

1. ЛІСОВЕ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630.164.3 (075.8) *Проф. М.М. Гузь, д-р с.-г. наук; проф. І.М. Озарків,
д-р техн. наук; доц. І.Є. Кульчицький-Жигайло, канд. с.-г. наук;
студ. О.І. Озарків; асист. О.Я. Данчівська – НЛТУ України, м. Львів*

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕНЕСЕННЯ ВОЛОГИ У ДЕРЕВІ

Розкрито будову кореневої системи дуба. Наведено закономірності перенесення вологи в дереві. Встановлено, що дуб звичайний має властивість утворювати глибоко проникаючу кореневу систему, яка сприяє його виживанню при посухах. Відсутність стрижневого кореня викликає ослаблення біологічної стійкості деревини дуба, а також сприяє його суховерхості та всиханню.

*Prof. M.M. Guz; prof. I.M. Ozarkiv; assoc. prof. I.Ye. Kulchytskyj-Gyhailo;
stud. O.I. Ozarkiv; eng. O.Ya. Danchivska – NUFWT of Ukraine, L'viv*

Features of structure of the root system of oak ordinary and transference of liquid regularity

The structure of rootage of oak is exposed. Conformities to law of transference of moisture are resulted in a tree. It is set that oak ordinary must property form a deeply penetrable rootage which is instrumental in his survival at droughts. Absence of tap-root is caused by weakening of biological firmness of wood of oak, and also instrumental in his education of dry apex and withering.

Усебічне вивчення біології та екології різних деревних видів, зокрема їхньої біологічної стійкості та продуктивності сприяє виробленню науково обґрунтованих лісобіологічних й лісогосподарських заходів, спрямованих на поліпшення розвитку підземної й надземної частин дерева [1-3].

Дуб звичайний (*Quercus robur* L) – одна із найпоширеніших порід в Україні, він зростає у всіх її лісорослинних зонах. Проте, лише на сірих та темно-сірих лісових ґрунтах в умовах свіжих та вологих дібров Правобережного та Західного лісостепу України формує високопродуктивні лісостани І-Іа бонітету.

Зауважимо, що дуб звичайний завжди привертав увагу багатьох дослідників, як у стромосферній, так і в ризосферній частинах [1-3]. Зокрема, встановлено, що в кореневої системи дуба в перші роки життя найінтенсивніше розвивається стрижневий корінь. У сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах у 30-45-денних сіянців стрижневий корінь може досягати глибини 60-70 см, а у 3-5-річному віці – 5,5-6,0 м. Довжина ж бокових горизонтальних коренів у дерев-трирічників не перевищує 1,2-2,4 м. Істотні відмінності в будові корневих систем дуба виявлено залежно від способу вирощування. Наприклад, дубки насінневого походження розвивають глибшу кореневу систему, ніж висаджені. Адже саджанці одного віку утворюють потужніші горизон-

тальні корені та використовують більший об'єм ґрунту для свого живлення за вищої насиченості його коренями, порівняно із сіянцями.

У разі змішування дуба із іншими породами, за сприятливих умов він в молодому віці розвиває потужнішу кореневу систему, ніж супутні йому породи. З віком зростають загальна маса кореневої системи.

Інтенсивний ріст стрижневих коренів триває до 20-40-річного віку, а горизонтальних – 50 років і більше. Зокрема, у віці 30-50 років в дуба спостерігається перевага окремих горизонтальних коренів над довжиною його стрижневого кореня, хоча роль останнього все ж таки залишається значною. За даними А.А. Шабарова [1], стрижневий корінь дуба у віці 150-170 років для умов південно-східної частини Правобережжя України може проникати на глибину 16 м, а за наявності м'яких підстильних порід – на глибину 20-23 м.

