

М.В. НЕЦВЕТОВ

## **ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВІБРАЦІЙ І БІОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИН**

**Наукове повідомлення молодого вченого на засіданні Президії НАН України  
23 листопада 2011 року**

---

Вібрації, або механічні коливання, дуже поширені в живій і неживій природі. Вони проявляються на атомарному, планетарному та космічному рівнях. Технічний прогрес неминуче спричиняє техногенні вібрації. Коливання — невід’ємна характеристика життя в усіх його проявах. Вібраціям присвячено тисячі наукових праць, у тому числі таких видатних науковців, як Х. Гюйгенс, лорд Релей, С. Тимошенко, М. Келдиш. З позицій ботаніки та екології вібрації вивчають у таких аспектах, як: стійкість до статичних і динамічних навантажень; поширення пилку та насіння; термо- і газообмін листя; передавання вібраційних сигналів тварин; вплив на ґрунт і рослини в техногенних умовах тощо. Вагомий внесок у розуміння біологічного та екологічного значення вібрацій зробили українські вчені. Так, вплив на рослинну клітину дослідив авторський колектив під керівництвом академіка НАН України К.М. Ситника [1]. З робіт академіка НАН України В.В. Моргуна стає зрозумілим значення механічної стійкості стеблин зернових, яка запобігає їх виляганням. У концепції члена-кореспондента НАН України А.П. Травлеєва і професора Н.А. Білової вібрації дерев відіграють значну роль у ґрунтоутворенні [2, 3].

Основною причиною коливань рослин є вітер. У степовій зоні його середня швидкість — 5 м/с, але часто вона сягає 20 м/с і вище. Такі вітрові навантаження призводять

до пошкодження окремих рослин і навіть цілих деревостанів. Це завдає значних економічних збитків та загрожує життю людини. На південному сході України, у степовій зоні, інтенсивні вітри лише доповнюють несприятливі природні й техногенні умови для зростання лісів [4].

Основною метою наших досліджень є визначення впливу вібрацій і механічних властивостей рослин на функціонування та структуру природних лісових біогеоценозів і штучних насаджень.

Ми узагальнили схему виникнення та поширення вібрацій у структурі лісових біогеоценозів. Вібрації деревних рослин виникають з причин різного походження, та основна з них — результат взаємодії крон із повітряними потоками [5]. Частина кінетичної енергії вітру, що передається рослинам, не лише витрачається на розгойдування й тертя з повітрям і ґрунтом, а й перетворюється на енергію пружних хвиль (вібрації), що виникають як результат періодичних деформацій рослинних тканин [6]. Від стовбура й коренів вібрації поширюються на ґрунт. Тут їхній екологічний ефект полягає в утворенні тріщин, зміні об’єму пор, зсувах ґрунтових блоків та індукції й прискоренні вертикальної міграції ґрунтових частинок. Нами доведено принципову можливість перебігу в лісах степової та лісостепової зон України лесиважу — ґрунтоутворювального процесу, під час якого знижується родючість

грунту. Це цілком узгоджується з поглядами С.В. Зонна [7], згідно з якими процес ґрунтоутворення — явище фітокліматогенне, тобто його напрямком спричинений комбінацією особливостей рослин і кліматичних умов, за яких вони зростають.

Пристосування дерев до вітрових навантажень полягає в морфологічних змінах стовбура, тобто його геометрії: зменшенні довжини та зростанні діаметра основи, що зумовлює високі значення частоти й коефіцієнта згасання його коливань. Потік повітря неоднорідний, а його вплив на дерева динамічний, тобто змінний. Це викликає резонансне підвищення амплітуди коливання дерева в разі збігу його частоти з частотою повітряного потоку. Основна енергія вітру зосереджена на наднизьких (менше ніж 1 Гц) частотах, а коливання стовбурів і пагонів відбувається на частоті близько 1 Гц. З цього випливає, що збільшення частоти коливань стовбура внаслідок морфологічних змін зменшує ймовірність резонансу.

У листків, які формуються та ростуть під впливом інтенсивних вітрів, спостерігається перебудова на анатомічному рівні, що зумовлює зміни біомеханіки. Вони полягають у перерозподілі відносних об'ємів і просторового розміщення механічних тканин, у результаті якого листки одних видів дерев (клен червоний [8]) стають гнучкішими, а інших (ліщина деревовидна [9]) — жорсткішими. Таким чином, напрями пристосування рослин до вітрових навантажень можуть різнитися і залежать від їхніх екологічних особливостей.

