

ЕВТРОФІКАЦІЯ ТРАСФОРМОВАНИХ ЕКОТОПІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ АЗОТНОГО Й ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

П.С. Гнатів, доктор біологічних наук

Львівський національний аграрний університет

Проаналізовано масштаби і тенденції, а також загрозливі наслідки антропогенного втручання у біогеохімічний кругообіг азоту й фосфору в екосистемах різного рівня. Наведено розрахунки і показано приклади негативних явищ, пов'язаних зі зміщенням обсягів циркуляції активних азотних і фосфорних сполук у них. Представлено результати оригінальних досліджень впливу техногенної емісії азотовмісних полутантів у природному середовищі міста Львова на метаболізм деревних видів. Показано істотний вплив різного ступеня трансформованих екотопів міста на синтез білків у листках різних видів.

Ключові слова: *евтрофікація, екотоп, азот, фосфор, листковий апарат дерев.*

Функціонування живих організмів у природному середовищі можливе за постійного кругообігу хімічних елементів, зокрема азоту й фосфору.

Щорічно біота Землі засвоює приблизно 1 млрд тонн азоту [12]. Із цієї кількості лише 20% його надходить із атмосфери завдяки абіотичній активації та в основному біотичній фіксації. Природні джерела азотних сполук, як і постачальники їхніх активних форм в екосистемах, вельми різноманітні. Абіотичне надходження: атмосферна іонізація, розряди, вулканічні викиди тощо, разом надають біосфері лише двадцяту частину тієї кількості, яку фіксують її живі компоненти [9, 12]. Білкові сполуки мертвих тканин та організмів на останній стадії біотичної деструкції піддаються мікробному дезамінуванню, тобто вивільненню аміаку, котрий є ресурсом мінерального

живлення азотом у відновленій формі солей амонію або окислених формі нітратів і нітритів [16]. Загальний обсяг надходження активного азоту в біосферу природно збалансовувався адекватною кількістю його виведення з неї головним чином завдяки денітрифікації та геологічним відкладам у літосферу [9, 12]. З огляду на це, зовнішнє втручання у природний кругообіг азоту, зумовлене додатковим привнесенням в екосистеми активних його сполук, має як корисні, так і шкідливі й не передбачувані наслідки (рис. 1).

Щорічно в сільському господарстві Світу використовують 300 млн тонн добрив (в основному азотних) [6] і потрапляє в атмосферу із промисловості й транспорту 65 млн $\text{т} \cdot \text{рік}^{-1}$ азотовмісних поллютантів [28]. Лише автомобілі у великих містах можуть викидати від 20 (Великобританія [2]) до 70 % (Україна, Львів [1]) оксидів азоту від загального обсягу техногенних емісій. Розрахунок показує, що обсяг глобальної річної емісії сполук азоту досягнув 30 % від кількості його додаткового природного надходження в біосферу.

