

**ЛІС І СВІТЛО**

# **Значення світла та сонячної радіації в житті лісу**



Джерелом світла на планеті є **сонячна радіація**. Промениста енергія Сонця обумовлює всі фізичні явища в атмосфері. *Інтенсивність світла* залежить від *інтенсивності радіації*, яка вимірюється сонячною константою. Вона являє собою кількість енергії, яка поступає на 1 см поверхні, перпендикулярної до променів щохвилини. Для умов Європи вона дорівнює  $7,74 \text{ дж/см}^2/\text{хв}$ .

Разом з **водою і теплом світло** має найбільш суттєве значення у житті рослинності завдяки **фотосинтезу**, в результаті якого рослинами утворюються складні органічні сполуки із двоокису вуглецю та води. **Деревина – це, по суті, перетворена сонячна енергія.**



Оскільки сонячне світло має неоднорідний склад променів, його складові частини по-різному діють на життя рослинних організмів, **К.А. Тімірязєвим** встановлено, що *процес фотосинтезу залежить від дії на хлорофіл теплових променів – червоних, оранжевих, жовтих та незначною мірою – зелених.*

*Промені більшої частоти – фіолетові, сині, мають значення роль у процесах росту рослин. Видима частина сонячного спектра – (червоні, оранжеві, жовті, синьо-фіолетові промені) являє собою ФАР – фотосинтетично–активну радіацію. На процеси фотосинтезу витрачається приблизно 28 % ФАР. Частка ФАР в сонячному спектрі збільшується в широтному напрямі до екватора.*

Тривалість щоденного освітлення залежить від *географічної широти місцевості та сезону року*. Світлові дні коротші влітку з просуванням на південь. У рослин, зокрема і деревних видів, спадково закріплений **фотоперіодизм – співвідношення світлого і темного періодів доби**. Тому під час вирощування рослин за межами їх природного ареалу цей чинник потрібно врахувати.

Отже, як вважав проф. **Л.О. Іванов**, світло є єдиним чинником, який може бути змінений при веденні господарства рубками. Водночас можуть бути змінені інші умови росту деревних рослин.



**Світло** – це важіль, яким лісовод регулює життя лісу в бажаному для господарства напрямі (Іванов Л.О., 1946).

Розрізняють **пряму сонячну радіацію** (освітлення) та **розсіяну або дифузну**. Перша іде безпосередньо від Сонця, а друга – від небозводу. Рослинність добре пристосована до розсіяного освітлення. Пряме освітлення рослини поглинають завдяки наявності у них різних захисних пристосувань, які з'явилися в процесі еволюції.



Освітленість вимірюють в люксах. На відкритому місці в середніх широтах у полудень вона становить **150 – 200 тис. люкс**. Під пологом діброви – 1000–2000 люкс, на ґрунті ще менше. Розсіяне світло становить в ясні дні  $\frac{1}{3}$  –  $\frac{1}{8}$  сумарної радіації, в пахмурні вона дорівнює сумарній.



**Сонячною радіацією** називають випромінювання Сонця, яке має електромагнітну і корпускулярну природу. Вона є основним джерелом життя на Землі. Якщо не враховувати незначну кількість енергії, що надходить від надр земної кулі, вся енергія, отримувана поверхнею Землі, йде від Сонця.

Формування клімату відбувається в результаті взаємодії сонячної радіації з атмосферою. Світло має основне значення у процесі **фотосинтезу рослин**, в результаті чого утворюється органічна речовина – рослинна біомаса, тобто первинна біологічна продукція, від трансформації і використання якої залежить життя на Землі.

Сонячна енергія створює також тепло, яке йде на нагрівання повітря і ґрунту до необхідного рівня, що **забезпечує життєдіяльність** рослинних організмів, обумовлює транспірацію рослин, тепло- і вологообмін, визначає циркуляцію повітряних мас в атмосфері і формування кліматичних умов.

**Кількість енергії** (близько 2 кал), яка потрапляє за 1 хв до верхньої межі атмосфери на площу в  $1 \text{ см}^2$ , розміщену перпендикулярно до сонячних променів, називають **сонячною константою**.

Щорічно на земну поверхню потрапляє потік енергії близько  $1,25 \cdot 10^{21}$  ккал. Частина радіації, відбита від хмар, надходить до космічного простору, частина поглинається водяними парами і бере участь у нагріванні атмосфери. Решта променів досягає поверхні Землі у формі **прямої або розсіяної радіації**. За надходження до земної поверхні значна кількість радіації поглинається, зокрема й рослинним покривом, а частина відбивається. Відбита частка **енергії (альbedo)** становить близько  $1/3$  від загальної.



