Niinemets, S. Fares, P. Harley, K.J. Jardine // *Plant Cell Environmet*. – 2014. – № 37 (8). – P. 1790–1809.
334. Noe S.M. Seasonal variation in vertical volatile compounds air concentrations within a remote hemiboreal mixed forest / Noe S.M., Hüve K., Niinemets Ü., Copolovici L. // *Atmos. Chem. Phys.* – 2012. – № 12. – P. 3909–3926.
335. Nowak D.J. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States / D.J. Nowak, D.E. Crane, J.C. Stevens // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2006. – № 4. – P. 115–123.
336. Nowak D.J. Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees // *Forest Science*. – № 42 (4). – 1996. – P. 504–507.
337. Nowak D.J. The effects of urban trees on air quality / D.J. Nowak // *USDA Forest Service, Syracuse, N.Y.* – 2002. [http://nrs.fs.fed.us/units/urban/local-resources/downloads/Tree\\_Air\\_Qual.pdf](http://nrs.fs.fed.us/units/urban/local-resources/downloads/Tree_Air_Qual.pdf)
338. Nowak D.J. Trees in the City: Measuring and Valuing the Urban Forest / D.J. Nowak, G.M. Heisler // *Northeastern Research Station USDA Forest Service*. – 2005. – № 3. – P. 1–6.

339. Onder S. Global Climate Changes and Effects on Urban Climate of Urban Green Spaces / Serpil Ondera, Sukru Dursunb // International Journal of Thermal & Environmental Engineering. – 2011. – Vol. 3, № 1. – P. 37–41.
340. Palau J.L. Relating source-specific atmospheric sulfur dioxide inputs to ecological effects assessment in a complex terrain / J.L. Palau, S.V. Krupa, V. Calatayud, M. Sanz, M. Millan // Air quality and ecological impacts: relating sources to effects. – Elsevier Ltd. – 2009. – P. 99–121.
341. Pascual J. Terpenoids from *Juniperus sabina* / J. Pascual, A.S. Feliciano, M. Jose, Miguel del Corral and Alejandro F. Barero // Phytochemistry. – 1983. – Vol. 65, № 1. – P. 300–301.
342. Perkins S. It's a gas: trees emit unknown volatile substances. Science News. – 2011. <http://findarticles.com>
343. Photosynthesis-dependent isoprene emission from leaf to planet in a global carbon-chemistry-climate model / N. Unger, K. Harper, Y. Zheng et al. // Atmos. Chem. Phys. – 2013. – № 13. – P. 10243–10269.
344. Plant physiological and environmental controls over the exchange of acetaldehyde between forest canopies and the atmosphere / K. Jardine, P. Harley, T. Karl, A. Guenther etc. // Biogeosciences. – 2008. – № 5. – P. 1559–1572.
345. Rai P.K. Leaf dust deposition and its impact on Biochemical aspect of some Roadside Plants of Aizawl, Mizoram, North East India / P.K. Rai, L.S. Panda // International Research Journal of Environment Sciences. – 2014. – № 3 (11). – P. 14–19.
346. Rinne J. Biogenic volatile organic compound emissions from the Eurasian taiga: current knowledge and future directions / J. Rinne, J. Back, H. Hakola // Boreal Environment Research. – 2009. – № 14. – P. 807–826.
347. Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review / C. Calafapietra, S. Fares, F. Manes etc. // Environmental pollution. – 2013. – V. 183. – P. 71–80.

348. Seasonal variation in vertical volatile compounds air concentrations within a remote hemiboreal mixed forest / S.M. Noe, K. Huve, Ü. Niinemets, L. Copolovici // *Atmos. Chem. Phys.* – 2012. – № 12. – P. 3909–3926.
349. Simultaneous growth and emission measurements demonstrate an interactive control of methanol release by leaf expansion and stomata / K. Huve, M.M. Christ, E. Kleist etc. // *Journal of Experimental Botany.* – 2007. – Vol. 58, № 7. – P. 1783–1793.
350. Spellerberg I.F. Ecological Effects of Roads and Traffic: A Literature Review / I.F. Spellerberg // *Global Ecology and Biogeography Letters.* – 1998. – Vol. 7, № 5. – P. 317-333.
351. Suslova E. Monitoring of woody plants in the park stands of the industrial cities in the south-east of Ukraine / E. Suslova, A. Polyakov, L. Kharkhota // *Biologija.* – 2013. – V. 59. – № 3. – P. 271–278.
352. The leaf-level emission factor of volatile isoprenoids: caveats, model algorithms, response shapes and scaling / Ü. Niinemets, R.K. Monson, A. Arneth etc. // *Biogeosciences.* – 2010. – № 7. – P. 1809–1832.
353. Trees in the city // *Forest science review.* – 2005. – № 3. – P. 1–6.
354. Volatile organic compound emissions from urban trees in Shenyang, China / D.W. Li, Y. Shi, X.Y. He, W. Chen et al // *Botanical studies.* – 2008. – № 49. – P. 67–72.
355. Volatile organic compounds emission from *Betula verrucosa* under drought stress / A. Paga, A. Bodescua, A. Kännasteb, D. Tomescua, Ü. Niinemetsb, L. Copolovici // *Scientific Bulletin of ESCORENA.* – 2013. – № 8. – P. 45–53.
356. Volatile scaling in plant – plant interactions: “Talking trees” in the genomic era / I.T. Baldwin, R. Halitshke, A. Paschold, C.C. von Dahl etc. // *Science.* – 2006. – № 10. – P. 812–814.

## ДОДАТОК А – ЩОМІСЯЧНІ ВИМІРИ ДОСЛІДЖЕНИХ ПОКАЗНИКІВ

Таблиця А.1

Співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках досліджених видів деревних рослин

| Вид                         | Травень |            |       |            |       |            | Червень  |            |       |            |       |            | Липень  |            |       |            |       |            |
|-----------------------------|---------|------------|-------|------------|-------|------------|----------|------------|-------|------------|-------|------------|---------|------------|-------|------------|-------|------------|
|                             | м.т 1   |            | м.т 2 |            | м.т 9 |            | м.т 1    |            | м.т 2 |            | м.т 9 |            | м.т 1   |            | м.т 2 |            | м.т 9 |            |
|                             | a/b     | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b      | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b     | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. |
| <i>Acer platanoides</i>     | 6,0     | 3,5        | 1,6   | 2,2        | 1,1   | 3,6        | 1,5      | 7,0        | 1,4   | 4,4        | 1,5   | 2,3        | 0,8     | 9,5        | 0,8   | 5,6        | 0,8   | 3,8        |
| <i>Acer pseudoplatanus</i>  | 0,9     | 5,4        | 1,5   | 1,9        | 1,6   | 3,2        | 0,8      | 3,0        | 0,7   | 1,5        | 0,5   | 1,0        | 0,9     | 3,0        | 1,2   | 1,6        | 1,2   | 1,1        |
| <i>Acer negundo</i>         | 2,3     | 1,9        | 1,0   | 1,1        | 0,7   | 1,5        | 0,8      | 5,9        | 0,8   | 3,6        | 0,7   | 2,3        | 0,8     | 5,2        | 0,8   | 3,5        | 0,8   | 2,5        |
| <i>Populus simonii</i>      | 1,1     | 7,7        | 6,0   | 2,8        | 2,4   | 6,8        | 1,4      | 6,0        | 1,5   | 3,3        | 1,8   | 1,9        | 1,8     | 6,0        | 1,9   | 4,8        | 1,9   | 2,7        |
| <i>Populus x canadensis</i> | 1,4     | 3,8        | 3,5   | 1,3        | 1,0   | 3,3        | 2,0      | 3,0        | 2,3   | 1,6        | 2,0   | 1,1        | 1,5     | 5,4        | 1,5   | 3,3        | 1,7   | 2,3        |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 1,2     | 6,0        | 4,7   | 2,4        | 0,8   | 2,0        | 1,1      | 6,7        | 1,1   | 4,1        | 1,1   | 2,4        | 1,1     | 4,4        | 1,1   | 2,9        | 1,2   | 1,9        |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 1,2     | 9,3        | 4,0   | 1,9        | 0,6   | 1,9        | 1,5      | 9,3        | 1,6   | 3,4        | 1,6   | 2,2        | 1,6     | 15,0       | 1,9   | 5,3        | 2,1   | 2,8        |
| <i>Tilia cordata</i>        | 5,3     | 6,3        | 3,3   | 3,4        | 1,1   | 2,4        | 1,8      | 2,4        | 2,6   | 1,6        | 2,5   | 1,1        | 1,5     | 2,5        | 1,3   | 1,8        | 2,0   | 1,2        |
| Вид                         | Серпень |            |       |            |       |            | Вересень |            |       |            |       |            | Жовтень |            |       |            |       |            |
|                             | м.т 1   |            | м.т 2 |            | м.т 9 |            | м.т 1    |            | м.т 2 |            | м.т 9 |            | м.т 1   |            | м.т 2 |            | м.т 9 |            |
|                             | a/b     | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b      | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b     | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. | a/b   | (a+b)/кар. |
| <i>Acer platanoides</i>     | 1,6     | 6,8        | 1,3   | 6,1        | 1,6   | 5,8        | 0,8      | 6,3        | 0,8   | 4,1        | 0,7   | 2,5        | 0,5     | 2,4        | 0,5   | 1,4        | 0,8   | 0,8        |
| <i>Acer pseudoplatanus</i>  | 1,4     | 4,8        | 1,5   | 4,2        | 2,0   | 4,3        | 1,3      | 1,8        | 1,4   | 1,1        | 1,3   | 0,5        | 1,3     | 1,2        | 1,5   | 0,6        | 0,5   | 0,5        |
| <i>Acer negundo</i>         | 2,4     | 3,4        | 1,1   | 4,0        | 1,9   | 4,2        | 0,6      | 1,6        | 0,4   | 1,2        | 0,8   | 0,7        | 0,6     | 1,2        | 0,6   | 0,8        | 0,5   | 0,5        |
| <i>Populus simonii</i>      | 1,8     | 73,3       | 2,1   | 10,3       | 1,4   | 8,0        | 1,3      | 7,0        | 1,4   | 3,0        | 1,5   | 1,4        | 1,8     | 7,3        | 1,7   | 3,8        | 0,8   | 0,8        |
| <i>Populus x canadensis</i> | 1,7     | 6,1        | 3,4   | 5,6        | 2,2   | 5,7        | 2,1      | 4,0        | 2,3   | 2,3        | 2,4   | 1,2        | 2,9     | 5,9        | 3,1   | 4,1        | 3,0   | 3,0        |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 1,8     | 2,2        | 2,1   | 2,3        | 2,8   | 2,3        | 1,5      | 4,3        | 1,5   | 3,2        | 1,5   | 2,4        | 1,3     | 1,5        | 1,4   | 1,1        | 0,8   | 0,8        |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 2,0     | 3,0        | 1,2   | 2,9        | 3,2   | 3,0        | 1,8      | 5,9        | 2,1   | 4,4        | 2,2   | 3,6        | 1,9     | 3,9        | 1,8   | 2,6        | 2,1   | 2,1        |
| <i>Tilia cordata</i>        | 1,2     | 2,0        | 1,6   | 4,1        | 2,0   | 4,2        | 1,6      | 2,4        | 1,5   | 2,5        | 1,4   | 2,7        | 1,4     | 0,6        | 1,5   | 0,7        | 1,0   | 1,0        |