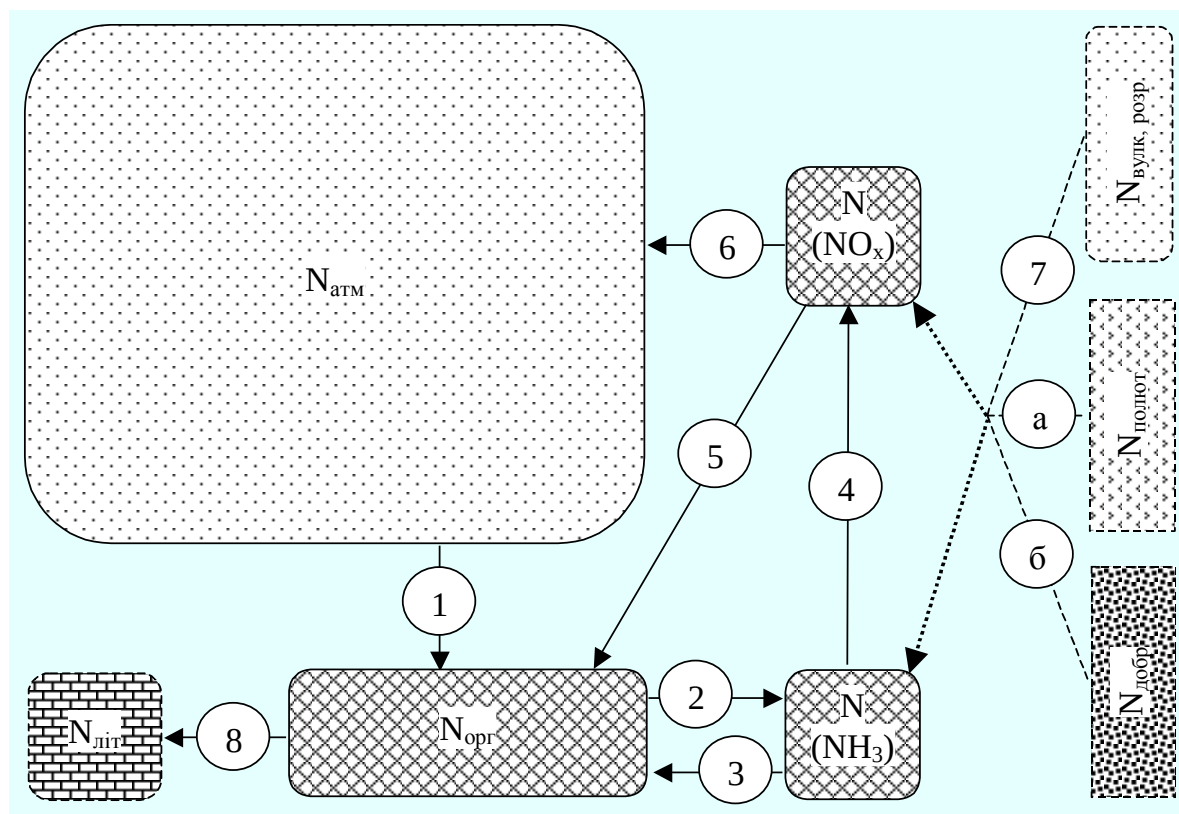


Рис. 1. Схема біогенного кругообігу й перетворення азоту в природних екосистемах і зовнішні антропогенні емісії його активних сполук:

1 – азотфіксація; 2 – амоніфікація; 3 – аміачне живлення; 4 – нітрифікація; 5 – нітратне живлення; 6 – денітрифікація; 7 – абіотичне природне надходження; 8 – геологічні відклади;

а – викиди промисловості й транспорту; б – азотні добрива.

У критичні щодо забруднення 80-ті роки ХХ ст. щорічно, крім інших поллютантів, в атмосферу Львова потрапляло 7,3 тис. тонн оксидів азоту [1]. За період від 1989 до 1991 рр. середньомісячна концентрація нітратів в повітрі міста коливалася у межах $0,10\text{--}0,47\text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$, а на всю територію Львова з дощами щороку випадало приблизно 18 т нітратів. Виходячи із суми опадів на Львівщині, наприклад, 1992 року на її поверхню випало в середньому $1,5\text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ азоту, що сягало максимуму в Україні. За вмістом нітратів в опадах Львівщина відставала лише від Волині й Донеччини ($1\text{--}2,5\text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$) [10]. У 1991 р. цей показник був у чотири рази вищим. За даними Українського науково-гігієнічного центру МОЗ [10, 6], у складі викинутих стаціонарними джерелами в Україні 1997 року оксиди азоту становили 375 тис. тонн. Пересувні джерела викидали 85 тис. тонн оксидів азоту.

Внаслідок транскордонного перенесення забруднень у 1996–1997 роках випадання оксидів сірки й азоту на територію України від західних джерел перевищувало перенесення з України на Захід приблизно в 2,6 рази і становило у середньому $737\text{ т}\cdot\text{рік}^{-1}$ [23].

Забруднення довкілля фосфорумісними речовинами відбувається переважно через скиди комунальних і промислових неочищених вод, що несуть значну частку їх у водосховища й моря [11]. Водночас, із забруднених гідроекосистем фосфати потрапляють як на поля зі зрошувальною водою і на заплавні луки під час паводків, так і в ґрунтові води й підземні басейни. Порівняно менші обсяги емісії фосфору спостерігаємо у повітря [20]. Проте 2007 року Львівщина опинилася у центрі уваги через неконтрольований викид оксидів фосфору в атмосферу через аварію на залізниці, де від контакту із атмосферним киснем спалахнув білий фосфор (промисловий «жовтий» фосфор). Під час гасіння хмара із продуктів його окиснення поширилася на понад 90 км^2 [11].

У хімічній промисловості найгострішою є проблема фосфорних відходів у таких галузях, як гірничо-хімічна (переробка калійних солей) та основна хімія (содова промисловість, виробництво фосфорних добрив, двоокису титану). На виконання держзамовлення 2007 року приріст запасів фосфоритів в Україні становив 189 тис. тонн P_2O_5 (або 189 %) [10, 11].

Другим за вагомістю джерелом фосфору, що забруднює довкілля, є хімічне удобрення сільськогосподарських угідь. Зокрема під урожай 2007 року внесено 897 тис. тонн мінеральних добрив (у д.р.), із них азоту – 578, фосфору – 169 тис. тонн. Це з розрахунку на 1 га становить відповідно 51 кг, 33 і 10 кг д.р. [11]. Від 1990 року загальний обсяг внесення фосфорних добрив зменшився до 2006 року у 10 разів, а на 1 га угідь – у 6 разів та азотних – лише на половину. Пороте наслідки фосфорного удобрення у минулі роки відчутні дотепер. Львівський центр «Облдержродючість» встановив, що в ґрунтах Буського району ще до резонансної аварії на залізниці рухомі форми фосфатів у переважній більшості зразків містилися у великій і дуже великій кількості – 336–1860 мг/кг ґрунту (за Кірсановим). Такий вміст є властивим для інших регіонів, де систематично застосовували фосфорні добрива, та він є значно вищим від природного вмісту у типових ґрунтах [17]. Намагання отримати більший вихід якісної сільськогосподарської продукції за надмірного підвищення норм удобрення не давали позитивних результатів. Натомість відбувалося підкислювання і зафосфачування ґрунту [21].