Дерева з гнучкими черешками листків під впливом вітру легко відхиляються, що знижує механічне навантаження, полегшує їхній газо- та теплообмін. Разом із тим зменшується ефективність сприйняття ними світла і зростає освітленість під покривом крон, що негативно відбивається на конкуренції з рослинністю нижніх ярусів. Тому деревні види з гнучкими листками частіше зростають або в маргінальних умовах фітоценозів, тобто на узліссі, або в умовах, де

конкуренція за світло між рослинами не є значною. Деревні види із жорстким листям здатні як виживати в затінених умовах, наприклад клен татарський, так і формувати стійкі деревні угруповання в сприятливих умовах зростання, наприклад, дуб звичайний, клен гостролистий та інші. Малорухливе листя в дерев першої величини зумовлює стабільність світлового й температурного режимів під пологом. Але такі адаптації можливі лише у видів із дуже міцною та пружною деревиною, що здатна витримати великі вітрові навантаження внаслідок високої парусності. Такі види є едифікаторами, тобто основою деревостанів лісів степової та лісостепової зони, що зумовлюють структуру і властивості лісу. З цього випливає зв'язок між механічними властивостями деревини й екологічними особливостями видів деревних рослин.

Динамічні властивості дерева залежать від сезону, тобто наявності листя. Його поява в період вегетації зумовлює збільшення моменту інерції дерева як коливальної системи, а також його аеродинамічного опору, що збільшує ймовірність пошкодження вітром. Крім того, пагони з листям становлять сукупність зв'язаних осциляторів. Розмежування цих механізмів дозволило нам установити залежність динамічних параметрів дерева від площі листя, його маси та її розподілу вздовж стовбура. Це дало змогу виявити механічно стійкі форми крон дерев (дерева з низько розташованим центром мас).

В умовах міського середовища ефекти вібрацій природного походження доповнюються вібраційним впливом техногенних джерел. Проведені дослідження дали змогу визначити діапазон частот вібрацій рослин, викликаних рухом транспорту, і класифікувати види транспорту за інтенсивністю вібраційного впливу на дерева зелених смуг [10]. Показано, що найбільші за амплітудою коливання виникають у дерев, які зростають уздовж залізничних шляхів. У результаті експерименту встановлено, що техногенні вібрації викликають гіперакумуляцію іонів

металів у тканинах рослини, посилюючи їхній негативний біологічний ефект.

У зв'язку з цим ми розробили поняття механічної стійкості дерев до вібраційних навантажень, а також критерії її оцінювання і методи дослідження. Основним критерієм вібраційної стійкості деревних рослин є хвильовий опір їхніх тканин, від якого залежить частка енергії коливань, що передається на стовбур із ґрунту. За цим показником із-поміж більш ніж шістдесяти досліджених видів деревних рослин ми відібрали перспективні для озеленення з урахуванням їхньої посухо-, зимо-, пило- та газостійкості. До них належать дуб червоний, платан східний, клен грузинський та деякі інші види дерев.

У результаті досліджень морфологічних і механічних властивостей деревних видів нами сформовано зовнішній вигляд деревної рослини, стійкої до статичних і динамічних механічних навантажень. Це дерево першої величини, з великим діаметром стовбура, низькою кроною, розподілом основної маси листя ближче до основи або рівномірно вздовж стовбура, з товстою корою, а також високими значеннями пружності й густини тканин.

Отже, у лісових біогеоценозах дерева сприймають кінетичну енергію повітряних потоків, яка поширюється по них і далі передається ґрунту, тобто деревна рослинність — це своєрідний трансмітер енергії вітру. У вигляді вібрацій, коливань та зсувів частин рослин і блоків ґрунту ця енергія викликає низку біолого-екологічних ефектів: впливає на мікроклімат підпокривного простору, а також на фізичні властивості ґрунтів і процеси їх утворення, викликає адаптації рослин, здійснює інформаційний вплив на тварин, що тісно пов'язані з деревними рослинами.

**Перспективи досліджень та застосування.** У процесі розроблення схем насаджень дерев можна застосувати закони біомеханіки для погашення вібрацій транспорту на ґрунті, що призводять до руйнування архітектурних споруд. Урахування особливос-

тей архітекtonіки крони і механічних властивостей деревини дає змогу оцінити механічну стійкість деревних рослин в умовах міст, а також імовірність обламування гілок і стовбурів. Вивчення особливостей коливань дерев лісових біогеоценозів сприятиме розумінню механізмів стійкості деревостанів як сукупності коливальних систем, що уможливить формування високостійких до вітрових навантажень насаджень. Узагальнення характеристик вібраційних процесів у біогеоценозах різних типів — степових, лугових, океанічних та інших, а також їхніх сукупностях дасть змогу скласти їхні «вібраційні» паспорти, передбачити можливі резонансні явища на різних масштабах.