Розрізняють **пряме сонячне освітлення** (пряму радіацію), яке надходить безпосередньо від Сонця та **розсіяне (дифузне)**, що поступає від небозводу і обумовлене наявністю молекул атмосферних газів і твердих частинок.

**Розсіяне освітлення** у ясні дні становить від  $1/3$  до  $1/8$  величини сумарної радіації. Рослинний світ краще пристосований до розсіяного освітлення, яке ніколи не досягає шкідливої для хлоропластів величини.

**Щодо прямої радіації рослини в процесі еволюції виробили низку захисних пристосувань:** зміну нахилу площини листків щодо прямих сонячних променів, взаємне затінення листків, волосяний покрив, посилення транспірації для зниження температури листків. Однак, для дозрівання плодів прямі сонячні промені мають вирішальне значення.

Ліс являє собою складну оптичну систему, яка кількісно і якісно змінює потік світла. В лісі переважає розсіяне світло, але у проміжки між кронами дерев, через вікна в полозі проходить і пряме світло, іноді воно доходить до поверхні ґрунту.

Ще на початку ХХ ст. австрійський лісівник-ботанік **І. Візнер** (1907) запропонував класифікацію освітлення в лісі, якою користуються і нині. Він розрізняв наступні види освітлення у лісі:

- ✓ **верхнє освітлення**, яке падає на верхню частину крон та проникає через його проміжки;
- ✓ **наскрізне** – промені, що проникають через просвіти всередину лісу зверху від крон (верхнє) або від узлісся (бокове);
- ✓ **переднє**, яке падає на вертикальну поверхню дерев;
- ✓ **нижнє** – відбите від поверхні ґрунту або від водної поверхні, воно освітлює нижню частину пологу, обумовлюючи життєдіяльність нижніх гілок;
- ✓ **бокове** – яке падає на вертикальну або горизонтальну площину під кутом, наприклад, на крони дерев, розташованих на узліссі і відкрите від розташованої поряд поляною

Співвідношення між верхнім і боковим освітленням змінюється залежно від географічної широти. На півночі воно становить 1:2, в помірних широтах – 1:4.

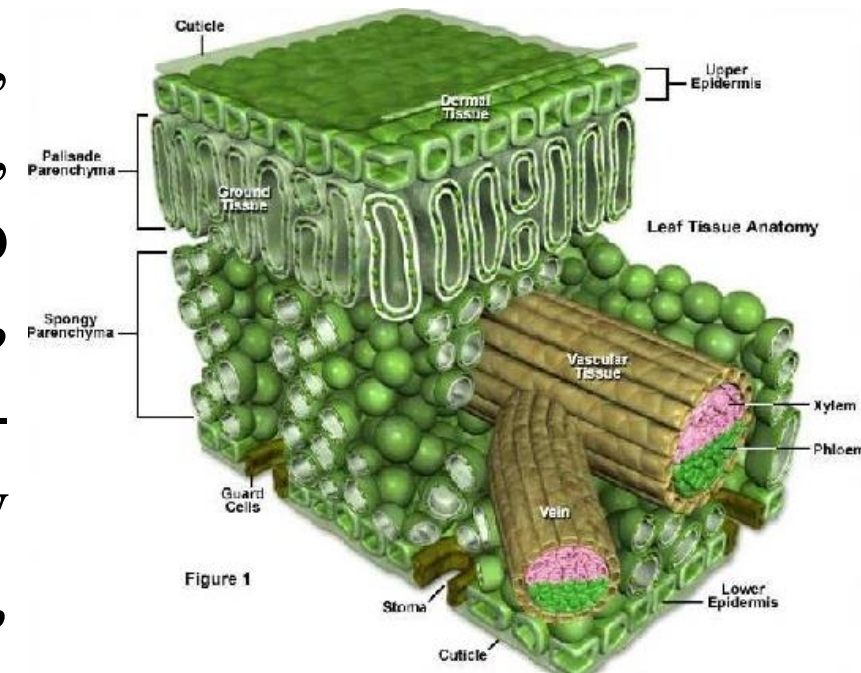
Типи освітлення важливо знати лісівникам в процесі здійснення заходів з **природного відновлення**. **Тіньовитривалі породи** (ялина, ялиця, бук) успішно відновлюються за наявності *бокового або наскрізного освітлення*.

**Світлолюбні деревні види** (сосна, модрина, береза) потребують **верхнього освітлення або у поєднанні з боковим і наскрізним**.

**Вплив світла на ріст і розвиток деревних рослин залежить** від якості, складу світла або довжини хвилі; інтенсивності, напруженості або сили; періодичності освітлення або фотоперіоду і тривалості освітлення.