Інший приклад – забруднення фосфором урбоекосистеми. Рівень збагаченості едафотопів зеленої зони Львова [5] рухомим фосфором підвищений і високий, тоді як у лісі за містом – дуже низький, а саме у 10 разів менший. Це свідчить про високий ступінь фосфорного забруднення міського довкілля. Дослідження ґрунтових умов вирощування декоративних культур на території дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України (в центрі Львова) й у декоративному розсаднику (на окраїні міста) показало, що у міському ґрунті того ж типу рухомого фосфору у 10 разів більше [4].

За забруднення повітря й ґрунтів в зоні розсіювання і приземлення організованих промислових викидів вміст загального азоту, фосфору, кальцію, сірки й інших елементів живлення істотно збільшується у фітомасі багатьох деревних видів, зокрема дуба, липи, клена та інших [14, 27, 7, 13]. Висока пряма проникність техногенних азотних сполук у листки і пагони загальновідома [19, 18, 14, 27].

Мета дослідження. З'ясувати ознаки, тенденції і наслідки евтрофікації (гр. *eutrophia* – добре живлення) екотопів на основі фактичних рівнів присутності доступних форм у ґрунтах та асиміляції азоту й фосфору листовим апаратом дерев в умовах техногенної трансформації довкілля.

Матеріали і методика досліджень. У зелених насадженнях Львова, як об'єкти досліджень, були виділені групи модельних дерев (7–10 особин кожного виду) 20–30-річного віку із близькими морфолого-таксаційними ознаками. Зокрема це такі види: *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop., *Aesculus hippocastanum* L., що ростуть у лісовому масиві (варіант – ліс), міському парку (парк) і сквері (сквер), а також уздовж центральних вулиць (варіант – вулиця). У підібраних стаціонарних екотопах, що мають різного ступеня трансформоване природне середовище, виконали відбір проб і здійснили біохімічні аналізи за загальноприйнятими методиками (за Х. М. Починком, 1976). Пагони поточного року в середині літа зрізали на висоті 5–6 м по 4–5 з кожного модельного дерева. Відповідно до схеми досліду, формували середні проби з кожного варіанта, а згодом обчислювали середні показники за достовірними даними паралельних аналізів. Статистичний аналіз дослідних даних виконаний з використанням ПК.

Результати досліджень. За візуальним оцінюванням стану листків і пагонів [3] специфічне середовище зелених насаджень вулиць зумовлює видиме зміщення мінерального живлення дерев як у бік погіршення, так і покращання, залежно від умов року. Екотопи парків і скверів (садів), де не виявлено постійних ознак дефіциту елементів живлення, вірогідно є найсприятливішими для дерев. В окремі роки спостерігали ознаки азотного

голодування дуба звичайного і липи серцелистої, а також фосфорного у клена гостролистого у приміському лісі. Дуб, клен і гірकोкаштан насаджень вулиць можуть виявляти ситуативний дефіцит фосфору через складні умови незбалансованого живлення, особливо у холодні дощові періоди літа.

Загалом, серед поширених у лісопаркових насадженнях Львова порід індиферентними до обсягів циркуляції азоту в екосистемах визнані *Pinus sylvestris* L., *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., *Larix decidua* Mill. Та інші. Більшість автохтонних видів – *Quercus robur* L., *Quercus petraea* Liebl., *Fagus sylvatica* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Abies alba* Mill. й інші, як може видатися на перший погляд, не виявляють певної реакції на теперішні обсяги викидів техногенного азоту й фосфору в природне середовище. Але є види, наприклад *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop, представники родів *Populus* L., *Betula* L. й інші, котрі навіть за візуальною оцінкою стану морфологічних органів і за габітусом крони виявляють однозначні симптоми покращання мінерального живлення в урбаністичних екосистемах [3]. А такі види, як *Sambucus nigra* L., *Hedera helix* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., види і сорти *Vitis* L. й інші поряд з деякими трав'яними рослинами, на нашу думку, за ознаками росту, розвитку, плодоношення й поширення в міських (зокрема, у напівокультурених або недоглянутих) екотопах можуть слугувати достовірними індикаторами локального збагачення середовища азотом і фосфором.