Таблиця А.2

## Динаміка вмісту каротиноїдів у листках деревних рослин (мг/г сирої речовини)

| Види                               | Травень          |               |               | Червень          |               |               | Липень           |               |               | Серпень          |               |               | Вересень         |               |               | Жовтень          |               |               |
|------------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
|                                    | дослідні ділянки |               | конт-роль     | дослідні ділянки |               | конт-роль     | дослідні ділянки |               | конт-роль     | дослідні ділянки |               | конт-роль     | дослідні ділянки |               | конт-роль     | дослідні ділянки |               | конт-роль     |
|                                    | м.т. 1           | м.т. 2        |               | м.т. 1           | м.т. 2        |               | м.т. 1           | м.т. 2        |               | м.т. 1           | м.т. 2        |               | м.т. 1           | м.т. 2        |               | м.т. 1           | м.т. 2        |               |
| <i>Acer platanoides</i> L.         | 0,62<br>±0,01    | 0,53<br>±0,02 | 0,41<br>±0,01 | 0,56<br>±0,02    | 0,51<br>±0,01 | 0,46<br>±0,01 | 0,61<br>±0,01    | 0,55<br>±0,02 | 0,49<br>±0,01 | 0,91<br>±0,01    | 0,65<br>±0,01 | 0,41<br>±0,01 | 1,67<br>±0,02    | 1,23<br>±0,01 | 1,01<br>±0,01 | 2,7<br>±0,02     | 2,1<br>±0,01  | 1,54<br>±0,01 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.        | 0,51<br>±0,03    | 0,43<br>±0,01 | 0,38<br>±0,01 | 0,72<br>±0,02    | 0,68<br>±0,01 | 0,63<br>±0,02 | 0,71<br>±0,01    | 0,66<br>±0,01 | 0,59<br>±0,01 | 0,83<br>±0,01    | 0,79<br>±0,01 | 0,73<br>±0,01 | 1,11<br>±0,01    | 0,85<br>±0,02 | 0,72<br>±0,01 | 1,45<br>±0,01    | 1,15<br>±0,01 | 0,97<br>±0,01 |
| <i>A. negundo</i> L.               | 0,74<br>±0,03    | 0,61<br>±0,05 | 0,58<br>±0,03 | 0,75<br>±0,01    | 0,66<br>±0,02 | 0,57<br>±0,01 | 0,68<br>±0,01    | 0,60<br>±0,01 | 0,53<br>±0,01 | 0,81<br>±0,01    | 0,74<br>±0,02 | 0,68<br>±0,01 | 0,95<br>±0,01    | 0,88<br>±0,01 | 0,73<br>±0,01 | 1,23<br>±0,02    | 1,01<br>±0,01 | 0,93<br>±0,01 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière    | 0,31<br>±0,01    | 0,27<br>±0,01 | 0,21<br>±0,03 | 0,38<br>±0,02    | 0,33<br>±0,01 | 0,29<br>±0,01 | 0,58<br>±0,01    | 0,51<br>±0,02 | 0,45<br>±0,01 | 0,19<br>±0,01    | 0,14<br>±0,01 | 0,08<br>±0,01 | 0,35<br>±0,01    | 0,20<br>±0,01 | 0,16<br>±0,01 | 0,31<br>±0,01    | 0,27<br>±0,01 | 0,22<br>±0,01 |
| <i>Populus x canadensis</i> Moench | 0,55<br>±0,02    | 0,48<br>±0,03 | 0,36<br>±0,01 | 0,60<br>±0,02    | 0,51<br>±0,01 | 0,47<br>±0,01 | 0,57<br>±0,01    | 0,50<br>±0,02 | 0,41<br>±0,01 | 0,84<br>±0,01    | 0,77<br>±0,01 | 0,68<br>±0,01 | 0,86<br>±0,02    | 0,80<br>±0,01 | 0,72<br>±0,01 | 0,95<br>±0,01    | 0,81<br>±0,01 | 0,77<br>±0,01 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.     | 0,47<br>±0,02    | 0,39<br>±0,01 | 0,31<br>±0,03 | 0,61<br>±0,02    | 0,53<br>±0,03 | 0,48<br>±0,02 | 0,55<br>±0,01    | 0,51<br>±0,01 | 0,45<br>±0,01 | 0,78<br>±0,01    | 0,71<br>±0,01 | 0,65<br>±0,02 | 0,88<br>±0,01    | 0,81<br>±0,01 | 0,74<br>±0,01 | 1,45<br>±0,01    | 1,31<br>±0,02 | 1,05<br>±0,01 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.         | 0,31<br>±0,01    | 0,28<br>±0,01 | 0,22<br>±0,02 | 0,42<br>±0,01    | 0,38<br>±0,01 | 0,33<br>±0,02 | 0,67<br>±0,02    | 0,61<br>±0,01 | 0,52<br>±0,02 | 1,28<br>±0,02    | 1,01<br>±0,01 | 0,93<br>±0,01 | 1,61<br>±0,01    | 1,37<br>±0,01 | 1,12<br>±0,01 | 2,22<br>±0,02    | 1,65<br>±0,01 | 1,45<br>±0,01 |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.         | 0,36<br>±0,01    | 0,33<br>±0,02 | 0,27<br>±0,01 | 0,47<br>±0,01    | 0,43<br>±0,01 | 0,38<br>±0,02 | 0,44<br>±0,01    | 0,38<br>±0,01 | 0,31<br>±0,01 | 1,21<br>±0,01    | 1,14<br>±0,01 | 0,91<br>±0,01 | 1,66<br>±0,01    | 1,35<br>±0,01 | 1,15<br>±0,02 | 1,91<br>±0,01    | 1,71<br>±0,01 | 1,38<br>±0,01 |

Примітки. Усі результати достовірні при  $p \leq 0,05$  порівняно з контролем

Таблиця А.3

Кількість пилу на листках деревних рослин впродовж вегетаційного періоду 2011 р.