Зазначимо, що здатність дуба утворювати глибоко проникаючу кореневу систему сприяє його виживанню під час посух. Відсутність стрижневого кореня зумовлює послаблення біологічної стійкості деревини дуба, а також сприяє його суховерхості та всиханню. Зауважимо, що дуб звичайний в перші роки свого життя інтенсивніше формує кореневу систему, ніж надземну частину. Завдяки цьому в 4-5-річному віці коренева система дуба становить 80-89 % всієї маси рослини. Але, починаючи вже із 6-7-ми річного віку, наростання надземної маси відбувається інтенсивніше за кореневу систему.

Коренева система дуба звичайного складається із підсистем (груп) коренів горизонтальної орієнтації, стрижневого кореня та вертикальних відгалужень від горизонтальних коренів. Типовим також є наявність так званих "косовертикальних коренів" другого і наступних порядків. Морфологічно ці корені є складниками підсистеми коренів горизонтальної орієнтації, рідше – підсистеми стрижневого кореня. Варто зауважити, що кількісне співвідношення основних підсистем коренів із віком змінюється. Вікова динаміка параметрів підсистем характеризується такими ознаками:

- зменшенням відносних протяжності та маси підсистем коренів горизонтальної орієнтації та стрижневого кореня із віком;
- зростанням відносних протяжності та маси коренів підсистеми вертикальних відгалужень від горизонтальних коренів з віком.

Всі вказані вище особливості наявні на фоні загального зростання маси та протяжності коренів у дерев дуба всіх груп росту. Причому в чистих культурах формується коренева система більшої протяжності, ніж у змішаних лісостанах.

Корені горизонтальної орієнтації переважають за протяжністю та масою решту підсистем у дерев всіх вікових груп (частка горизонтальних коренів становить більше ніж 80 % від загальної протяжності). При цьому відбувається зростання відносної протяжності підсистем коренів вертикальної орієнтації. У масі кореневої системи горизонтальні корені теж переважають, із віком відносна маса цих коренів зменшується.

Зазначимо, що горизонтальна частина кореневої системи дуба представлена коренями першого порядку із розгалуженнями до 4-го порядку у першому класі віку та з розгалуженнями до 6-го порядку в старшому віці. Своєю чергою, горизонтальні корені першого порядку за своїм морфологіч-

Табл. 1. Таксаційно-морфологічні характеристики модельних дерев дуба звичайного [2]

Порода	Вік, роки	Середні значення		Максимальна розгалуженість коренів, порядків	Протяжність найкраще розвинених коренів, м		Максимальна глибина проникнення коренів у ґрунт	Загальна протяжність кореневої системи, м	Загальна маса кореневої системи, кг	Відносна маса коренів у загальній фітомасі дерева, %	Площа кореневого живлення одного дерева, м ²	Об'єм ґрунтового живлення одного дерева, м ³
		D _{1,3} , см	H, м		1-го порядку	Зі всіма розгалуженнями						
Дуб звичайний	10	5,1	3,9	4	4,83	38,11	2,00	486,3	4,4	34,8	28,1	18,9
	15	7,8	8,2	6	6,98	77,70	3,87	554,0	8,4	22,3	74,4	108,4
	20	12,3	9,5	6	7,94	171,0	4,05	1998,4	25,0	28,4	84,2	128,0
	35	22,6	17,6	6	15,66	638,6	5,26	3989,0	171,0	23,4	434,0	760,9
	58	36,0	23,2	6	19,61	1136,4	5,50	5868,1	436,1	20,1	756,2	1386,0
	75	45,6	25,6	6	24,4	1652,0	5,97	7940,1	551,8	18,1	912,1	1815,0
	90	49,5	29,6	6	26,3	1964,1	6,47	10325,7	691,8	17,3	1074,6	2318,0

ним габітусом поділяють на "типові" та "шнуроподібні". "Типові" корені – це корені першого та наступних порядків горизонтальної орієнтації із характерною для виду збіжністю. "Шнуроподібні" корені бувають першого, найчастіше другого та третього порядків розгалуження горизонтальної орієнтації і розміщуються в ґрунті на глибині 15-40 см. "Шнуроподібні" корені за діаметром завжди в 1,50-3,00 рази менші за материнські; практично мають однаковий діаметр в межах 10-30 мм.