Паралельні біохімічні аналізи свідчать (рис. 2), що в листках дуба вміст азоту достатній (навіть дещо вищий від рівня, властивого для рослин цього виду [24, 27]). Проте у лісі й по вулиці він мінімальний, хоч і з різних причин. У лісі площа живлення кожного дерева обмежена та має місце конкуренція за поживні речовини у фітоценозі. У насадженнях вулиць, очевидно, діють урботехногенні фактори. Аналіз вмісту азоту в дуба з насаджень вулиці підтверджує візуальні ознаки дефіциту елемента в листках, а також припущення, що в умовах найглибшої урботехногенної трансформації природного середовища достовірно діагностовані зміни у забезпеченості

рослин азотом ($F_{\text{факт}} = 14,8$; $F_{\text{крит}} = 3,9$; $P = 0,0008$). Нагромадження елемента в листках клена гостролистого в умовах міста зменшується, хоч і не істотно ($F_{\text{факт}} < F_{\text{крит}}$; $P = 0,9$), але все ж в окремі роки буває вищим у парку й сквері.

Липа широколиста в обстежених насадженнях достатньо забезпечена азотом, але умови вулиці спричиняють найменший рівень його вмісту в листках.

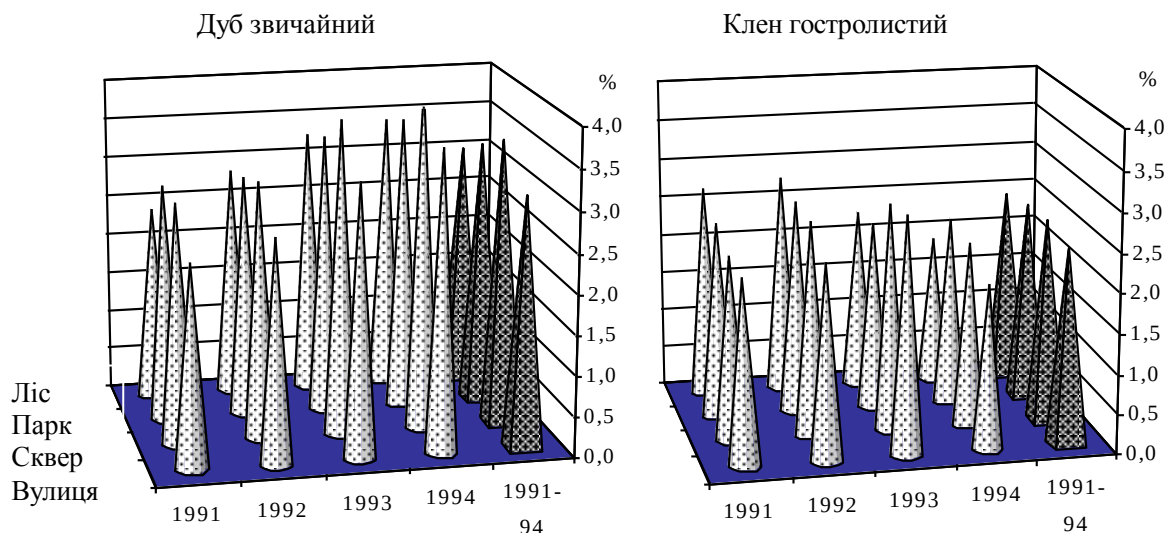


Рис. 2. Вміст загального азоту в абсолютно сухій речовині листків дерев залежно від екотопа упродовж 1991–1994 рр., %

Гірकोкаштан найбільше азоту асимілює у сквері, а найменше – у насадженнях вулиці. Оскільки присутність поживних сполук азоту в природному середовищі міста (особливо у повітрі) значно вища, ніж у замиському, в парках і рідше у скверах він асимілюється рослинами у найбільшій порівняно з іншими насадженнями кількості.

Аналіз загальної кількості азотовмісних у сухій масі листків, білків і розрахунок вмісту небілкових форм азоту виявив значні коливання їх пропорцій залежно від умов і виду дерев (рис. 3).

Зокрема, частка білкових субкомпонентів загалом і власне білків від загальної сухої речовини листків коливається від 14 до 21 %. У сквері й парковому насадженні дуб синтезує на 1–3 % більше білка, порівняно з лісом. Насадження дуба, клена і гіркогокаштана містять істотно менше білків у листках вулиці, а також до мінімуму вичерпують резерви їх азотистих компонентів порівняно з кращими умовами росту у парку і сквері. Зокрема, найбільше

азотистих компонентів для синтезу білка дуб акумулює в парку, клен – у лісі, гірकोкаштан – у сквері. Критично мінімальні резерви білкових азотистих субкомпонентів спостерігаємо у насадженнях вулиць, що відповідно негативно позначається на синтезі білка.