# **Вплив якісного складу світла на деревні рослини**

**Асиміляційний апарат** зелених рослин має здатність перетворювати світлову енергію в енергію хімічних зв'язків. Однак, потік світла, що досягає намету лісу і проникає крізь нього, характеризується різною **фізіологічною активністю**. У сонячному спектрі розрізняють три частини, відмінних за своїми фізико-біологічними властивостями: **ультрафіолетову радіацію** (довжина хвиль 0,19–0,38 мкм), **фотосинтетично активну радіацію** (0,38–0,71 мкм) та **інфрачервону радіацію** (0,71–24 мкм).



**Фотосинтетично активна радіація (ФАР)** – це сонячна енергія, яку рослини поглинають і використовують в процесі фотосинтезу.

Вона обмежена довжиною хвиль 0,38–0,71 мкм, але і в цих межах неоднаково поглинається рослинами.

Максимум випромінювання знаходиться посередині видимого спектра, у його жовто-зеленій області.

Найбільше екологічне значення мають оранжево-червоні промені (0,65–0,68 мкм), дещо менше – синьо-фіолетові (0,40–0,50 мкм).

**Частину ультрафіолетових променів**, які негативно впливають на живі організми, затримує *озоновий екран* у верхніх шарах атмосфери. Земної поверхні досягають промені з довжиною хвилі близько 0,38 мкм, так звані близькі.

Вони сприяють фотосинтезу рослин, стимулюють ріст і розмноження клітин, синтез високоактивних біологічних сполук, підвищуючи в рослинах вміст вітамінів та антибіотиків, у результаті чого зростає їх стійкість до захворювань.

**Інфрачервону радіацію** поділяють на **ближню** (0,71–1,4 мкм) і **дальню** (1,4 – 20–24 мкм). Інфрачервоне проміння бере участь у теплообміні рослин і проявляє позитивний ефект за дії низьких температур. Однак, в умовах високих температур воно може призвести до перегріву рослин.

- ✓ Червоне світло сприяє проростанню насіння.
- ✓ Із збільшенням кількості червоних та оранжевих променів спостерігається максимальне накопичення органічних речовин.
- ✓ Фіолетові, сині і блакитні промені сприяють утворенню і розвитку тканин бруньок, листків, квітів, плодів.
- ✓ На транспірацію впливають всі промені.
- ✓ Значне збільшення сухої ваги рослин спостерігається за повного спектра сонячного світла.
- ✓ Ріст листових пластинок не відбувається у темноті, гальмується за зеленого світла, має середню величину за блакитного, а оптимальні умови спостерігаються за повного спектра видимого світла.
- ✓ Хлорофіл пропускає зелені і частково жовті промені.
- ✓ Листки, які вирости за повного *освітлення називають світловими*, за неповного *освітленні – тіньовими*.
- ✓ Активність ФАР і вплив хвиль окремих частин спектрів залежить від кута падіння променів, прозорості атмосфери, розсіювання тощо.
- ✓ Із збільшенням висоти Сонця над горизонтом спостерігається значне збільшення відносної частки фотосинтетично активної радіації у потоці прямої сонячної радіації.
- ✓ Зменшення прозорості атмосфери призводить до поступового зниження частки ФАР. Від поєднання цих чинників залежать особливості біохімічних і біофізичних процесів у рослинному організмі.

**Інтенсивність світла.  
Вплив світла на  
формування та ріст  
деревостанів**

**Інтенсивність, напруженість або сила світла** — кількість калорій, які припадають на 1 см<sup>2</sup> освітленої поверхні за одиницю часу. *Вона безпосередньо впливає на фотосинтез, розкривання продихів і синтез хлорофілу, визначає ріст, розміри, будову листків та стовбурів. Синтез хлорофілу починається за слабого світла.*

**Інтенсивність світла** залежить від географічної широти місцевості, висоти над рівнем моря, пори року, періоду доби, прозорості повітря і коефіцієнта охолодження — швидкості випаровування з поверхні. Кількість енергії, яку отримує одиниця площі, залежить від кута нахилу поверхні, яка сприймає **енергетичний потік**.



Загалом за збільшення географічної широти місцевості висота Сонця над горизонтом знижується, і відповідно, зменшується загальна кількість світла. Одночасно зменшується частка прямого і зростає частка розсіяного освітлення.

Також у північному напрямку збільшується тривалість дня. Однак, кількість ФАР, яку отримує місцевість впродовж вегетаційного періоду на півночі і на півдні неоднакова.