У коренях "типової" будови закінчення коренів бувають двох типів: ростові та всмоктувально-ростові. Ростовий тип закінчень характерний для коренів першого порядку та частково для коренів другого – третього порядків розгалуження. Всмоктувально-ростові закінчення розміщені, зазвичай, на кінцях останнього порядку розгалуження. Важливо, що саме всмоктувально-ростові закінчення мають основну масу всмоктувальних (сисних) корінців (останні бувають світлі, світло-бурі та темно-бурі). Довжина сисних коренів дуба змінюється в діапазоні від 0,65-0,70 до 3,0-4,0 мм, а діаметр – 0,15-0,60 мм. Меристематична зона сисних коренів займає 40-65 м. Ендодерма складається із пропускних клітин, що не окоркувалися. Центральний циліндр складається із провідних судин та дрібних клітин паренхіми. Зазначимо, що жовті сисні корені втрачають функції активного поглинання мінеральних поживних речовин всією поверхнею.

Світло-бурі корінці мають ще тоншу первинну кору і сильно розвинений центральний циліндр. Темно-бурі корені, що містять на собі основну масу світлих і жовтих сисних коренів, мають завершену вторинну будову і їх основною функцією є провідність. У табл. 1 наведено морфологічні характеристики

дуба звичайного, з якої видно, що корені першого порядку вже в кінці першого класу віку досягають довжини до 5 м, а з усіма розгалуженнями – кілька десятків метрів. Наприкінці 4-5 класів віку їх довжина сягає вже понад 10 км. Діаметр при основі таких коренів сягає 49,5 см, а маса їх – 691,8 кг. Виступаючі частини коренів покриваються грубою тріщинуватою корою товщиною 1,5-2 см. Форма поперечного перерізу таких коренів на віддаль до 0,10-0,15 довжини близька до форми еліпса, а далі – до круга.

Корені першого порядку відходять від кореневої шийки дерев у радіальних напрямках, поширюючись у ґрунті на віддаль 25-30 м від дерева. Частина із них розміщена в ґрунті прямолінійно або з незначним відхиленням від радіального напрямку. Іншим кореням властиве розміщення із зміщенням на певній віддалі від стовбура під кутом 30-40° і більше від радіального напрямку. Морфологічні представники коренів третьої групи – це тонке коріння другого порядку, діаметр яких при основі 8 мм та довжиною 10-60 см. Зазначимо, що головне призначення коренів третьої групи – це забезпечення і постачання елементами кореневого живлення материнського кореня та дерева загалом. Горизонтальна частина кореневої системи дуба, залежно від віку, становить 42,7-54,1 % всієї маси кореневої системи у змішаних та 39,6-49,1 % в чистих насадженнях. Коефіцієнти розгалуженості (абсолютний та відносний) із віком зростають, досягаючи максимальних значень (відповідно 31,84 та 5,14) у 90-річних насаджень.

Таким чином, виходячи із вище наведеного, можна констатувати, що дуб звичайний є деревом із дуже глибоким проникненням стрижневого кореня в ґрунт. Для нього характерні сильний розвиток вертикальних відгалужень від горизонтальних коренів і значна розгалуженість скелетних коренів, а також низька збіжність скелетних коренів та середня компактність кореневої системи.

Морфологічні властивості та просторове розміщення кореневих систем дуба звичайного у змішаних лісових культурах Західного лісостепу України, що зростали на сірих лісових опідзолених середньосуглинкових ґрунтах Розточчя – Опілля та Прикарпаття детально розглянуті в наших роботах, наприклад у [2]. Теоретичні та експериментальні дослідження кореневих систем є важливим елементом не фундаментального вивчення ботанічних об'єктів, але й важливими щодо використання пневмо-кореневої деревини для виробництва деревинно-стружкових плит, технологічної тріски тощо.