| Вид                         | Травень    |             | Червень    |             | Липень      |             |
|-----------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                             | мт.1       | мт.9        | мт.1       | мт.9        | мт.1        | мт.9        |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 0,63±0,01  | 0,18±0,01   | 0,83±0,01  | 0,64±0,02   | 1,22±0,04   | 0,68±0,03   |
| <i>Pop simonii</i>          | 0,54±0,02  | 0,61±0,02   | 1,06±0,01  | 0,40±0,02   | 1,76±0,09*  | 0,95±0,02   |
| <i>Tilia cordata</i>        | 0,61±0,05  | 0,32±0,03   | 0,68±0,05  | 0,51±0,03   | 0,88±0,05   | 0,71±0,04   |
| <i>Acer negundo</i>         | 0,08±0,007 | 0,03±0,002  | 0,11±0,03  | 0,04±0,006  | 0,12±0,003  | 0,11±0,003  |
| <i>Acer platanoides</i>     | 0,31±0,03  | 0,15±0,002  | 0,41±0,003 | 0,26±0,002  | 0,81±0,04   | 0,35±0,02   |
| <i>A. pseudoplatanus</i>    | 0,18±0,01  | 0,019±0,002 | 0,10±0,03  | 0,014±0,002 | 0,139±0,011 | 0,048±0,005 |
| <i>Populus ×canadensis</i>  | 0,75±0,01  | 0,40±0,03   | 1,41±0,04  | 1,07±0,02   | 2,07±0,047  | 1,12±0,003  |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 0,41±0,03  | 0,31±0,005  | 0,72±0,03  | 0,51±0,04   | 1,18±0,056  | 0,62±0,04   |
| Вид                         | Серпень    |             | Вересень   |             | Жовтень     |             |
|                             | мт.1       | мт.9        | мт.1       | мт.9        | мт.1        | мт.9        |
| <i>Syringa vulgaris</i>     | 1,50±0,029 | 1,21±0,03   | 0,51±0,01  | 0,28±0,02   | 0,36±0,01   | 0,31±0,03   |
| <i>Pop simonii</i>          | 1,50±0,03  | 0,82±0,02   | 0,51±0,01  | 0,31±0,04   | 0,36±0,01   | 0,22±0,01   |
| <i>Tilia cordata</i>        | 1,45±0,03  | 1,22±0,03   | 0,63±0,03  | 0,51±0,05   | 0,38±0,02   | 0,29±0,02   |
| <i>Acer negundo</i>         | 0,14±0,01  | 0,10±0,01   | 0,08±0,01  | 0,05±0,007  | 0,06±0,002  | 0,04±0,008  |
| <i>Acer platanoides</i>     | 1,23±0,06  | 0,74±0,02   | 0,52±0,006 | 0,21±0,004  | 0,24±0,0005 | 0,12±0,0003 |
| <i>A. pseudoplatanus</i>    | 0,10±0,009 | 0,062±0,002 | 0,08±0,003 | 0,06±0,004  | 0,07±0,002  | 0,04±0,001  |
| <i>Populus ×canadensis</i>  | 1,68±0,02  | 1,1±0,02    | 1,06±0,06  | 0,43±0,03   | 0,81±0,09   | 0,47±0,02   |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 1,19±0,03  | 0,66±0,01   | 0,38±0,015 | 0,32±0,01   | 0,12±0,004  | 0,07±0,004  |

Примітка. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$  порівняно з контролем

Таблиця А.4

Антимікробна активність деревних рослин в урбофітоценозах м. Донецьк  
(пр. Київський, парк ім. О.С. Щербакова) за вегетаційний період 2012р., %

| Вид                             | Травень                  |            |           |                         |            |           | Червень                  |            |           |                         |           |           |
|---------------------------------|--------------------------|------------|-----------|-------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|
|                                 | <i>Bacillus subtilis</i> |            |           | <i>Escherichia coli</i> |            |           | <i>Bacillus subtilis</i> |            |           | <i>Escherichia coli</i> |           |           |
|                                 | м.т. 1                   | м.т. 2     | м.т. 9    | м.т. 1                  | м.т. 2     | м.т. 9    | м.т. 1                   | м.т. 2     | м.т. 9    | м.т. 1                  | м.т. 2    | м.т. 9    |
| <i>Acer platanoides</i> L.      | 62,6±1,27                | 58,8±1,35* | 56,4±1,47 | 63,3±1,26               | 58,4±1,45* | 55,2±1,58 | 79,6±0,26                | 76,5±0,38  | 73,3±0,54 | 80,6±0,63               | 78,3±1,11 | 75,1±0,85 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.     | 71,4±1,29                | 69,5±1,11  | 64,3±1,12 | 73,2±0,51               | 70,0±0,54  | 66,4±0,48 | 72,3±0,72                | 69,5±0,67* | 67,6±0,48 | 78,0±0,59               | 75,3±0,65 | 71,5±0,75 |
| <i>A. negundo</i> L.            | 55,7±0,62                | 53,2±0,71  | 42,2±1,55 | 63,4±0,35               | 61,3±0,58  | 57,7±0,28 | 61,5±0,74                | 56,2±0,95  | 50,7±0,86 | 68,2±0,92               | 63,3±0,76 | 59,3±0,42 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière | 45,3±0,23                | 42,4±0,54  | 39,6±0,35 | 59,6±0,51               | 55,2±0,45  | 52,7±0,39 | 66,8±0,56                | 64,2±0,47  | 61,2±0,64 | 69,4±0,32               | 67,3±0,26 | 64,0±0,45 |
| <i>P. x canadensis</i> Moench   | 67,3±0,61                | 63,2±0,57  | 59,9±0,78 | 68,1±0,67               | 66,1±0,45  | 63,3±0,59 | 69,7±0,74                | 66,5±0,58  | 62,3±0,84 | 72,1±0,59               | 69,1±0,66 | 64,1±0,82 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.  | 41,6±0,26                | 39,7±0,45  | 37,4±0,51 | 55,3±0,68               | 50,2±0,88  | 46,5±0,51 | 47,3±0,21                | 43,2±0,54  | 42,5±0,34 | 52,1±0,77               | 48,4±0,63 | 44,9±0,87 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.      | 65,3±0,74                | 61,2±0,63  | 57,3±0,41 | 68,1±0,51               | 63,6±0,71  | 59,5±0,85 | 71,5±1,12                | 67,3±0,87  | 63,5±0,96 | 73,5±0,95               | 69,5±0,87 | 66,1±0,76 |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.      | 55,3±0,87                | 58,2±1,09  | 63,6±1,12 | 56,0±1,04               | 60,2±0,95  | 65,0±0,83 | 54,2±0,78                | 56,8±0,88  | 60,5±0,94 | 57,9±1,12               | 62,4±1,05 | 66,5±0,83 |

Примітки. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$  порівняно з контролем

Продовження табл. А.4

| Вид                             | Липень                   |            |           |                         |            |           | Серпень                  |           |           |                         |            |           |
|---------------------------------|--------------------------|------------|-----------|-------------------------|------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-------------------------|------------|-----------|
|                                 | <i>Bacillus subtilis</i> |            |           | <i>Escherichia coli</i> |            |           | <i>Bacillus subtilis</i> |           |           | <i>Escherichia coli</i> |            |           |
|                                 | м.т. 1                   | м.т. 2     | м.т. 9    | м.т. 1                  | м.т. 2     | м.т. 9    | м.т. 1                   | м.т. 2    | м.т. 9    | м.т. 1                  | м.т. 2     | м.т. 9    |
| <i>Acer platanoides</i> L.      | 78,5±0,78                | 75,2±1,04* | 73,5±0,91 | 80,6±1,09               | 78,3±0,77  | 75,0±0,86 | 83,5±0,97                | 80,4±0,65 | 76,5±0,74 | 85,3±0,58               | 82,1±0,62  | 78,8±0,75 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.     | 78,9±0,85                | 75,2±0,76  | 71,5±0,82 | 80,4±0,95               | 78,5±0,62  | 75,4±0,76 | 75,3±0,58                | 73,2±0,95 | 69,8±0,78 | 78,2±0,65               | 75,3±0,48  | 71,4±1,01 |
| <i>A. negundo</i> L.            | 73,2±0,62                | 67,2±0,59  | 62,5±0,75 | 75,7±0,58               | 70,5±1,02  | 65,1±0,61 | 68,5±0,3                 | 64,2±1,34 | 60,1±0,45 | 69,8±0,85               | 67,3±0,78  | 62,8±0,67 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière | 75,4±0,67                | 72,1±0,83  | 67,5±1,05 | 78,5±0,95               | 74,5±0,87  | 70,8±0,67 | 79,5±0,54                | 75,4±0,62 | 70,1±0,45 | 85,4±0,58               | 81,2±0,75  | 77,3±0,86 |
| <i>P. x canadensis</i> Moench   | 75,2±0,74                | 72,1±0,58  | 67,5±0,63 | 78,2±0,87               | 74,3±0,76  | 70,1±0,61 | 75,5±0,48                | 72,3±0,95 | 65,4±0,74 | 68,5±0,75               | 64,3±1,01  | 60,1±0,65 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.  | 69,5±0,68                | 65,2±0,61  | 60,1±0,78 | 66,6±0,68               | 63,2±1,1   | 57,4±0,86 | 75,23±0,51               | 71,3±0,72 | 67,7±0,63 | 71,1±0,17               | 67,2±0,36  | 64,3±0,45 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.      | 78,6±0,48                | 75,3±0,52  | 70,5±0,63 | 80,8±1,14               | 78,6±0,65  | 74,3±0,77 | 84,32±1,05               | 82,5±0,86 | 77,4±0,77 | 86,41±0,57              | 83,25±0,85 | 79,2±1,02 |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.      | 55,6±0,63                | 59,6±0,56  | 63,5±0,59 | 60,6±0,54               | 63,1±0,75* | 65,4±1,12 | 70,29±1,65               | 74,3±0,89 | 77,5±0,62 | 72,1±0,52               | 74,2±0,62  | 78,4±0,74 |