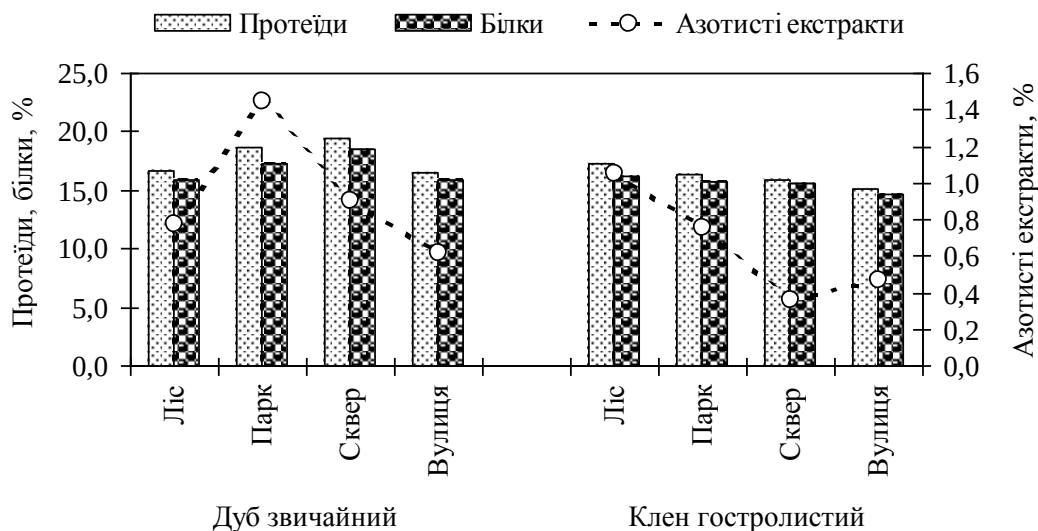


Рис. 3. Вміст азотвмісних білків та азотистих екстрактів в абсолютно сухій речовині листків дерев залежно від екотопа (середнє за 1991–1992 рр.), %

Дослідження вмісту загального азоту залежно від положення пагона у кроні й листків на пагоні виявили важливі видові особливості його асиміляції в урботехногенних умовах Львова. Встановлено, що дуб в умовах лісу найбільше асимільованого азоту накопичує у сформованих листках. В умовах міського парку спостерігаємо зростання його кількості від старих до сформованих і молодих листків на зовнішніх пагонах крони. Найменше азоту асимілюють старі освітлені листки дуба, а також як сформовані, так і молоді листки клена в умовах вулиці. Положення пагона у кроні і листків на пагоні клена має значно менший вплив на кількість азоту в них, порівняно з дубом.

Залежно від обсягів поглинання загального азоту листками, формується певний білково-протеїдний баланс, зокрема залежно від положення пагона у кроні і листків на пагоні. На початку доцільно звернути увагу на те, що найбільше білка міститься в листках дуба звичайного в сквері й парку. При цьому, у притінених пагонах дерев скверу найбільше білків синтезується в молодих листках, в освітлених – у старих. У паркових і лісових насадженнях –

протилежна ситуація за вищого вмісту протеїну в листках дерев парку. В умовах вулиці його виявлено найменше в старих листках дуба. Освітлені зовнішні пагони як у середніх, так і в молодих листках містять менше білка, порівняно із внутрішніми притіненими.

Отже, вплив несприятливих умов росту дуба звичайного на синтез протеїнів позначається в першу чергу на старих і середніх, переважно освітлених листках крони. Першопричиною зменшення їх вмісту є зниження кількості накопичення листками мінерального азоту. Це підтверджене тісною кореляцією вмісту загального й білкового азоту в сухій речовині листків досліджуваних видів ($r = 0,96-0,99$).

Клен остролистий має істотно нижчий рівень вмісту білків у листках, порівняно з дубом звичайним. Найвищий вміст протеїну виявлено у молодих освітлених листках у лісі, хоч у сквері як і в дуба, він теж високий. В умовах вулиці клен синтезує найменше білка, що найпомітніше проявляється на освітлених середніх листках і притінених старих. Як і в дуба, це тісно пов'язане з нагромадженням загального азоту в листках клена, котре залежить від розташування модельного екотопа в урбоекосистемі.

Вміст небілкових форм азоту в листках в оптимальних умовах росту дерев можна розглядати як показник достатньої забезпеченості рослин азотом, а в несприятливих умовах урботехногенної трансформації природного середовища – як ознаку зміщення азотного метаболізму. Адже кореляція між вмістом білків й азотистих екстрактів у листках досліджених видів коливається в межах $r = 0,91-0,99$. Тут небілкові азотисті сполуки можуть нагромаджуватися від гальмування білкового синтезу, або як результат активного протеолізу. В обох випадках, на наш погляд, це відбувається у листках на загальному тлі насичення середовища міста азотовмісними техногенними емітентами.

Незважаючи на те, що у міських едафотопях присутня підвищена кількість рухомого фосфору [3–5], його асиміляція істотно зростає лише в насадженнях парків (рис. 4). Саме дисбаланс фосфору й азоту в рослинах

створює ситуативні метаболічні проблеми як з білковим, так і з вуглеводним обміном, чим ослаблює адаптивність і меліоративну функціональність насаджень скверів, садів і придорожніх насаджень. Отже, на власних дослідженнях переконуємося, що теперішнє масштабне втручання людини у кругообіг азоту і фосфору в екосистемах призвело до відчутних результатів.