Сума ФАР від Крайньої Півночі до Кавказу збільшується у п'ять разів, причому короткі терміни вегетаційного періоду на Півночі не компенсуються довгими світловими днями. Водночас, ріст деревних рослин на півночі обмежує нестача тепла

**Інсоляція (освітлення сонячними променями)** на одиницю площі вища у горах, причому на південних схилах відносна сила світла більша, ніж на північних.

Умови **освітлення у нижніх і верхніх поясах гір** суттєво відрізняються. У порівнянні з прилеглими рівнинами у високогір'ї загальна радіація зростає більш ніж у два рази, переважно через пряме світло; розсіяна радація така ж, або дещо нижча.

Якщо у рівнинній місцевості сонячна радіація і температура повітря збільшуються у напрямку від полюсів до екватора, то в горах із збільшенням висоти над рівнем моря загальна кількість радіації зростає, зокрема завдяки підвищенню прозорості повітря, а температура повітря знижується.

В умовах високогір'я радіація збагачена **ультрафіолетовими** променями, надмірна концентрація яких шкідлива.

Деревні види неоднаково реагують на зміну інтенсивності світла, оскільки кожен з них має свій оптимум.

Висока інтенсивність світла обумовлює у рослин важливі **морфологічні зміни**: прискорення розвитку коренів і збільшення відношення довжини коренів до величини пагонів.

Листки, які вирости за повного освітлення, товстіші від тіньових. У них більша кількість продохів, товстіші стінки клітин, більші розміри хлоропластів, вище відношення внутрішньої поверхні до зовнішньої, що обумовлено формуванням довгих асиміляційних клітин у два-три шари.



# **Тривалість освітлення і її значення в лісівництві**

**Важливе значення для деревних рослин має тривалість освітлення.**

У процесі філогенезу вони пристосувались до різної тривалості світлового дня на різних географічних широтах, що закріплено генетично. Реакція рослинного організму на відносну тривалість дня і ночі та на зміни їх співвідношення впродовж року (вегетаційного періоду) отримала назву **фотоперіодизм**.

Розрізняють два типи **фотоперіодизму**: **короткоденний** та **довгоденний**.

**Короткоденні види** ростуть у низьких широтах, де тривалість темної частини доби не менше 12 год, а **довгоденні види** – у помірних та високих широтах, де світловий період становить понад 12 год. Крім того, виділяють **нейтральні види**, для розвитку яких тривалість дня не має значення.

**Фотоперіодизм** впливає на ріст і розвиток деревних рослин, їх морозостійкість, посухостійкість, а також на стійкість до захворювань. Завдяки цілодобовому освітленню впродовж короткого літа північні рослини встигають завершити сезонний цикл.

Незважаючи на зменшення ширини річних кілець у зв'язку з суворим кліматом, формування деревних рослин відбувається нормально. Зокрема, у сосни звичайної навіть поблизу північної межі її ареалу всигають сформуватися пізні трахеїди, тобто утворюється *повноцінна деревина*.

Деревні види у більш *південних широтах* сформувались в умовах довгого вегетаційного періоду, однак коротшого світлового дня. Збільшення тривалості вегетаційного періоду тієї ж сосни сприяє більш тривалому сезонному росту, і, відповідно, збільшенню ширини річних кілець.

У зв'язку з генетичною обумовленістю *південні дерева*, переселені на північ деякий час зберігають тривалість вегетаційного періоду. Тому їх пагони до кінця сезону не встигають достатньо здерев'яніти і пошкоджуються ранніми осінніми заморозками.

Вивчення фотоперіодизму і застосування фотоперіодичної інтродукції дозволяють прискорити або сповільнити ріст і розвиток рослин.

Основний біологічний зміст полягає у необхідності регулювання світлового режиму. Діючи на рослини періодичною зміною затінення і освітлення, застосовуючи природне і штучне освітлення, регулюючи його тривалість, можна змінити приріст і плодоношення. Ґрунтовні дослідження у цьому напрямку проводили **П.Л. Богданов (1931)** та **Б.С. Мошков (1950)**

Лісоводам давно відомо, що різним породам дерев для нормального росту та розвитку потрібна більша чи менша інтенсивність освітлення.

До середини XIX ст. за потребою у світлі деревні види поділяли на **світлолюбні** та **тіньлюбні**. Згодом такий поділ був визнаний недостатньо науковим, адже немає видів, яким би було непотрібне світло. Поділ за потребою у світлі став таким: *світлолюбні та тіньовитривалі*



*П.С. Погребняк* розумів під терміном **тіньовитривалість** здатність деревних видів зберігати активний фотосинтез за затінення. До типових **світлолюбних** деревних видів відносили: *модрину, березу, акацію білу*, до **тіньовитривалих** — *тис, ялицю, самшит, бук, ялину, липу, граб* та ін.