Примітки. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$  порівняно з контролем

Закінчення табл. А.4

| Вид                             | Жовтень                  |           |           |                         |           |           | Вересень                 |           |           |                         |           |           |
|---------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|
|                                 | <i>Bacillus subtilis</i> |           |           | <i>Escherichia coli</i> |           |           | <i>Bacillus subtilis</i> |           |           | <i>Escherichia coli</i> |           |           |
|                                 | м.т. 1                   | м.т. 2    | м.т. 9    | м.т. 1                  | м.т. 2    | м.т. 9    | м.т. 1                   | м.т. 2    | м.т. 9    | м.т. 1                  | м.т. 2    | м.т. 9    |
| <i>Acer platanoides</i> L.      | 68,5±0,89                | 66,4±0,62 | 63,2±0,74 | 71,9±0,85               | 69,4±0,73 | 65,1±0,63 | 54,2±0,78                | 52,8±0,56 | 49,5±0,48 | 56,1±0,75               | 53,4±1,02 | 50,1±0,49 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.     | 75,9±0,48                | 72,6±0,71 | 67,8±0,89 | 84,8±0,38               | 81,2±0,45 | 75,6±0,54 | 76,4±0,45                | 72,6±0,73 | 68,4±0,48 | 78,6±0,64               | 74,3±0,58 | 70,3±0,71 |
| <i>A. negundo</i> L.            | 65,1±0,21                | 63,2±0,32 | 58,9±0,52 | 79,1±0,20               | 76,5±0,34 | 73,2±0,53 | 50,1±0,96                | 45,3±0,59 | 35,6±0,71 | 65,9±0,44               | 62,4±0,56 | 55,4±0,35 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière | 66,6±0,59                | 63,5±0,65 | 58,9±0,74 | 69,6±1,01               | 65,4±0,65 | 60,4±0,78 | 65,9±1,08                | 64,2±0,56 | 60,5±0,84 | 71,8±0,26               | 68,7±0,54 | 63,4±0,47 |
| <i>P. x canadensis</i> Moench   | 65,6±0,59                | 62,4±0,83 | 59,7±1,04 | 67,8±0,45               | 63,2±0,56 | 59,8±0,86 | 60,1±0,54                | 58,6±0,75 | 54,3±0,64 | 59,7±0,85               | 56,4±0,53 | 52,3±1,13 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.  | 79,8±0,45                | 75,4±0,56 | 72,3±0,61 | 80,8±0,62               | 76,7±0,54 | 74,3±0,43 | 74,1±1,24                | 71,5±1,49 | 67,6±1,29 | 76,4±0,26               | 73,5±0,31 | 70,8±0,43 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.      | 57,8±0,65                | 55,4±0,56 | 51,4±0,47 | 62,0±0,85               | 58,4±0,74 | 56,3±0,56 | 25,9±0,68                | 23,4±0,98 | 21,6±0,85 | 35,9±0,75               | 33,1±0,96 | 29,4±0,65 |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.      | 53,2±0,74                | 56,3±1,02 | 60,6±0,89 | 55,8±1,12               | 58,7±0,26 | 62,3±0,54 | 41,3±0,25                | 43,5±0,58 | 46,7±0,29 | 44,6±0,38               | 46,7±0,42 | 50,3±0,67 |

Примітки. \* – результати не достовірні при  $p > 0,05$  порівняно з контролем

Таблиця А.5

Антимікробна активність деревних рослин в умовах Донецького металургійного заводу (%) за вегетаційний період 2012р.

| Вид                         | Травень                  |                      |                         |                      | Червень                  |                      |                         |                      | Липень                   |                      |                         |                      |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|                             | <i>Bacillus subtilis</i> |                      | <i>Escherichia coli</i> |                      | <i>Bacillus subtilis</i> |                      | <i>Escherichia coli</i> |                      | <i>Bacillus subtilis</i> |                      | <i>Escherichia coli</i> |                      |
|                             | м.т. 3                   | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                  | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                   | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                  | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                   | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                  | м.т. 8<br>(контроль) |
| <i>Populus bolleana</i>     | 74,31±2,28               | 65,91±1,47           | 73,50±1,48              | 63,36±2,56           | 76,46±1,35               | 65,38±2,05           | 74,11±1,58              | 68,39±1,89           | 80,80±1,35               | 66,17±2,02           | 82,41±1,85              | 74,28±1,75           |
| <i>Populus × canadensis</i> | 71,29±1,34               | 63,35±1,58           | 70,49±1,52              | 61,31±1,83           | 69,47±1,45               | 66,09±1,75           | 70,48±1,63              | 62,27±1,65           | 80,13±1,24               | 70,77±1,49           | 80,06±1,54              | 70,08±1,65           |
| <i>Populus simonii</i>      | 67,83±1,46               | 63,34±2,35           | 69,12±1,24              | 61,23±1,47           | 60,07±1,57               | 52,68±1,17           | 55,62±1,21              | 39,61±1,75           | 65,44±1,36               | 49,48±1,56           | 74,12±1,67              | 65,92±1,57           |
| <i>Acer negundo</i>         | 64,21±2,51*              | 61,22±0,89           | 61,22±1,54              | 42,24±1,32           | 66,52±1,48               | 54,71±1,69           | 73,43±1,78              | 59,31±1,58           | 74,79±1,34               | 62,52±1,61           | 81,63±1,17              | 65,51±1,76           |
| <i>Acer platanoides</i>     | 65,33±0,89               | 59,62±2,11           | 68,71±2,36              | 55,21±1,75           | 80,27±1,59               | 73,33±1,58           | 83,61±1,67              | 75,12±1,68           | 83,83±1,58               | 73,53±1,23           | 85,44±1,26              | 75,02±1,24           |
| <i>Acer pseudoplatanus</i>  | 74,14±0,47               | 56,38±1,78           | 76,30±3,34              | 68,41±1,69           | 75,62±1,24               | 67,62±1,45           | 82,84±0,95              | 74,48±1,85           | 79,82±1,74               | 73,61±1,49           | 87,91±1,34              | 75,42±1,31           |
| <i>Syringa vulgaris.</i>    | 66,42±1,16               | 59,87±2,09           | 67,51±2,41              | 59,52±2,58           | 70,12±1,35               | 63,54±2,39           | 76,47±1,08              | 68,39±1,95           | 80,14±1,67               | 72,54±1,56           | 82,48±1,78              | 74,28±1,14           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 59,43±1,21               | 56,41±1,33           | 52,32±3,46              | 37,41±2,46           | 58,87±1,48               | 43,18±3,45           | 56,54±1,89              | 42,52±1,57           | 65,12±1,26               | 50,57±1,67           | 70,11±1,84              | 63,12±1,68           |

Примітки. \* – різниці в порівнянні з контролем (моніторингова точка №8) не достовірні при  $p > 0,05$

Закінчення табл. А.5

| Вид                                | Серпень                  |                      |                         |                      | Вересень                 |                      |                         |                      | Жовтень                  |                      |                         |                      |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|                                    | <i>Bacillus subtilis</i> |                      | <i>Escherichia coli</i> |                      | <i>Bacillus subtilis</i> |                      | <i>Escherichia coli</i> |                      | <i>Bacillus subtilis</i> |                      | <i>Escherichia coli</i> |                      |
|                                    | м.т. 3                   | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                  | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                   | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                  | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                   | м.т. 8<br>(контроль) | м.т. 3                  | м.т. 8<br>(контроль) |
| <i>Populus bolleana</i>            | 72,31±1,48               | 63,12±0,85           | 79,62±1,35              | 70,46±1,56           | 76,22±1,23               | 63,54±1,48           | 78,89±2,01              | 65,14±1,59           | 66,72±1,18               | 61,41±1,33           | 75,82±1,49              | 68,41±1,87           |
| <i>Populus</i> × <i>canadensis</i> | 75,69±1,12               | 70,53±1,98           | 75,58±1,75              | 70,64±1,54           | 60,14±1,78*              | 60,82±1,89           | 69,88±2,16              | 59,73±0,75           | 68,14±1,34               | 56,28±1,47           | 63,51±1,87              | 54,19±1,45           |
| <i>Populus simonii</i>             | 70,57±1,25               | 58,62±1,47           | 87,32±1,81              | 72,33±1,61           | 81,41±2,12               | 62,43±1,63           | 72,52±1,49              | 60,69±1,65           | 68,35±1,46               | 63,51±1,36           | 74,71±1,57              | 65,42±1,57           |
| <i>Acer negundo</i>                | 68,92±1,68               | 51,11±0,85           | 77,41±1,65              | 67,52±1,32           | 63,13±2,05               | 60,54±1,59           | 76,53±1,31              | 73,21±2,03           | 36,71±1,49               | 27,53±1,47           | 71,92±2,12              | 59,61±1,31           |
| <i>Acer platanoides</i>            | 86,14±0,98               | 79,08±0,93           | 87,23±1,78              | 70,81±1,95           | 81,21±1,47               | 63,21±1,34           | 75,02±1,54              | 67,12±1,49           | 59,60±1,63               | 49,52±1,49           | 73,54±1,25              | 50,11±0,98           |
| <i>Acer pseudoplatanus</i>         | 76,22±2,13               | 72,73±2,34           | 84,74±1,59              | 79,0±1,62            | 79,01±1,75               | 69,78±1,86           | 85,14±1,64              | 79,68±1,87           | 77,14±1,79               | 70,54±1,31           | 79,11±1,44              | 72,31±1,27           |
| <i>Syringa vulgaris</i>            | 84,78±2,02               | 80,63±0,97           | 87,78±2,08              | 60,49±1,45           | 81,12±1,28               | 53,42±1,49           | 65,13±1,78              | 56,31±1,71           | 30,57±1,98               | 21,58±1,29           | 45,04±1,64              | 29,43±1,79           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>        | 77,81±1,45               | 71,57±1,40           | 80,07±0,89              | 73,43±1,47           | 72,31±1,62               | 68,43±1,56           | 84,47±1,81              | 74,32±1,38           | 76,82±1,61               | 67,63±1,56           | 80,08±1,45              | 70,82±1,47           |

Примітки. \* – різниці в порівнянні з контролем (моніторингова точка №8) недостовірні при  $p > 0,05$ .