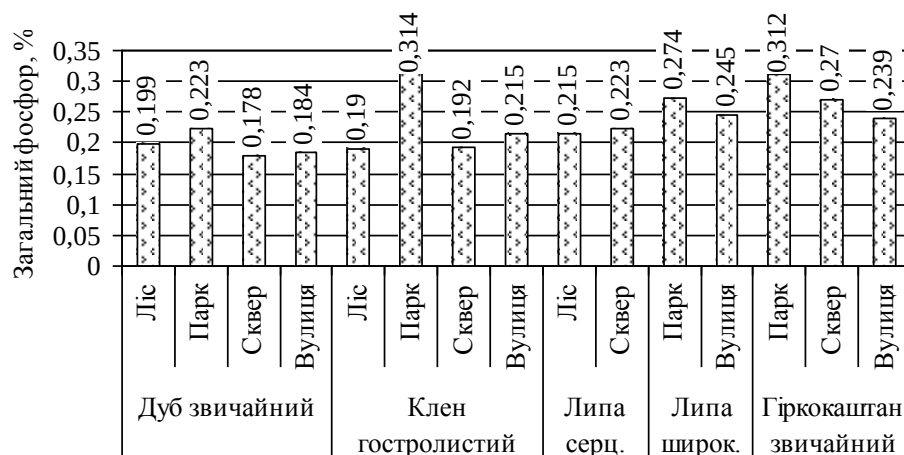


Рис. 4. Зміни вмісту загального фосфору в сухій речовині листків залежно від умов росту дерев у насадженнях Львова (1991 р), %
(помилка не перевищує 5 %-й рівень значущості)

Н. Б. Дізе зі співавторами [25] стверджують, що ґрунти європейських лісів, залежно від їх географічного розташування, отримують щорічно в основному аеротехногенним шляхом від 1 до 70 кг·га⁻¹ азоту, а втрачають шляхом вимивання від 1 до 50 кг·га⁻¹. Потенціал біогенної метаболізації, тобто засвоєння додаткових азотних емісій екосистемами, тісно пов'язаний з природним співвідношенням C:N у ґрунтах та їх кислотністю. Слабкі й чутливі екосистеми, як наприклад вересові оліготрофні біогеоценози Нідерландів, є під загрозою зникнення через експансію нітрофільних швидкорослих трав'яних видів [26], котрі позитивно реагують на зростання обсягів циркуляції азоту. У сибірських лісах підвищення рівня живлення аеротехногенним азотом зумовлює зростання чутливості деревних порід до ранніх осінніх морозів [15]. Азотно- і сірчаноокислі атмосферні опади і фосфати, проходячи транзитом через наземні екосистеми, закислили оліготрофні озера Скандинавії [22] й евтрофікували ріки Фінляндії [29].

П. Д. Кремер і Т. Т. Козловський [8] наводять приклад основних потоків природного кругообігу азоту в 20-річних деревних насадженнях із сумарним ресурсом елемента в екосистемі $2300 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$. На доповненій нами схемі (рис. 5) пропонуємо звернути увагу, що сучасне антропогенне втручання у цей цикл через атмосферну емісію лише $10 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$ активованого елемента становить приблизно 20–30 % від обсягів його засвоєння з ґрунту, внутрішнього перерозподілу між органами чи втрати рослинами з опадом, та й, зрештою, дорівнює обсягу природної активації газоподібного азоту.

Висновки. Трансформоване природне середовище, прикладом якого є урбоекосистема міста Львова, істотно збагачене активними азотними й фосфорними сполуками, котрі надходять у біотопи з урботехногенними викидами. На фоні високої насиченості повітря активними азотистими політантами у сприятливих для дерев умовах парків і скверів рослини інтенсивніше асимілюють азот, синтезують більше білків. Проте на тлі зафосфачування ґрунтів лише у сприятливих біотопах парків дерева й кущі засвоюють більше фосфору.