Однак в лісостанах часто у верхньому ярусі зростають не лише **світлолюбні деревні види** – береза, сосна, а під їх пологом ялина, дуб, але й **тіньовитривалі деревні види** – ялина, ялиця, а під їх пологом – молоде покоління цих порід.

Тому доцільніше потребу порід щодо світла визначати за **ступенем тіньовитривалості**: у одних деревних рослин він *помірний*, а в інших – *досить значний*. Загалом, застосовують **не дві, а три і навіть чотири градації** поділу деревних видів за потребою у світлі.

Потреба у світлі у одного виду змінюється з віком. *Зазвичай, самосів та підріст – більш тіньовитривалі ніж дорослі дерева.* Для всіх деревних видів світло є життєво необхідним чинником середовища, однак потреба у ньому різна. **Потреба у світлі – генетично закріплений комплекс структурних ознак та функціональних особливостей виду.**

До середини XIX ст. деревні види поділяли на **світлолюбні** та **тіньлюбні**.

*Такий поділ базувався на зовнішніх ознаках дерев: деревні види з густим листям вважали тіньлюбними, а з ажурною кроною – світлолюбними.*

Пізніше цей поділ було визнано хибним, оскільки **усі породи потребують світла** для забезпечення фотосинтезу, просто одні – менше, інші – більше. Тому, деревні види стали поділяти на **світлолюбні (світловибагливі)** і **тіньовитривалі**. Пізніше почали виділяти і проміжні групи, наприклад, **напівтіньовитривалі**

У практиці вітчизняного лісівництва застосовують поділ деревних порід на дві основні групи — **світловибагливі** і **тіньовитривалі**, що чітко відображає їх потребу у до світлі.

**Світлолюбність** — це негативна чутливість деревних порід до затінення.

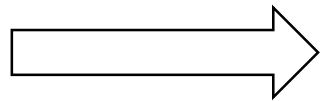
**Тіньовитривалість** — здатність деревних видів зберігати відносно високу активність фотосинтезу в умовах затінення



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію деревних рослин за ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Саксаула

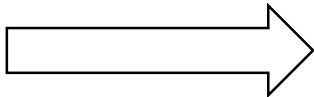


Саксаул, дійсні акації, тамарикс, евкаліпти, верби – біла та ламка, тополя срібляста і чорна, корковий дуб, пухнастий дуб



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію деревних рослин за ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Модрини 

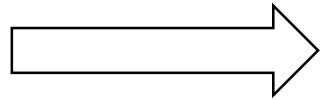
Модрина, акація біла,  
береза повисла, айлант,  
сосна звичайна, тополя  
сіра, осика



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію деревних рослин за ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Волоського  
горіха



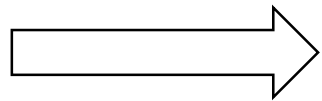
Горіх волоський, бархат  
амурський, ясен звичайний,  
берест, дуб звичайний  
(рання форма), вільха чорна



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію** **деревних рослин** за **ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Сосни  
чорної



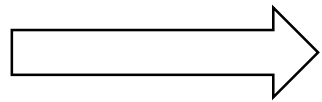
Сосна чорна, дуб звичайний (пізня форма), верба козяча, каштан їстівний, береза пухнаста, дуб скельний, терен, шипшина, лох, обліпіха, дереза



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію деревних рослин за ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Кленів



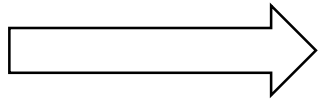
Клени: гостролистий,  
польовий, татарський і явір,  
дуб північний, ільм, чинар,  
катальпа, черешня, горобина,  
груша дика, яблуня лісова,  
берека



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію деревних рослин за ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Липи



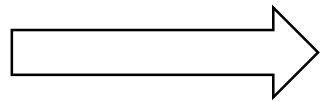
В'яз, дугласія, дзельква,  
секвойя, сосни кедрова і  
веймутова, липа серцелиста,  
вільха сіра, каштан кінський,  
ліщина, свидина, бруслина,  
жимолость татарська,  
гордовина, жасмин, бузина  
чорна і червона, глід



На підставі раніше розроблених лісівничих шкал П.С. Погребняк запропонував сучасну вдосконалену **шкалу-класифікацію** **деревних рослин** за **ступенем їх тіньовитривалості**

Шкала тіньовитривалості деревних рослин (за Погребняком П.С., 1968)

Граба



Граб, ялина, ялиця,  
тис, самшит, плющ



Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

➤ **Густота облистяності.**

Із збільшенням густоти крони зростає тіньовитривалість, оскільки лише у тіньовитривалих порід листя здатне витримувати сильне взаємне затінення. Ажурні крони притаманні світлолюбним породам.



Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

- **Ступінь освітлення поверхні ґрунту під кронами дерев вищий у деревостанах світлолюбних видів і нижчий під тіньовитривалими породами. Різниця у ступені освітлення може досягати 80–90 % в одному віці і за однакової кількості дерев на площі.**



Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

- **Очищення стовбурів від нижніх сучків починається раніше і відбувається більш інтенсивно у світлолюбних видів, оскільки їх нижні гілки, перебуваючи у затіненні, швидше відмирають**



Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

✓ **Ступінь пригнічення підросту під пологом деревостану.**

Підріст світлолюбних видів швидше гине в умовах затінення, натомість, підріст тіньовитривалих видів здатний існувати тривалий час навіть у пригніченому стані. Світлолюбним деревним видам необхідне, здебільшого, верхнє освітлення або поєднання його з боковим і наскрізним, в той час як більшість тіньовитривалих видів поновлюється за наявності лише бічного або наскрізного освітлення.



Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

✓ **Швидкість** **самозрідження**  
**деревостану.**

Для світлолюбних видів характерне більш інтенсивне зрідження порівнянно з тіньовитривалими. Тому, в одному віці та в однакових лісорослинних умовах кількість дерев світлолюбних порід на одиниці площі буде меншою.



Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

✓ **Деякі побічні ознаки, до яких належать:**

*а) товщина кори та її тріщинуватість.* У зрілому віці світлолюбні види утворюють тріщинувату і, здебільшого, товсту кору (модрина, тополя). Для тіньовитривалих видів властива гладка або слаботріщинувата, тонка кора (ялина, бук, ялиця, тис);

*б) відносна висота дерев,* тобто відношення висоти дерева до його діаметру на висоті грудей –  $H/d$ , які виражені в однакових одиницях виміру. Цей показник запропонував російський лісівник Я.С. Медведєв у 80-их роках ХІХ ст. Таксаційний метод оцінювання ступеня тіньовитривалості деревних порід базується на порівнянні їх відносних висот. На думку Я.С. Медведєва світлолюбні породи мають менші відносні висоти, ніж тіньовитривалі. На підставі цього показника була запропонована шкала деревних видів, в якій вони розташовані за ступенем зростання тіньовитривалості: береза, сосна, ясен, осика, дуб, липа, граб, ялина, бук, ялиця кавказька, тис.

Потребу деревних видів у світлі встановлюють на підставі комплексу ознак:

✓ **Деякі побічні ознаки, до яких належать:**

*в) співвідношення товщини палісадної і губчатої паренхіми.* І. Сурож (1891) встановив, що відношення палісадної паренхіми до губчатої у світлолюбних порід вище, ніж у тіньовитривалих.

*г) розміри хлоропластів.* У світлолюбних порід розміри хлоропластів менші порівняно з тіньовитривалими.

Потреба деревних рослин у світлі має важливе практичне значення в лісівництві, зокрема за **штучного лісопоновлення та лісорозведення**. Тому визначенню ступеня світловибагливості приділяли увагу дослідники ще з кінця минулого століття.

Випробовували різні підходи до встановлення світловибагливості, в результаті склалися методи її визначення. Їх можна об'єднати в окремі групи.



До застосування суто **наукових підходів лісоводи** користувалися *візуальними спостереженнями* за зовнішніми ознаками лісових дерев:

- ✓ особливостями крони та густотою вкриття листям (густа – свідчила про тіньовитривалість, ажурна – про світловибагливість);
- ✓ особливостями пологу насадження (щільний – свідчив про тіньовитривалість і навпаки);
- ✓ очищенням стовбурів від сучків (у світлолюбних деревних видів воно відбувається швидше, у тіньовитривалих гілля довше залишається живим);
- ✓ наявністю та станом поновлення під пологом дорослих лісостанів (повільний ріст – у тіньовитривалих видів);
- ✓ швидкістю природного зрідження (у світлолюбних порід цей процес проходить активніше) та іншими.



У лісівничій науці відомо різноманіті методи оцінювання відношення деревних видів до світла.