Таблиця А. 6

Температура та вологість повітря на моніторингових точках (м. Донецьк та позаміських територій) у 2011 та 2012 рр.

| Моніторингові точки                         | Січень        |                               | Лютий         |                               | Березень      |                               | Квітень       |                               | Травень       |                               | Червень       |                               | Липень        |                               | Серпень       |                               | Вересень      |                               | Жовтень       |                               | Листопад      |                               | Грудень       |                               |
|---------------------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
|                                             | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % | t повітря, °C | відносна вологість повітря, % |
| 2011 р.                                     |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |
| Проспект Київський (м.т. 1)                 | -6            | 84,5                          | -8            | 76,5                          | -5            | 77,1                          | 8             | 62,1                          | 17            | 68,7                          | 21            | 70,3                          | 24            | 68,4                          | 21            | 64,5                          | 16            | 69,8                          | 9             | 80,1                          | -1            | 79,8                          | -1            | 86,5                          |
| Донецький металургійний завод (м.т. 3)      | -5            | 80,1                          | -8            | 76,5                          | -2            | 74,3                          | 15            | 62,1                          | 25            | 66,5                          | 27            | 68,1                          | 33            | 65,6                          | 29            | 68,1                          | 26            | 78,5                          | 14            | 76,5                          | 4             | 77,4                          | 6             | 85,6                          |
| Донецький ботанічний сад (м.т. 8)           | -8            | 86,1                          | -9            | 79,5                          | -6            | 79,1                          | 6             | 66,1                          | 15            | 70,3                          | 19            | 73,1                          | 24            | 72,1                          | 20            | 68,2                          | 20            | 72,1                          | 15            | 83,5                          | 8             | 81,4                          | 0             | 88,2                          |
| с. Тоненьке, Ясинуватського району (м.т. 9) | -8            | 86,1                          | -10           | 79,5                          | -6            | 79,4                          | 7             | 66,1                          | 17            | 71,2                          | 20            | 73,1                          | 23            | 71,5                          | 20            | 68,9                          | 13            | 72,4                          | 14            | 83,1                          | 6             | 81,5                          | -3            | 88,6                          |
| 2012 р.                                     |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |               |                               |
| проспект Київський (м.т. 1)                 | -5            | 86,7                          | -10           | 80,1                          | -1            | 79,8                          | 14            | 65,4                          | 21            | 62,1                          | 23            | 66,5                          | 24            | 54,1                          | 26            | 60,1                          | 17            | 70,2                          | 13            | 73,8                          | 4             | 80,1                          | -7            | 82,5                          |
| Донецький металургійний завод (м.т. 3)      | -6            | 86                            | -11,5         | 80,1                          | 1             | 77,4                          | 19            | 65,1                          | 28            | 59,8                          | 30            | 65,3                          | 29            | 56,1                          | 31            | 62,1                          | 22            | 68,7                          | 20            | 73,2                          | 8             | 79,5                          | 0             | 81,6                          |
| Донецький ботанічний сад (м.т. 8)           | -7            | 89                            | -11           | 84,5                          | -2            | 81,2                          | 12            | 69,5                          | 19            | 64,1                          | 21            | 69,7                          | 22            | 62,1                          | 22            | 65,1                          | 15            | 73,4                          | 7             | 76,8                          | 2             | 84,1                          | -7            | 86,7                          |
| с. Тоненьке, Ясинуватського району (м.т. 9) | -8            | 87,5                          | -12           | 83,4                          | -3            | 81,5                          | 12            | 69,7                          | 20            | 64,1                          | 21            | 68,7                          | 22            | 60,1                          | 25            | 64,1                          | 24            | 73,5                          | 15            | 75,6                          | 12            | 83,1                          | 2             | 86,2                          |

Таблиця А.7

Протистоцидна активність вічнозелених деревно-кущових рослин в умовах м. Донецька (хв.), парк відпочинку (м.т 2)

| Таксономічні одиниці<br>(порядок, родина, вид)      | Місяці        |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|-----------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                                     | січень        | лютий         | березень      | квітень       | травень       | червень       | липень        | серпень       | вересень      | жовтень       | листопад      | грудень       |
| Pinales<br>Pinaceae                                 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <i>Picea pungens</i> Engelm.                        | 13,2<br>±0,58 | 37,5<br>±0,74 | 35,5<br>±0,52 | 22,1<br>±0,59 | 12,4<br>±0,38 | 9,4<br>±0,35  | 11,9<br>±0,58 | 12,5<br>±0,65 | 13,2<br>±0,36 | 10,5<br>±0,52 | 9,7<br>±0,62  | 8,2<br>±0,47  |
| <i>P. pungens</i> f.<br><i>glauca</i> Reg.          | 20,5<br>±0,57 | 42,1<br>±0,66 | 38,5<br>±0,62 | 26,4<br>±0,82 | 17,6<br>±0,49 | 13,2<br>±0,38 | 16,2<br>±0,61 | 18,8<br>±0,46 | 15,7<br>±0,87 | 12,8<br>±0,54 | 11,5<br>±0,71 | 9,7<br>±0,64  |
| Cupressales<br>Cupressaceae                         |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <i>Juniperus sabina</i> L.                          | 22,8<br>±0,25 | 35,7<br>±0,48 | 32,3<br>±0,56 | 24,7<br>±0,41 | 14,6<br>±0,31 | 18,9<br>±0,57 | 13,5<br>±0,27 | 15,6<br>±0,65 | 16,7<br>±0,41 | 18,9<br>±0,54 | 17,5<br>±0,32 | 12,1<br>±0,35 |
| <i>J. squamata</i>                                  | 25,7<br>±0,52 | 37,2<br>±0,61 | 34,2<br>±0,46 | 29,7<br>±0,97 | 18,9<br>±0,72 | 22,5<br>±0,46 | 16,7<br>±0,82 | 15,9<br>±0,51 | 18,3<br>±0,66 | 20,5<br>±0,68 | 19,1<br>±0,71 | 15,1<br>±0,64 |
| <i>J. virginiana</i>                                | 27,1<br>±0,78 | 38,9<br>±1,12 | 36,1<br>±0,89 | 26,1<br>±0,62 | 16,2<br>±0,56 | 20,1<br>±0,62 | 15,2<br>±0,52 | 14,8<br>±0,36 | 17,1<br>±0,75 | 19,3<br>±0,81 | 18,6<br>±0,35 | 13,9<br>±0,37 |
| <i>Platycladus</i><br><i>orientalis</i> (L.) Franco | 19,7<br>±0,14 | 33,2<br>±0,41 | 30,1<br>±0,25 | 25,6<br>±0,62 | 13,0<br>±0,42 | 17,8<br>±0,63 | 13,2<br>±0,91 | 14,2<br>±0,48 | 15,2<br>±0,25 | 16,1<br>±0,47 | 16,9<br>±0,24 | 17,5<br>±0,15 |
| Berberidales<br>Berberidaceae                       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <i>Mahonia</i><br><i>aquifolium</i> (Pursh) Nutt.   | 15,4<br>±0,37 | 28,3<br>±0,58 | 25,1<br>±0,75 | 23,5<br>±0,47 | 14,3<br>±0,36 | 13,5<br>±0,72 | 10,3<br>±0,67 | 12,4<br>±0,81 | 13,5<br>±0,52 | 14,1<br>±0,62 | 12,8<br>±0,56 | 11,4<br>±0,54 |