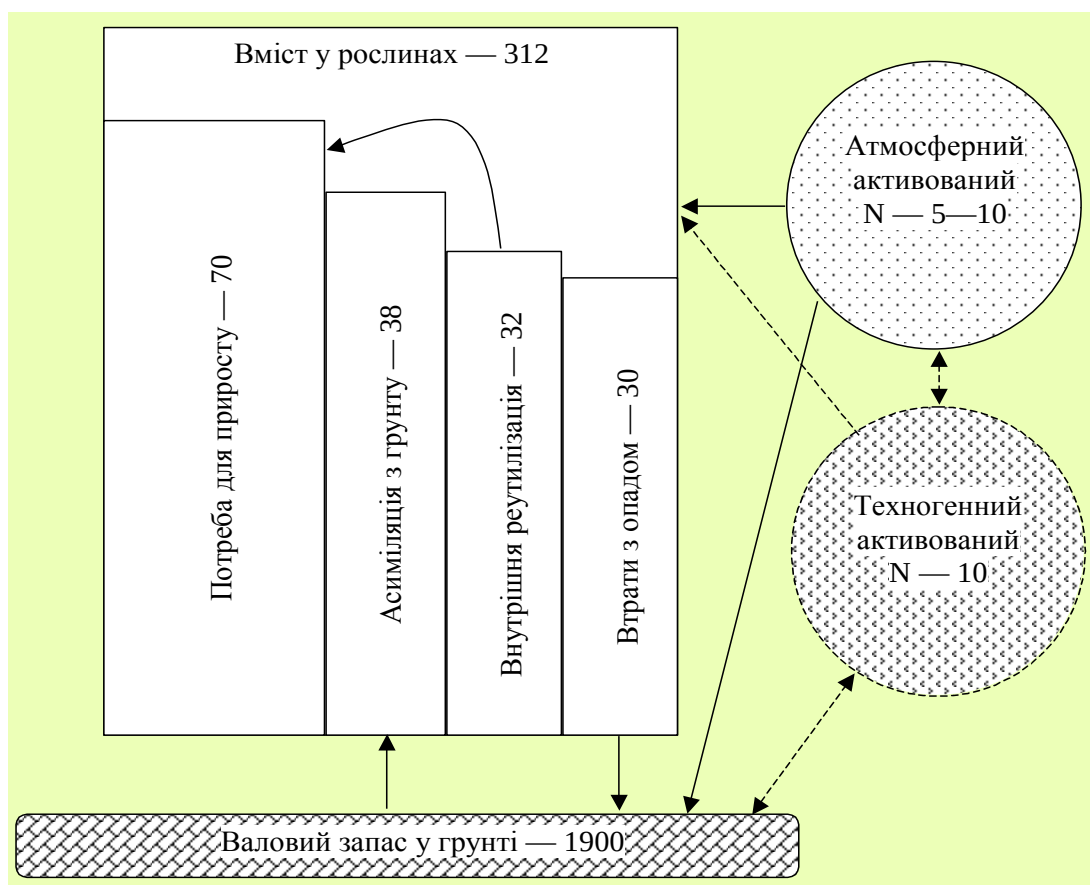


Рис. 5. Схема й обсяги річного циклу азоту в екосистемі соснового лісу та його техногенної емісії в атмосферу, кг·га⁻¹

Автохтонні види, як наприклад дуб звичайний і липа серцелиста, в умовах заміського лісу й ідентичних за походженням і родючістю ґрунтах містять істотно менше азоту й білків у листках. Найбільше забруднене природне середовище вулиць хоч і насичує фітомасу азотистими сполуками, та це не сприяє поліпшенню білкового балансу листків й адаптації дерев, оскільки виникає асиміляційний дисбаланс поживних елементів в асиміляційних органах.

Евтрофікація природного довкілля істотно змінює показники функціонального пристосування деревних рослин, часто зменшуючи їх адаптивний потенціал у трансформованому середовищі урбоекосистем.

Список літератури

1. Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні / [за ред. М. А. Голубця]. – К. : Наук. думка, 1994. – 170 с.
2. Бримблкумб П. Состав и химия атмосферы / Бримблкумб П.; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1988. – 352 с.
3. Гнатів П. С. Асиміляція елементів живлення фотосинтетичним апаратом дерев у різних екологічних умовах / П. С. Гнатів, Д. В. Артемовська // Наук. вісн. – Львів : УкрДЛТУ, 1998. – Вип. 9.1. – С. 19–24.
4. Гнатів П. С. Функціональні критерії реалізації адаптивного потенціалу деревних інтродуцентів / П. С. Гнатів // Наукові праці ЛАНУ. – 2005. – Вип. 4. – С. 85–93.
5. Гнатів П. С. Властивості зовнішнього і внутрішнього середовища листків дерев як чинники адаптації рослин у трансформованому довкіллі / П. С. Гнатів, Д. В. Артемовська // Наукові праці ЛАНУ. – 2009. – Вип. 7. – С. 98–103. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Nplanu/2009_7/index.htm.
6. Даценко І. І. Гігієна і екологія людини / Даценко І. І. – Львів : Афіша, 2000. – 248 с.

7. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды / Коршиков И. И. – К. : Наук. думка, 1996. – 238 с.
8. Кремер П. Д. Физиология древесных растений / П. Д. Кремер, Т. Т. Козловский. – М. : Лесн. пром-сть, 1983. – С. 265–268.
9. Лархер В. Экология растений / Лархер В. – М. : Мир, 1978. – 384 с.
10. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. – К. : В-во Мінекобезпеки України, 1992. – 310 с.; 1998. – С. 9–86.
11. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/cgi-bin/go?node=NAC%20dop%20p%20NPS>.
12. Одум Ю. Экология / Одум Ю. – М. : Мир, 1986. – Т.1. – 328 с.; Т.2. – 376 с.
13. Поляков О. К. Використання дендрологічних ресурсів Донбасу в системі фітооптимізації техногенного середовища / О. К. Поляков // Укр. ботан. журн. – 1998. – Т.55, №4. – С. 417–422.
14. Промышленная ботаника / [под ред. Е. М. Кондратюка]. – К. : Наук. думка, 1980. – 257 с.
15. Протопопова Е. Н. Сдвиги в ростовых процессах интродуцентов в урбанизированном ландшафте Сибири / Е. Н. Протопопова // Биологические закономерности изменчивости и физиология приспособления интродуцированных растений: Всесоюзн. конф., 1977 г. : тезисы докл. – Черновцы : ЧГУ, 1977. – С. 115.
16. Руссель С. Микроорганизмы и жизнь почвы / Руссель С.; [пер. с польского Г. Н. Мирошниченко]. – М. : Колос, 1977. – 224 с.
17. Созінов О. О. Еколого-агрохімічна паспортизація полів та зелених ділянок / Созінов О. О. – К. : Агр. наука, 1996. – 38 с.
18. Церлинг В. В. Методические указания по диагностике потребности садовых культур в удобрении / В. В. Церлинг, А. А. Егорова. – М., 1977. – 16 с.
19. Шацкая Р. М. Содержание общего и белкового азота в листьях и корнях растений в условиях промышленной среды / Р. М. Шацкая // Растения и промышленная среда. – К. : Наук. думка, 1976. – С. 141–142.

20. Україна. Екологічні проблеми атмосферного повітря / Карта, М. 1:2 000 000. – Автор В. А. Барановський. – К. : ВКФ ТС ЗС України, 2000.

21. Якубовская В. В. О чем говорит баланс элементов питания растений? / В. В. Якубовская, П. С. Гнатив, А. П. Мельник // Земледелие. – 1988. – № 3. – С. 10–12.

22. Air Pollution // Environmental Science: third edition / W. P. Cunningham and B. W. Saigo. – Boston-Toronto: Wm. C. Brown Publishers, 1995. – P. 370–397.

23. Agren C. Transformations and Depositions / Agren C. // Acid News. – 4. – December, 1998. – P. 16–18.

24. Bergmann W. Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Visuelle und analytische Diagnose / VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1986. – 306 p.

25. Dise N. B. Indicators of Nitrogen Status in European Forest Ecosystems / Dise N. B., Matzner E., Gundersen P. // Journ. Conf. Abstr. – Vol. 2(2). – Villanova: Cambr. Publ., 1997. – P. 163.

26. De Graaf M. C. C. Restoration of Acidified and Nitrogen-Enriched Terrestrial Vegetations / De Graaf M. C. C., Roelofs J. G. M., Bobbink R. // Journ. of Conf.: 3rd Intern. Symp. on Ecosyst. Behav. – V. 2. – №2. – 1997. – P. 162.

27. Karolewski P. Oddziaływanie tlenków azotu na rośliny drzewiaste / Karolewski P. // Życie drzew w skażonym środowisku. – Warszawa-Poznań : PWN, 1989. – S. 129–142.

28. Tolba M. K. et al. The World Environment 1972–1992 / Tolba M. K. et al. – London : Chapman & Hall. – 1992.

29. Raike A. et al. Trends of phosphorus, nitrogen, and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975–2000 / Raike A. et al. // The Science of the Total Environment. – 2003. – 310. – P. 47–59.

Проанализированы масштабы и тенденции, а также угрожающие последствия антропогенного вмешательства в биогеохимический круговорот азота и фосфора в экосистемах разного уровня. Приведенные расчеты и показаны примеры негативных явлений, связанных со смещением в них объемов циркуляции активных азотных и фосфорных соединений. Представлены результаты оригинальных исследований влияния техногенной эмиссии

азотсодержащих поллютантов в естественной среде города Львова на метаболизм древесных видов. Показано существенное влияние разной степени трансформируемых экотопов города на синтез белков в листьях разных видов.

Ключевые слова: *эвтрофикация, экотоп, азот, фосфор, листовой аппарат деревьев.*

Scales, modern tendencies and menacing consequences of anthropogenic intervention in natural circulation of nitrogen and phosphoric in ecological systems of different levels are analysed. The accounts are given and examples of the negative phenomena connected with displacement of volumes of circulation of active nitric and phosphor's substances in them are shown. The results of original researches of influence man-caused of issue nitrogen-containing pollutant in an environment of city L'viv on the metabolism of wood species of a green zone are submitted. The significant influence of a different transformation degree of whereabouts of city on synthesis of proteins in leaves of different wood species is shown.

Keywords: *euthrophication, ecotope, nitrogen, phosphorus, sheet vehicle of trees.*