Серед більш точних методів визначення **світловибагливості варто відмітити**

- ✓ **таксаційний метод Я.С. Медведєва**, запропонований у 80-ті роки ХІХ ст.
- ✓ **метод Турського і Нікольського**, що базується на затіненні сіянців сосни та ялини щитами
- ✓ **анатомічний метод Сурожа**
- ✓ **фотометричний метод Візнера**
- ✓ **фізіологічний метод Іванова та Косовича**



Кожен з названих методів має свої недоліки, однак вони дозволили скласти шкали світловибагливості деревних видів. В їх основу покладено різні науково-методичні підходи

**Метод М.К. Турського і його учня В. Нікольського** базується на принципі затінення сіянців сосни та ялини решітчастими щитами із дранки. Світловий потік регулювали різними за шириною проміжками між дранками. Була виявлена більша тіньовитривалість ялини, порівняно із сосною

Дослід проводили для встановлення доцільності притінення посівів у розсаднику, тому він не дав кількісної залежності для оцінювання ступеня тіньовитривалості, однак залишив слід у лісівництві. У подальшому цей метод був застосований лісівниками Австрії, Німеччини, Швейцарії. Зокрема, австрійський дослідник **Цизляр** (1904), використовуючи метод притінення, застосував більшу кількість варіантів та деревних видів.

Результати досліджень підтвердили, що із зростанням світлолюбності деревних видів дефіцит світла знижує продукування органічної маси. **Г.Ф. Морозов**, вивчаючи тіньовитривалість ялини, ялиці, сосни та модрини застосував для притінення марлю, складену в 1, 3 і 5 шарів. На підставі отриманих результатів було встановлено відмінності у тіньовитривалості досліджуваних деревних видів

**Аналітичний метод І. Сурожа (1891).**  
Лісівник І. Сурож вимірював розміри палісадної і губчатої паренхіми листків багатьох деревно-чагарникових видів.

На підставі проведених досліджень було сформовано послідовний ряд від найбільш тіньовитривалих (тис) до найбільш світлолюбних (сосна гірська).

Цей ряд загалом співпадав з іншими шкалами, однак мав суттєві відхилення, наприклад, сосна кедрова сибірська виявилась більш світлолюбною за березу.



**Фотометричний метод І. Візнера.** Австрійський дослідник І. Візнер (1907) встановлював кількісні показники тіньовитривалості різних деревних видів за відмінностями у ступені потемніння фотопаперу, розташованого у нижній частині крон різних деревних порід. Вивчає показник мінімального світлового забезпечення, за якого рослина ще може асимілювати. Величину такого забезпечення автор визначав за формулою:

$$L = i / j,$$

де  $L$  – відносне мінімальне світлове забезпечення;  $i$  – освітлення у точці, яка досліджується;  $j$  – повне освітлення (на відкритому місці).

У результаті проведених вимірювань світлових променів (фотопапір сприймав синьо-фіолетові промені) І. Візнер встановив для різних деревних видів відносний мінімум освітлення, за якого листя чи хвоя могли ще асимілювати: самшит – 1/100 (1 % від повного освітлення на відкритому місці), бук – 1/80, клен – 1/55, ялина – 1/36, дуб – 1/26, сосна – 1/11, береза – 1/9, ясен – 1/6 і модрина – 1/5.

Отриманий ряд відображає потребу деревних видів у світлі, від найбільш тіньовитривалого самшиту до найбільш світлолюбної модрина. Метод застосовували в Австрії, Німеччині, Швеції для встановлення мінімуму світлового забезпечення деревних рослин. Недоліком цього методу є те, що фотопапір уловлює переважно сині та фіолетові промені, а для фотосинтезу важливе значення має жовта і червона частини спектра. Збіднюючись на синьофіолетову частину спектра, підпологове освітлення збагачується на жовті, зелені та червоні промені.

**Л.О. Іванов** винайшов спеціальний прилад – **фотоактинометр**, який дає можливість враховувати необхідні для фотосинтезу промені.

Принцип дії приладу базується на встановленому **К.А. Тімірязєвим** збігу **фотосинтетично активних променів (ФАР)** з променями, які поглинає хлорофіл. Фотоактинометр **Л.О. Іванова** дозволяє вимірювати інтенсивність фотосинтетично активної радіації.



# Серед фізіологічних методів визначення потреби деревних видів у світлі слід відзначити метод **В.М. Любименка**.

За чутливістю до світла хлорофілоносного апарату різних деревних видів вчений визначав ступінь їх тіньовитривалості. Листя і хвоя, розташовані у пробірках, отримували різні дози світла, які регулювались величиною отвору з матовим склом у спеціальному ящику. **В.М. Любименко** встановив, що сосна почала засвоювати вуглекислоту за величини отвору, через який проникало світло, рівному  $49 \text{ см}^2$ , береза – за  $64$ , ялиця, липа, тис – за  $9$ , бук за  $4$ , а модрина і акація біла – за  $100 \text{ см}^2$ .