У зв'язку з цим важливої ваги набувають еталони кореневих систем, які дають змогу цільового моделювання густоти, яка забезпечує найвищу продуктивність лісових культур і сформованих з них деревостанів. Відповідно до таблиць ходу росту деревостанів глибина проникнення коренів дуба, що відстає у рості, у віці 55-ти років становить 3,8 м, середніх – 4,21 м, а дерев кращого росту – 4,80 м.

Рівняння оптимізації інтенсивності корененаселеності [2] мають вигляд:

$$A = a \cdot n_6 + b \cdot n_1 + c \cdot n_2; \quad (1)$$

$$H = n_6 + n_1 + n_2, \quad (2)$$

де: a , b , c – кількість дерев, відсталих у рості; середнього і кращого росту; n_6 , n_1 , n_2 – показник корененаселеності (біологічної напруги) кореневих систем відповідних груп росту; A – сумарний показник корененаселеності; H – кількість дерев за таблицями ходу росту.

Таким чином, дослідження корневих систем дерев дає змогу глибше вивчити біологію дубового лісу, науково обґрунтувати етапи розвитку деревних насаджень, а також описати характер зв'язків між продуктивністю деревостану і чинниками навколишнього середовища.

Життєдіяльність будь-якого дерева супроводжується активним водообміном, взаємопов'язаними частинами якого є такі процеси: поглинання води; переміщення і розподіл води, яку дерево отримує; транспірація води. Варто зазначити, що кількісне співвідношення води, яку рослина отримує, і води, яку вона витрачає за відповідний час, називають водним балансом рослини. Надходження води в організми деревинних порід відбувається здебільшого через корені.

Вода, що знаходиться в ґрунті, буває вільною і зв'язаною. Вільна вода заповнює великі (крупні) порожнини і не має зчеплення молекулярного характеру із частинками ґрунту і пересувається в ґрунті під впливом сили земного тяжіння. Ця вода має назву гравітаційної. До категорії вільної води належить також і вода, що заповнює капіляри, яка має назву капілярної. Капілярна вода перебуває під дією капілярних сил і пересівається в ґрунті в різних напрямках (залежно від характеру розміщення капілярів).

Варто зазначити, що гравітаційна та капілярна форми води є легко доступними для поглинання коренями дерева. Зв'язана вода (як міцно, так і слабо) перебуває під дією сил молекулярного характеру. Міцно зв'язана (гігроскопічна або адсорбована гігроскопічна) вода складається із шару молекул, які зв'язані із частинами твердої фази ґрунту за допомогою сил молекулярного зчеплення. Ця вода є недоступною для дерева. Вона може пересуватися в ґрунті тільки в пароподібному стані. Здатність ґрунту утримувати вологу у вигляді міцно зв'язаної форми характеризує її гігроскопічність. Максимальний вміст вологи, що утримується ґрунтом у вигляді цих форм вологи, називають максимальною гігроскопічністю.

Слабо-зв'язана вода (плівкова вода) представлена у вигляді водяних плівок, що оточують частинки ґрунту (товщина таких плівок дорівнює декільком діаметрам молекул води). Молекули води, що є на периферії таких плівок, значно слабше утримуються частинками ґрунту. Ця вода має обмежену рухомість і пересувається в ґрунті по поверхні її частин дуже повільно. Але вона, певною мірою, є доступною для засвоєння корінням деревини.

Варто зазначити, що адсорбована вода утримується в ґрунті із силою $P=101300$ кПа (рослини її не засвоюють).