Таблиця А.8

Протистоксидна активність вічнозелених деревно-кущових рослин в умовах м. Донецька (хв.), пр. Київський (м.т 1)

| Таксономічні одиниці<br>(порядок, родина, вид)    | Місяці        |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|---------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                                   | січень        | лютий         | березень      | квітень       | травень       | червень       | липень        | серпень       | вересень      | жовтень       | листопад      | грудень       |
| Pinales<br>Pinaceae                               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <i>Picea pungens</i> Engelm.                      | 14,2<br>±0,41 | 40,3<br>±0,81 | 37,4<br>±0,35 | 25,5<br>±0,62 | 19,6<br>±0,45 | 14,0<br>±0,54 | 11,5<br>±0,56 | 14,3<br>±0,37 | 12,3<br>±0,23 | 13,5<br>±0,21 | 10,1<br>±0,25 | 9,5<br>±0,65  |
| <i>P. pungens</i> f.<br><i>glauca</i> Reg.        | 28,6<br>±0,45 | 45,7<br>±0,32 | 43,2<br>±0,26 | 32,6<br>±0,35 | 27,4<br>±0,37 | 25,6<br>±0,48 | 24,7<br>±0,29 | 20,7<br>±0,61 | 17,5<br>±0,52 | 19,6<br>±0,42 | 15,4<br>±0,26 | 12,3<br>±0,31 |
| Cupressales<br>Cupressaceae                       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <i>Juniperus sabina</i> L.                        | 13,5<br>±0,25 | 36,6<br>±0,56 | 30,3<br>±0,67 | 22,5<br>±0,54 | 12,9<br>±0,51 | 9,6<br>±0,47  | 7,2<br>±0,41  | 8,1<br>±0,54  | 10,5<br>±0,42 | 11,8<br>±0,32 | 10,3<br>±0,23 | 9,9<br>±0,62  |
| <i>J. squamata</i>                                | 20,6<br>±0,51 | 33,4<br>±1,23 | 29,3<br>±0,89 | 24,6<br>±0,71 | 12,5<br>±0,78 | 17,4<br>±0,65 | 19,6<br>±0,85 | 21,8<br>±0,33 | 18,7<br>±0,41 | 25,6<br>±0,78 | 18,7<br>±0,52 | 15,6<br>±0,74 |
| <i>J. virginiana</i>                              | 19,5<br>±0,43 | 31,2<br>±0,62 | 28,5<br>±0,54 | 21,7<br>±0,75 | 11,7<br>±0,52 | 16,2<br>±0,57 | 17,7<br>±0,75 | 22,5<br>±0,56 | 17,1<br>±0,35 | 24,2<br>±0,68 | 17,6<br>±0,26 | 13,2<br>±0,71 |
| <i>Platycladus orientalis</i><br>Franco           | 12,9<br>±0,66 | 35,6<br>±0,89 | 27,2<br>±0,58 | 19,5<br>±0,45 | 7,2<br>±0,52  | 7,3<br>±0,42  | 5,9<br>±0,30  | 6,4<br>±0,38  | 7,1<br>±0,45  | 9,5<br>±0,52  | 10,1<br>±0,39 | 8,12<br>±0,47 |
| Berberidales<br>Berberidaceae                     |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <i>Mahonia</i><br><i>aquifolium</i> (Pursh) Nutt. | 16,9<br>±0,64 | 29,3<br>±0,75 | 27,3<br>±0,42 | 25,5<br>±0,36 | 16,4<br>±0,53 | 14,5<br>±0,64 | 12,0<br>±0,35 | 13,4<br>±0,76 | 14,6<br>±0,45 | 15,7<br>±0,51 | 13,1<br>±0,24 | 12,2<br>±0,52 |

Таблиця А. 9

Фітонцидна активність листяних деревно-кущових рослин в умовах м. Донецька (хв.), парк відпочинку (м.т 2)

| Таксономічні одиниці<br>(родина, вид)        | Місяці    |           |           |           |           |
|----------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                              | травень   | червень   | липень    | серпень   | вересень  |
| Betulaceae                                   |           |           |           |           |           |
| <i>Betula pendula</i> Roth                   | 16,2±0,65 | 15,4±0,39 | 13,6±0,32 | 11,0±0,63 | 19,8±0,45 |
| Juglandaceae                                 |           |           |           |           |           |
| <i>Juglans regia</i> L.                      | 11,6±0,57 | 8,5±0,62  | 7,1±0,43  | 6,7±0,44  | 7,5±0,36  |
| Salicaceae                                   |           |           |           |           |           |
| <i>Populus bolleana</i><br><i>Lauche</i>     | 16,0±0,55 | 14,9±0,43 | 13,4±0,17 | 12,5±0,45 | 17,8±0,60 |
| <i>Populus</i> × <i>canadensis</i><br>Moench | 15,7±0,35 | 13,1±0,46 | 11,8±0,65 | 11,9±0,47 | 16,7±0,60 |
| <i>Populus simonii</i><br><i>Carrière</i>    | 20,6±0,41 | 11,8±0,66 | 5,9±0,60  | 8,1±0,56  | 9,5±0,38  |
| <i>Salix alba</i> L.                         | 19,1±0,53 | 16,4±0,82 | 12,1±0,42 | 14,1±0,44 | 15,6±0,45 |
| Tiliaceae                                    |           |           |           |           |           |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.                   | 14,5±0,39 | 19,6±0,95 | 9,2±0,42  | 10,3±0,44 | 14,3±0,56 |
| Ulmaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Ulmus pumila</i> L.                       | 25,1±0,56 | 17,3±0,49 | 14,5±0,32 | 13,1±0,72 | 23,4±0,67 |
| <i>U. laevis</i> Pallas                      | 45,6±0,34 | 37,8±0,75 | 40,1±0,55 | 45,4±0,42 | 50,6±0,31 |
| Moraceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Morus alba</i> L.                         | 30,6±0,23 | 36,5±0,82 | 22,0±1,35 | 43,3±0,94 | 45,7±0,61 |
| Rosaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Armeniaca vulgaris</i><br><i>Lam.</i>     | 15,0±0,32 | 9,1±0,39  | 5,8±0,33  | 11,2±0,52 | 13,3±0,63 |
| <i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck            | 16,8±0,47 | 12,2±0,39 | 13,6±0,26 | 14,2±0,61 | 18,5±0,53 |
| <i>Padus avium</i> Mill.                     | 5,3±0,26  | 6,1±0,40  | 10,6±0,49 | 13,2±0,60 | 11,9±0,47 |
| <i>Pyrus communis</i> L.                     | 12,8±0,16 | 11,7±0,73 | 8,3±0,37  | 5,7±0,22  | 9,6±0,61  |
| <i>Sorbus aucuparia</i> L.                   | 22,1±0,36 | 17,4±0,51 | 15,3±0,81 | 14,2±0,48 | 23,3±0,37 |
| <i>Sorbus intermedia</i><br>(Ehrh.) Pers     | 24,5±0,45 | 22,3±0,61 | 20,7±0,23 | 19,1±0,56 | 25,7±0,49 |
| Fabaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.               | 17,1±0,11 | 12,2±0,81 | 8,7±0,62  | 11,4±0,45 | 17,2±0,48 |
| Sapindales<br>Hippocastanaceae               |           |           |           |           |           |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> L.             | 27,6±0,86 | 21,7±0,67 | 16,4±0,39 | 23,1±0,49 | -         |
| Aceraceae                                    |           |           |           |           |           |
| <i>Acer negundo</i> L.                       | 11,8±0,63 | 9,9±0,47  | 8,0±1,14  | 5,7±0,28  | 10,7±0,65 |

| Таксономічні одиниці<br>(родина, вид)           | Місяці    |           |           |           |           |
|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                 | травень   | червень   | липень    | серпень   | вересень  |
| <i>A. platanoides</i> L.                        | 13,9±0,55 | 10,2±0,47 | 8,8±0,57  | 11,5±0,50 | 13,4±0,59 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.                     | 16,3±0,34 | 14,9±0,47 | 7,5±0,25  | 11,8±0,18 | 16,2±0,36 |
| <i>A. saccharinum</i> L.                        | 35,4±0,65 | 30,6±0,68 | 27,6±0,58 | 11,5±0,48 | 17,2±0,51 |
| Simaroubaceae                                   |           |           |           |           |           |
| <i>Ailanthus altissima</i><br>(Mill.) Swingle   | 19,7±0,48 | 15,3±0,44 | 14,4±0,53 | 12,6±0,57 | 22,3±0,61 |
| Viburnaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Viburnum opulus</i> L.                       | 14,6±0,61 | 13,9±0,59 | 10,6±0,35 | 8,3±0,44  | 16,5±0,52 |
| Caprifoliaceae                                  |           |           |           |           |           |
| <i>Symphoricarpos albus</i><br>(L.) S. F. Blake | 15,1±0,45 | 13,6±0,37 | 11,8±0,32 | 10,2±0,44 | 13,2±0,35 |
| Oleaceae                                        |           |           |           |           |           |
| <i>Forsythia ovata</i> Nakai                    | 14,3±0,56 | 10,3±0,47 | 8,8±0,65  | 6,3±0,38  | 7,9±0,65  |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.                    | 10,8±0,39 | 10,9±0,14 | 8,7±0,52  | 12,4±0,26 | 13,6±0,53 |
| <i>Ligustrum vulgare</i> L.                     | 26,7±0,85 | 23,1±0,63 | 18,7±0,38 | 16,0±0,41 | 19,6±0,57 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.                      | 13,3±0,37 | 12,7±0,83 | 11,3±0,71 | 10,7±0,69 | 13,5±0,67 |