Автор висловлює подяку керівництву НАН України, Відділенню загальної біології НАН України і колективу Донецького ботанічного саду за надану честь і можливість виступити на засіданні Президії НАН України, а також своїм учителям і наставникам члену-кореспонденту НАН України А.П. Травлеєву і члену-кореспонденту НАН України О.З. Глухову, кандидату фізико-математичних наук П.К. Хиженкову за постійну увагу та інтерес до цих наукових пошуків.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Сытник К.М., Кордюм Е.Л., Недуха Е.М. и др.* Растительная клетка при изменении геофизических факторов. — К.: Наук. думка, 1984. — 136 с.
2. *Белова Н.А., Травлев А.П.* Естественные леса и степные почвы. — Днепропетровск: ДГУ, 1999. — 348 с.
3. *Травлев А.П., Рэсио Эспехо Х.М., Белова Н.А. и др.* Микроморфология лессиважных процессов в байрачных лесных черноземах степной Украины // *Грунтознавство*. — 2007. — Т. 8, № 1–2. — С. 6–24.
4. *Поляков А.К.* Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. — Донецк: Ноулидж, 2009. — 268 с.
5. *Нецветов М.В.* Передача энергии ветра по радиалам лесных биогеоценозов и её роль в процессах почвообразования // *Екологія та ноосферологія*. — 2011. — № 3–4. — С. 99–108.
6. *Netsvetov M., Nikulina V.* Seasonal variations of oscillation and vibration parameters of *Acer platanoides* L. // *Dendrobiology*. — 2010. — V. 64. — P. 37–42.

7. Зонн С.В. О процессах подзоло- и псевдоподзолообразования и проявления последнего в почвах СССР // Почвоведение. — 1969. — № 3. — С. 3–11.
8. Niklas K.J. Differences between *Acer saccharum* leaves from open and wind-protected sites // Annals of Botany. — 1996. — V. 78. — P. 61–66.
9. Нецветов М.В., Дацько А.М., Корниенко В.О. Адаптации листьев лещины древовидной к ветровым нагрузкам // Проблемы охраны флоры и растительности на Кавказе: Матер. Междунар. научн. конф. (5–9 окт. 2011 г., Сухум, Грузия). — Сухум: Ин-т ботаники, 2011. — С. 302–304.
10. Нецветов М.В., Хиженков П.К., Сулова Е.П. Введение в вибрационную экологию. — Донецк: Вебер, 2009. — 164 с.



Максим НЕЦВЕТОВ

*Кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу дендрології та квітництва Донецького ботанічного саду НАН України.*

У 1998 р. закінчив біологічний факультет Донецького державного університету й вступив до аспірантури на кафедру біофізики. 2002 року захистив кандидатську дисертацію на тему «Вплив змінних магнітних полів, електричних струмів та механічних коливань як екологічних чинників на біологічні системи» (науковий керівник к.ф.-м.н. П.К. Хиженков). У 2012 р. захистив докторську дисертацію на тему «Вплив вібраційних процесів як екологічного чинника на структурно-функціональну організацію лісових біогеоценозів» (науковий консультант член-кореспондент НАН України О.З. Глухов).

Має державні, міжнародні та академічні премії і відзнаки: 2000 р. — кращий аспірант серед ВНЗ Донецька; 2002–2003 рр. — стипендіат Кабінету Міністрів України; 2005 р. — грамота НАН України

за серію робіт «Вплив фізичних чинників на іонний баланс головного мозку»; стипендіат Уряду Французької Республіки; 2010 р. — стипендіат Президента України для молодих учених. Стажувався у провідних наукових установах Європи — Інституті фізики Землі в Парижі, на біостанціях Зоологічного інституту Російської академії наук.

Є автором 2 монографій, 75 наукових статей у вітчизняних і зарубіжних періодичних виданнях, 2 патентів.

Коло наукових інтересів — біогеоценологія, експериментальна ботаніка та біофізика. Веде викладацьку діяльність на кафедрі біофізики Донецького національного університету, керує науковими роботами студентів, аспірантів, а також школярів у межах Малої академії наук.