Пароподібну воду корені дерева засвоюють після її конденсації. Це означає, що абсолютна кількість вологи деревини, яка є в ґрунті, не може бути показником, що характеризує рівень життєзабезпечення рослин. Оптимальним є співвідношення дрібних та дещо більших (крупних) фракцій у твердій фазі ґрунту, за якого вологомісткість ґрунту залишається високою і

забезпечується значна кількість коренедоступної вологи. Тому, наприклад, водний режим важких глинистих ґрунтів є набагато гіршим за водний режим суглинистих і супіщаних за механічним складом ґрунтів.

Зазначимо, що корені дерев здатні всмоктувати воду до певного ступеня її наявності в ґрунті. Всмоктувальна сила дерев різної породи змінюється у межах 425,6-1104,4 кПа. Волога, яка є в ґрунті кількістю, що відповідає максимальній гігроскопічній вологоємності, зовсім недоступна для дерев, бо всмоктувальна сила ґрунту за цього рівня зволоження становить 5065 кПа [2].

Інтенсивність поглинання води коренем залежить від наявності пасивного та активного співвідношення різних форм вологи. Пасивне поглинання відбувається у випадку, коли в тканинах рослин виникає певний дефіцит вологи, а в ґрунті на той час є наявною вільна вода, тобто знаходиться у гравітаційній формі. У таких випадках корені дерева виконують пасивну роль переміщення води з ґрунту в зневоднені тканини рослин. Механізм пасивного поглинання води функціонує завдяки транспірації її надземною частиною рослин. Підйом води в крони дерев відбувається капілярами судин ксилеми, де забезпечується значна міцність кожній окремій ниточці води.

Зауважимо, що під впливом транспірації в тканинах рослини виникає дефіцит дифузійного тиску, що супроводжується зниженням тиску в судинах ксилеми. Це, своєю чергою, спричинюється до відповідне пониження тиску в коренях, які безпосередньо контактують із ґрунтовою водою. Врешті-решт, під впливом дефіциту дифузійного тиску ґрунтова вода надходить в кореневі закінчення, а звідти передається в провідні тканини більш товстих коренів і далі судинами стовбура дерева та гілок – до листя дуба. У разі достатньої наявності вологи в ґрунті пасивне поглинання води може забезпечуватися не тільки тонкими молодими закінченнями коренів, але й старими, товстішими їх частинками.

Активне поглинання води відбувається тільки тоді, коли утворюється дефіцит вільної ґрунтової води. У цьому випадку до сили дефіциту дифузійного тиску приєднується всмоктувальна сила, яка формується в самому корені дерева. Тоді, саме за рахунок цього, ґрунтова вода надходить до коренів не тільки тоді, коли вологість ґрунту є більшою за вологість тканин коренів, але й тоді, коли ступінь зволоження коренів перевищує ступінь зволоження ґрунту. Тому, внаслідок фізичного і фізіологічного механізмів, у коренях дерева виникає сила, яка під певним кореневим тиском передає вологу з ґрунту в надземні частини рослин.

Кореневий тиск (сила, що змушує вологу підніматись від коренів дерева по стовбуру вгору) сприяє підніманню води по судинах стовбура дерева на досить значну висоту. У випадку, коли стовбур дерева пошкодити або зрізати, то кореневий тиск буде проявляти себе в місцях пошкодження, де буде інтенсивно виділятися пасока (вода із розчиненими в ній мінеральними та органічними сполуками). Величина кореневого тиску різна в різних порід деревини (наприклад, у берези сила ця дорівнює 263 кПа). Наголосимо, що цей тиск змінюється протягом вегетаційного періоду і протягом доби, а також корелює із температурою повітря і ґрунту, атмосферним тиском, відносною во-

логістю повітря та іншими чинниками, що формують екологічний стан навколишнього середовища.

У випадку наявності занадто високої вологості ґрунту життєдіяльність коренів дерева пригнічується за рахунок нестачі кисню для обмінних реакцій, що спричинюється до зменшення всмоктувальної активності коренів. Із зменшенням насиченості ґрунту водою в межах від рівня повної польової вологості до вологості в'янення всмоктувальна сила коренів зростає від 10,1 кПа до 1519,5 кПа. Це відбувається внаслідок підвищення осмотичного тиску в клітинах коренів за рахунок нагромадження цукрів і акумулювання солей.