Таблиця А.10

Фітонцидна активність листяних деревно-кущових рослин в умовах м. Донецька (хв.), Донецький металургійний завод (м.т 3)

| Таксономічні одиниці<br>(порядок, родина, вид) | Місяці    |           |           |            |            |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|                                                | травень   | червень   | липень    | серпень    | вересень   |
| Betulales<br>Betulaceae                        |           |           |           |            |            |
| <i>Betula pendula</i> Roth                     | 12,5±0,45 | 10,8±0,39 | 7,9±0,32  | 6,2±0,63   | 15,7±0,56  |
| Juglandales<br>Juglandaceae                    |           |           |           |            |            |
| <i>Juglans regia</i> L.                        | 12,4±0,63 | 9,4±0,41  | 7,6±0,36  | 7,5±0,56   | 8,5±0,85   |
| Violales<br>Salicaceae                         |           |           |           |            |            |
| <i>Populus bolleana</i> Lauche                 | 10,2±0,46 | 7,4±0,36  | 5,6±0,59  | 10,8±1,30  | 26,0±0,76  |
| <i>Populus</i> × <i>canadensis</i><br>Moench   | 9,7±0,67  | 6,7±0,65  | 4,5±0,25  | 5,3±0,36   | 17,3±0,39  |
| <i>Populus simonii</i> Carrière                | 6,5±0,53  | 6,3±0,54  | 4,3±0,68  | 5,5±0,19   | 6,0±0,45   |
| Rosales<br>Rosaceae                            |           |           |           |            |            |
| <i>Pyrus communis</i> L.                       | 7,1±0,56  | 6,1±0,42  | 5,8±0,67  | 4,4±0,35   | 6,9±0,16   |
| <i>Sorbus aucuparia</i> L.                     | 18,8±0,34 | 16,7±0,27 | 15,6±0,35 | 14,21±0,44 | 20,5±0,16  |
| <i>S. intermedia</i> (Ehrh.) Pers              | 23,6±0,67 | 20,8±0,64 | 19,7±0,56 | 22,3±0,91  | 25,7±0,43  |
| Fabales<br>Fabaceae                            |           |           |           |            |            |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.                 | 16,5±0,92 | 8,3±0,56  | 7,5±0,35  | 9,5±0,24   | 12,8±0,56  |
| Aceraceae                                      |           |           |           |            |            |
| <i>Acer platanooides</i> L.                    | 9,8±0,49  | 8,8±0,45  | 9,8±0,48  | 11,0±0,64  | 13,8±0,63  |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> L.                  | 10,6±0,67 | 7,1±0,34  | 8,1±0,70  | 8,5±0,44   | 16,2±0,81  |
| <i>Acer negundo</i> L.                         | 6,5 ±0,23 | 5,4±0,62  | 5,15±0,75 | 4,03±0,21  | 8,3±0,45   |
| <i>A. saccharinum</i> L.                       | 25,5±0,48 | 30,6±0,68 | 27,6±0,58 | 11,5±0,48  | 24,5±0,50  |
| Rutales<br>Simaroubaceae                       |           |           |           |            |            |
| <i>Aillantus altissima</i> (Mill.)<br>Swingle  | 13,6±0,45 | 11,2±0,36 | 10,5±0,69 | 9,64±0,42  | 15,05±0,56 |
| Oleales<br>Oleaceae                            |           |           |           |            |            |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.                   | 14,6±0,71 | 10,9±0,45 | 8,7±0,57  | 12,4±0,41  | 17,4±0,39  |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.                     | 11,2±0,54 | 10,0±0,68 | 10,6±0,85 | 9,8±0,37   | 12,3±0,42  |

Таблиця А.11

Фітонцидна активність листяних деревно-кущових рослин в умовах м. Донецька (хв.), пр. Київський (м.т 1)

| Таксономічні одиниці<br>(родина, вид)        | Місяці    |           |           |           |           |
|----------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                              | травень   | червень   | липень    | серпень   | вересень  |
| Betulaceae                                   |           |           |           |           |           |
| <i>Betula pendula</i> Roth                   | 14,4±0,47 | 12,9±0,60 | 9,5±0,83  | 7,3±0,36  | 15,4±0,63 |
| Juglandaceae                                 |           |           |           |           |           |
| <i>Junglans regia</i> L.                     | 10,3±0,42 | 7,3±0,54  | 6,5±0,26  | 5,0±0,39  | 6,3±0,65  |
| Salicaceae                                   |           |           |           |           |           |
| <i>Populus bolleana</i><br><i>Lauche</i>     | 13,8±0,53 | 8,8±0,70  | 6,5±0,35  | 11,3±0,43 | 15,2±0,76 |
| <i>Populus</i> × <i>canadensis</i><br>Moench | 11,4±0,39 | 8,0±0,44  | 5,6±0,45  | 8,6±0,48  | 10,4±0,44 |
| <i>Populus simonii</i><br>Carrière           | 10,8±0,70 | 6,70,42   | 4,2±0,32  | 8,10,56   | 6,3±0,13  |
| <i>Salix alba</i> L.                         | 17,0±0,39 | 14,8±0,72 | 9,6±0,38  | 14,1±0,44 | 27,2±0,63 |
| Tiliaceae                                    |           |           |           |           |           |
| <i>Tilia cordata</i> Mill.                   | 16,2±0,62 | 19,6±0,57 | 12,6±0,43 | 14,5±0,61 | 18,0±0,54 |
| Ulmaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Ulmus pumila</i> Pallas                   | 16,5±0,48 | 13,8±0,64 | 12,8±0,62 | 6,6±0,27  | 17,1±0,34 |
| <i>U. laevis</i> Pallas                      | 32,8±0,57 | 26,8±0,29 | 33,0±0,62 | 34,9±1,55 | 40,1±0,48 |
| Moraceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Morus alba</i> L.                         | 35,7±0,58 | 31,9±0,67 | 21,6±0,65 | 23,2±1,12 | 26,0±0,66 |
| Rosaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Armeniaca vulgaris</i><br>Lam.            | 15,5±0,35 | 11,0±0,53 | 9,5±0,41  | 11,8±0,29 | 16,7±0,51 |
| <i>Malus niedzwetzkyana</i><br><i>Dieck</i>  | 14,7±0,71 | 7,8±0,51  | 10,6±0,41 | 12,4±0,45 | 17,7±0,37 |
| <i>Padus avium</i> Mill.                     | 3,8±0,30  | 4,2±0,32  | 11,1±0,50 | 14,7±0,51 | 9,9±0,55  |
| <i>Pyrus communis</i> L.                     | 11,1±0,56 | 9,0±0,49  | 7,8±0,67  | 4,8±0,23  | 9,2 ±0,21 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> L.                   | 24,1±0,56 | 20,5±0,69 | 16,8±0,72 | 14,2±0,44 | 25,6±0,28 |
| <i>Sorbus intermedia</i><br>(Ehrh.) Pers     | 26,6±0,41 | 24,5±0,86 | 23,1±0,39 | 22,1±0,47 | 27,8±0,36 |
| Fabaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.               | 16,5±0,92 | 7,1±0,47  | 6,0±0,24  | 7,0±0,26  | 13,2±0,11 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> L.             | 34,1±1,28 | 28,8±0,52 | 26,1±0,39 | 25,7±0,60 | 30,1±0,63 |
| Aceraceae                                    |           |           |           |           |           |
| <i>Acer negundo</i> L.                       | 15,0±0,54 | 6,6±0,40  | 6,4±0,37  | 4,7±0,50  | 9,5±0,45  |
| <i>A. platanoides</i> L.                     | 9,0±0,52  | 5,9±0,31  | 4,0±0,20  | 8,1±0,20  | 12,5±0,34 |
| <i>A. pseudoplatanus</i> L.                  | 12,9±0,64 | 11,3±0,49 | 7,0±0,62  | 10,3±0,45 | 14,8±0,26 |

| Таксономічні одиниці<br>(родина, вид)           | Місяці    |           |           |           |           |
|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                 | травень   | червень   | липень    | серпень   | вересень  |
| <i>A. saccharinum</i> L.                        | 24,1±0,39 | 22,1±0,42 | 20,2±0,36 | 8,2±0,43  | 15,3±0,74 |
| Simaroubaceae                                   |           |           |           |           |           |
| <i>Ailanthus altissima</i><br>(Mill.) Swingle   | 16,6±0,48 | 13,7±0,29 | 12,1±0,41 | 10,3±0,51 | 18,7±0,37 |
| Viburnaceae                                     |           |           |           |           |           |
| <i>Viburnum opulus</i> L.                       | 12,5±0,48 | 9,2±0,36  | 7,1±0,28  | 6,3±0,38  | 14,6±0,71 |
| Caprifoliaceae                                  |           |           |           |           |           |
| <i>Symphoricarpos albus</i><br>(L.) S. F. Blake | 13,5±0,48 | 10,9±0,30 | 8,8±0,24  | 7,8±0,50  | 11,7±0,18 |
| Oleaceae                                        |           |           |           |           |           |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.                    | 9,2±0,36  | 8,3±0,40  | 6,3±0,67  | 9,5±0,48  | 13,6±0,36 |
| <i>Forsythia ovata</i> Nakai                    | 15,4±0,65 | 13,3±0,62 | 14,1±0,23 | 12,3±0,41 | 14,4±0,59 |
| <i>Ligustrum vulgare</i> L.                     | 23,2±0,41 | 20,6±0,37 | 15,5±0,31 | 12,8±0,63 | 17,4±0,35 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L.                      | 11,0±0,44 | 9,6±0,62  | 9,4±0,40  | 9,2±0,34  | 11,4±0,74 |

Таблиця А.12

Антимікробна активність деревних рослин протягом вегетаційного періоду (2011 р.)  
у вуличних лінійних насадженнях м. Донецьк по відношенню до *Escherichia coli* УКМ В-926

| Вид                           | Травень    |            | Червень    |           | Липень     |           | Серпень   |           | Вересень   |           |
|-------------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
|                               | м.т. 1     | м.т. 8     | м.т. 1     | м.т. 8    | м.т. 1     | м.т. 8    | м.т. 1    | м.т. 8    | м.т. 1     | м.т. 8    |
| <i>Acer negundo</i>           | 55,4±0,52  | 42,2±0,55  | 65,1±1,34  | 59,2±1,42 | 70,0±1,35  | 63,1±1,45 | 76,03±0,7 | 71,1±1,15 | 14,4±1,40* | 12,4±0,45 |
| <i>Acer platanoides</i>       | 63,3±1,26  | 55,2±0,58  | 80,6±1,35  | 75,0±1,33 | 85,3±0,58  | 80,3±1,12 | 81,7±1,46 | 76,4±1,15 | 56,1±0,7   | 50,1±1,15 |
| <i>A. pseudoplatanus</i>      | 72,2±1,18  | 67,4±1,12  | 78,0±1,59  | 72,1±0,65 | 85,4±0,43  | 72,2±1,06 | 81,5±1,11 | 75,2±1,6  | 65,0±1,31  | 60,5±0,98 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | 36,6±0,94  | 41,2±1,48  | 48,2±0,89  | 52,4±0,75 | 54,3±0,59  | 58,1±0,56 | 43,1±0,85 | 48,6±1,15 | 8,5±0,85   | 15,6±0,78 |
| <i>Armeniaca vulgaris</i>     | 44,3±1,63  | 37,1±1,58  | 50,2±1,29* | 46,4±0,85 | 54,1±0,8   | 48±1,15   | 49,7±0,89 | 41,3±0,79 | 50,7±1,36  | 45,2±1,58 |
| <i>Betula pendula</i>         | 48,3±0,95  | 44,7±0,54  | 58,2±0,95  | 53,7±0,85 | 66,1±0,74  | 62,4±1,42 | 69,2±0,58 | 65,3±1,02 | 56,7±1,17  | 51,2±0,59 |
| <i>Juglans regia</i>          | 59,0±1,26  | 53,9±1,32  | 62,1±1,48  | 56,9±1,49 | 65,0±1,32  | 58,6±0,65 | 70,8±1,25 | 63,2±1,57 | 60,1±1,36  | 53,8±1,15 |
| <i>Morus alba</i>             | 17,3±0,98  | 14,1±1,36* | 28,0±1,35  | 23,1±1,84 | 38,1±1,15  | 33,3±0,67 | 33,1±1,24 | 28,7±0,89 | 12,4±0,94  | 8,5±0,88  |
| <i>Padus avium</i>            | 82,1±1,51  | 76,4±0,98  | 76,7±0,48  | 73,3±0,63 | 70,1±0,85  | 65,3±0,76 | 62,4±1,07 | 58,4±0,87 | 53,6±1,48  | 48,6±1,35 |
| <i>Populus × canadensis</i>   | 66,5±1,43* | 63,0±1,51  | 68,1±1,67  | 63,3±1,58 | 76,53±1,07 | 70,1±1,58 | 72,5±0,74 | 67,6±1,15 | 65,6±1,59  | 60,0±1,35 |
| <i>Salix alba</i>             | 57,0±0,46  | 53,2±0,53  | 68,1±0,59  | 64,2±1,14 | 75,28±0,56 | 70,1±1,18 | 71,3±0,75 | 66,2±1,39 | 69,1±0,74  | 62,4±1,59 |
| <i>Syringa vulgaris</i>       | 66,2±0,79  | 62,1±0,45  | 71,3±1,14  | 66,4±1,53 | 67,65±1,21 | 62,3±1,33 | 86,4±0,75 | 79,8±1,14 | 62,3±0,84  | 59,3±0,68 |
| <i>Tilia cordata</i>          | 53,3±0,78  | 60,1±1,47  | 56,0±1,5   | 65,0±1,35 | 71,3±1,47  | 76,3±0,85 | 66,3±1,52 | 72,1±1,49 | 53,2±1,78  | 58,6±1,47 |
| <i>Ulmus pumila</i>           | 50,2±0,64  | 46,0±0,95  | 63,3±1,48* | 58,7±0,75 | 68,31±1,21 | 64,1±0,48 | 70,1±0,85 | 67,3±0,62 | 56,6±0,78  | 52,2±0,79 |
| <i>U. laevis</i>              | 48,2±0,63  | 42,3±0,74  | 69,75±0,86 | 65±1,21   | 64,54±0,47 | 62,1±0,67 | 65,1±0,81 | 60,6±0,78 | 57,8±0,76  | 51,1±0,91 |

Примітки. \* – різниці в порівнянні з контролем (моніторингова точка № 8) не достовірні при  $p > 0,05$

## ДОДАТОК Б – ПАСПОРТИ ТЕСТ-КУЛЬТУР ВИКОРИСТАНИХ У РОБОТІ

### ПАСПОРТ

штаму мікроорганізму, який видається з Депозитарію мікроорганізмів  
Інституту мікробіології і вірусології НАН України

12. Видова назва мікроорганізму: *Bacillus subtilis*
13. Номер в депозитарії: IMB B-7018
14. У якому вигляді видана культура – ліофілізований матеріал.
15. Дата видачі культури – \_\_ липня 2011 р.
16. Кількість - 1 ампула.
17. Основа для видачі –
18. Коротка характеристика штаму: рухомі грампозитивні прямі палички розмірами 0,6-0,8x2-8 мкм, зрідка до 12-15 мкм, розташовані одиноко і в ланцюжках. Спори субтермінальні. Каталазопозитивний. На МПА утворюють колонії світло-сірі складчасті пласкі зморшкуваті. Дисоціює.
19. Умови культивування штаму - вирощування при +30-37 °С протягом 48 год. Поживні середовища МПА, СА, агар Чапека.
20. Термін зберігання штаму - ліофілізований матеріал – протягом 2 років при - 15 °С.
21. Особливі властивості-продуцент протеази.

Підготовлено



Головач Т.М.

тел. 526-23-29

Golovach@serv.imv.kiev.ua

06.07.2011 р.



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК  
УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І  
ВІРУСОЛОГІЇ ІМ. Д.К. ЗАБОЛОТНОГО



UKRAINIAN NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES  
ZABOLOTNY INSTITUTE OF  
MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

Україна, 03143, Київ, вул. Заболотного, 154  
Телефон: (044) 526-11-79; Факс: (044) 526-23-79  
Рахунок: 31255272210397 в Г УДКУ м. Києва,  
Код за ЄДРПОУ 05417087, МФО 820019

03143, Ukraine, Kiev, Zabolotno str., 154  
Telephone: 380(044) 526-11-79  
Fax: 380 (044) 526-23-79  
2603901283662 in UKREXIMBANK  
2600601283662 in UKREXIMBANK  
MFO 322313

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## Українська Колекція Мікроорганізмів

### ПАСПОРТ ТЕСТ-ШТАМУ

Назва тест-штаму *Escherichia coli*

Номер тест-штаму в колекції УКМ та інших колекціях УКМ В-926  
(ATCC 8739 = CCM 4517)

Одержано з Чеської Колекції Мікроорганізмів - CCM

#### Коротка характеристика тест-штаму (морфологічних, біохімічних та культуральних властивостей)

Грамнегативні прямі палички, рухомі за допомогою перитрихіальних джгутиків, поодинокі або в парах. Не утворюють спор. Факультативні анаероби. Оксидазонегативні. Проба з метил-рот позитивна, реакція Фогес-Проскауера негативна. Не засвоюють цитрат та малонат, не виявляють аргінінідгідролази. Утворюють кислоту з газом на глюкозі, лактозі, мальтозі, манніті.

#### Призначення тест-штаму

Референс-штам для контролю ростових властивостей живильних середовищ і перевірки придатності методики, контролю точності визначення чутливості до антибіотиків методом дифузії в агар та контролю ефективності антимікробних консервантів.

Умови підтримання м'ясо-пептонний агар, 37° С

Умови зберігання тест-штаму в ліофілізованому стані при температурі холодильника; на 0,5%-ному м'ясо-пептонному агарі під шаром вазелінового масла при кімнатній температурі

Керівник (куратор колекції)  
к.б.н.

О.І. Балко

## Додаток В – АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