Своєю чергою, зменшення інтенсивності поглинання води коренями зумовлене високою концентрацією солей у ґрунтового розчину, яка підвищує його осмотичний тиск. У випадку, коли осмотичний тиск ґрунтового розчину сягає 303,9 кПа (0,30 МПа), починає проявлятися гальмування росту рослин за рахунок нестачі вологи, яка до них надходить. При цьому, навіть, за досить високої вологості ґрунту всмоктування вологи коренями дерева може повністю припинитись. За певних умов всмоктувальна сила коренів може досягти значної величини (5065 кПа і більше) [2].

За низьких температур ґрунту знижуються як піднімальна, так і всмоктувальна сила. Високі температури ґрунту мають також негативний вплив на величину всмоктувальної сили, що пояснюється підвищенням сухості ґрунту, збільшенням концентрації солей у ґрунтового розчині, а також пригнічувальним впливом високих температур на життєдіяльність клітин і тканин коренів.

Зауважимо, що для більшості рослин оптимальними є температури температура в діапазоні 15-30 °С. Зменшення температури до 12 °С істотно знижує кореневий тиск, а за температури 0 °С надходження води до коренів припиняється. Це явище також виникає навіть тоді, коли температура навколишнього середовища в надземній частині є достатньо високою (20-22 °С). Зазначимо, що підвищення температури ґрунту вище за 30 °С спочатку веде до стрибкоподібного збільшення кореневого тиску, а потім настає його поступове зменшення.

Стосовно переміщення води в надземній частині дерев (від нижньої частини стовбура до верхньої частини крони) існує низка теорій, що пояснюють механізм та суть даного процесу. Проте найпоширеніша теорія, що пояснює вертикальний рух води під дією кореневого тиску ("нижнього кінцевого") та транспірації ("верхнього") двигуна руху води в рослинах, і яка базується на явищах "поверхневого натягу" – адгезії – когезії. Згідно з цією теорією основними складовими частинами механізму вертикального руху води є такі:

- сила зчеплення (когезія) молекул води, яка дає змогу витримати поверхневий натяг;
- прилипання (адгезія) молекул води до оболонок трахеїд і судин ксилеми та оболонок клітин листочків та коренів, тобто ідеально сприятливих для протягування води оболонок;
- малий діаметр провідних елементів ксилеми (судин і трахеїд), якою рухається вода.

Зауважимо, що швидкість вертикального руху води в дереві не перевищує 1-2 м/год.

Відомо, що під процесом транспірації розуміють процес випаровування води рослинами. Інтенсивність цього процесу залежить від таких чинників: виду рослин, дефіциту вологості повітря (відносної вологості повітря $\varphi = P_n/P_n$, де P_n – парціальний тиск водяної пари, P_n – тиск насичення, Па), температури повітря, швидкості вітру, вологості і температури ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод. Величина транспірації оцінюється так званим транспіраційним коефіцієнтом, тобто кількістю кілограмів води, потрібної для синтезу 1 кг сухої органічної речовини рослинних тканин. Швидкість процесу транспірації визначається за формулою

$$\varpi_T = \frac{V \cdot K_T}{\tau \cdot F}, \quad (3)$$

де: V – обсяг сухої тканини рослини, що утворилася на певній площі; K_T – транспіраційний коефіцієнт; τ – тривалість вегетаційного періоду; F – площа транспірації.

У природних умовах транспірація поєднується із прямим фізичним випаровуванням води із ґрунту. Випаровування ґрунтових вод здійснюється за умови їх близького залягання, коли глибина рівня капілярної кайми (PKK) або рівня ґрунтових вод ($РГВ$) рівні або є меншими за глибину, за якої виникають процеси внутрішньо-ґрунтового випаровування і транспірації. Відзначимо, що випаровування ґрунтових вод сягає максимальної величини тоді, коли значення РГВ прямує до нуля.

У загальному випадку випаровування ґрунтових вод визначається за формулою [4]

$$\omega_{г.в.} = \omega_{вип} - \omega_{атм} + \omega_{ст}, \quad (4)$$

де: $\omega_{г.в.}$ – швидкість випаровування ґрунтових вод; $\omega_{вип}$ – швидкість випаровування ґрунтових вод із поверхні землі (суші); $\omega_{атм}$ – швидкість надходження води із атмосферними опадами; $\omega_{ст}$ – швидкість витрачання води за рахунок поверхневого та підземного стоку.

Величина витрачання ґрунтових вод на випаровування визначаються за формулами, які описують залежності між випаровуванням, випаровуваністю і глибиною залягання ґрунтових вод або їх капілярної кайми, тобто

$$\omega_i = \omega_o \cdot (1 - h/h_o)^n; \quad (5)$$

$$\omega_i = \omega_o \cdot \exp(h^n/\alpha); \quad (6)$$

$$\omega_i = \omega_o \cdot \exp(-\alpha \cdot h/h_k), \quad (7)$$

де: ω_o – швидкість випаровування на поверхні землі (суші); e – основа натуральних логарифмів; h – глибина залягання ґрунтових вод; h_o – критична глибина випаровування ґрунтових вод; n, α – емпіричні коефіцієнти; h_k – потужність капілярної кайми ґрунтових вод.

У випадку, коли ґрунтові води залягають дуже глибоко від поверхні Землі, величина випаровування вологи формується за рахунок ґрунтових вод, тобто

$$\omega_n = \omega_{атм} - \omega_{ст}. \quad (8)$$

Капілярне підняття розчинів зумовлене наявністю в товщі порід ґрунту дрібних пор, що мають капілярні властивості. Капілярні явища є причи-

ною порових вод у породах зони аерації, зокрема наявності капілярної кайми ґрунтових вод.

Висота капілярного підняття, що пов'язане із силами поверхневого натягу води, залежить від розміру пор – капілярів, механічного складу порід, однорідності та форми пор, густини, температури, мінералізації й іонно – сольового складу вод.

Максимальну висоту капілярного підняття розраховують за формулою [4]

$$h_{\max} = \frac{2 \cdot \sigma_{\Pi} \cdot \cos \theta}{r_k \cdot g \cdot \rho} \text{ м}, \quad (9)$$

де: σ_{Π} – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м; θ – крайовий кут змочування (коли $\theta = 0^\circ$, то $\cos \theta = 1$); r_k – радіус капіляра, м; ρ – густина рідини, кг/м³ ($\rho_{\text{вод}} = 1000 \text{ кг/м}^3$); g – прискорення сили земного тяжіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Тоді, для води, коли $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ і $\sigma_{\Pi} = 74 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$, формулу (9) запишемо

$$h_{\max} = \frac{0,15 \cdot 10^{-5}}{r_k \cdot \rho}. \quad (10)$$

На практиці висоту капілярного підняття води в породі зони аерації визначають в польових умовах внаслідок спостережень над розподілом волог у ґрунтовому профілі вище рівня ґрунтових вод. Зауважимо, що висота капілярного підняття в ґрунті зростає із збільшенням дисперсності порід (див. табл. 2).

Табл. 2. Граничні висоти капілярного підняття прісних вод

Порода ґрунту	$h_{\max}$, м
Пісок крупнозернистий	0,02...0,035
Пісок середньозернистий	0,12...0,35
Пісок дрібнозернистий	0,35...1,20
Супісок	1,2...3,50
Суглинок	3,50...6,50
Глина	6,50...12,0

В умовах руху розчину солей переміщення часток розчиненої речовини щодо молекул води швидкість цього переміщення буде залежати від температури і тиску навколишнього середовища.

У разі фільтрування розчину в умовах сталого (постійного) водно – сольового режиму в хімічно нейтральному однорідному пористому середовищі переміщення базується на рівнянні балансу

$$C_n \cdot \omega_n \cdot F_n = C_k \cdot \omega_k \cdot F_k, \quad (11)$$

де: C_n , C_k – відповідно концентрація розчинених речовин в розчині води на початку та в кінці шляху фільтрування; ω_n , ω_k – відповідно початкова та кінцева швидкості фільтрування розчину; F_n , F_k – початкова та кінцева площі перетину фільтраційного потоку.

Переміщення солей фільтраційним потоком відбувається під час руху їх водного розчину. Тобто, згідно зі законом Дарсі, рух підземних вод описується виразом виду

$$Q_{b\phi} = -F \cdot \frac{\alpha_{\Pi}}{\eta_b} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta l}, \quad (12)$$

де: $Q_{b\phi}$ – фільтраційна витрата води в одиниці об'єму за одиницю часу; F – площа поперечного перерізу фільтраційного потоку; ΔP – приведений тиск ($\Delta P = \Delta H \cdot \rho_e$, де ΔH – зміна напору на віддаль, ρ_e – густина води); Δl – довжина шляху фільтрації; η_e – коефіцієнт кінетичної в'язкості води; α_n – коефіцієнт проникності.

Співвідношення α_n/η_e називається коефіцієнтом фільтрації, м/с або м/год. У випадку, коли переміщення солей визначається, здебільшого, процесом фільтрації розчину солей у воді, рівняння їх конвективного руху в диференціальній формі має вигляд [5]

$$\frac{dc}{d\tau} = w_x \cdot \frac{dc}{dx} + w_y \cdot \frac{dc}{dy} + w_z \cdot \frac{dc}{dz}, \quad (13)$$

де: c – концентрація розчину; τ – тривалість фільтрування; w_x, w_y, w_z – середні значення проекції швидкості фільтраційного потоку в напрямках x, y, z .

Література

1. Гузь М.М. Кореневі системи деревних порід правобережного лісостепу України : монографія. – К. : ВК "Ясма", 1996. – 145 с.
2. Калінін М.І., Гузь М.М., Дебринюк Ю.М. Лісове коренезнавство : підручник. – Львів : ІЗМН, 1998. – 336 с.
3. Гузь М.М. Еталон кореневих систем деревних порід. Частина 1. Еталон кореневої системи дуба звичайного. – Львів : ІСДО, 1996. – 32 с.
4. Озарків І.М., Сорока Л.Я., Грицюк Ю.І. Основи аеродинаміки і тепломасообміну : навч. посібник. – К. : ІЗМН, 1997. – 280 с.

УДК 630*5

Доц. С.І. Миклуш, канд. с.-г. наук;
мол. наук. співроб. Ю.С. Миклуш – НЛТУ України, м. Львів

ЗАГАЛЬНА ФІТОМАСА РІВНИННИХ БУКОВИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНИ

Проаналізовано загальну фітомасу рівнинних букових лісів, вміст депонованого вуглецю в букових насадженнях основних типів лісу, проблеми їхню оцінки та наведено пропозиції щодо підвищення точності оцінки та організації господарства в букових лісах.

Ключові слова: бук лісовий, насадження, фітомаса, депонований вуглець, багатопільове використання лісових ресурсів, організація сталого господарства

*Assoc. prof. S.I. Myklush; junior research officer Yu.S. Myklush –
NUFWT of Ukraine, L'viv*

Total phytomass of plain beech plantations of Ukraine

Total phytomass of plain beech forests, contents of deposited carbon in plantations of main forest types and problems of their estimate were analyzed. Proposals concerning increase of valuation precision and organization of management in beech forests were elaborated.