Суттєвим недоліком цього методу є те, що автор вивчав не цілі рослини, а лише половинки листків. До того ж використовували не природне освітлення, а світло від газової горілки, а вміст вуглекислого газу у пробірках був сильно завищений.

**На підставі проведених експериментів було отримано ряд важливих результатів:**

- ✓ у світлолюбних порід концентрація хлорофілу у хлоропластах нижча порівнянно з тіньовитривалими;
- ✓ хлорофілоносний апарат тіньовитривалих порід чутливіший;
- ✓ кількість хлорофілу змінюється в однієї породи залежно від умов;
- ✓ у молодих листків концентрація хлорофілу нижча, ніж у дорослих особин;
- ✓ у напрямку з півночі на південь у однієї і тієї ж породи концентрація хлорофілу збільшується, а світлолюбність зменшується.

Метод асиміляційних колб Л.О. Іванова і Н.Л. Косович дозволяє визначати інтенсивність фотосинтезу листя, гілок і надземної частини невеликих за розміром рослин у природному стані.



Проведено дослідження світлового та тіньового листя у різних за тіньовитривалістю видів за різної інтенсивності освітлення. Встановлено, що фотосинтез у листяних видів проходить активніше, ніж у хвойних. За балансом фотосинтезу і дихання тіньовитривалі деревні види за слабого освітлення значно відрізняються від світлолюбних, а саме цей баланс визначає можливість життя гілок у кроні за різного затінення.

# Вплив лісу на світло

- ✓ Ліс змінює кількість і якість освітлення.
- ✓ Під пологом інтенсивність світла зменшується у кілька разів.
- ✓ Важливо для росту підліску та підросту.



# Крони та зімкнутість

- ✓ Густота і форма крон визначають проникнення світла.
- ✓ Зімкнуті насадження — сильне затінення.
- ✓ Розімкнуті — більше розсіяного світла.



# Склад порід

- ✓ Хвойні ліси пропускають менше світла.
- ✓ Бук і ялиця — найгустіший полог.
- ✓ Дубняки та сосняки — більш світлі.



# Зміни спектра світла

- ✓ Ліс відфільтровує частину сонячного спектра.
- ✓ Під пологом більше червоно-оранжевих променів.
- ✓ Це впливає на фотосинтез і морфологію рослин.



✓ Дубові та соснові ліси – 15–30% світла.

✓ Ялинові й букові – 2–10%.

✓ Розсіяне світло – головне джерело фотосинтезу під пологом.



- ✓ Ліс суттєво змінює світловий режим.
- ✓ Це впливає на видовий склад і регенерацію.
- ✓ Регулювання світла – важливе завдання лісівництва.



**ВПЛИВ СВІТЛА НА ЛІСОВІ  
НАСАДЖЕННЯ.  
СВІТЛОВИЙ РЕЖИМ ПІД  
НАМЕТОМ ЛІСУ ТА ЙОГО  
РЕГУЛЮВАННЯ ЛІСІВНИЧИМИ  
ЗАХОДАМИ**

Ріст і формування молодого покоління лісу майже повною мірою визначається особливостями освітлення.

Від світла залежить процес листоутворення, гілкування крони і загалом визначається зовнішній вигляд дерев



Змикаючись в процесі росту і утворюючи полог, в лісовому угрупованні з'являється взаємне притінення дерев, що зумовлює відмирання частини гілок, а згодом і очищення від сучків нижньої частини стовбурів дерев.

За нерівномірного розміщення дерев, а значить і нерівномірного освітлення формується однобока крона, можливий ексцентриситет у формуванні стовбура, що знижує якість деревини.

Тому регулювання освітлення в лісостанах — найважливіший метод вирощування повнодеревних, добре очищених від сучків стовбурів.



Умови освітлення значно впливають на *формування лісових дерев, їх зовнішній вигляд, ріст і продуктивність*. Від тривалості та інтенсивності освітлення залежить фотосинтез рослин, в процесі якого утворюється 95–98 % *органічних речовин*. Зв'язок між фотосинтезом і продуктивністю органічної маси в загальному вигляді відобразив **Л.А. Іванов (1946)** наступною формулою

$$M + m = iPT - aP_iT_i,$$

де  $M$  – маса рослин;  $m$  – вага відмерлих частин;  $i$  – інтенсивність фотосинтезу;  $P$  – робоча поверхня листків;  $T$  – час роботи фотосинтезу;  $a$  – інтенсивність дихання;  $P_i$  – маса живих частин;  $T_i$  – час роботи дихання.

Можна зробити висновок, що для збільшення накопичення органічної маси потрібно збільшити першу частину або зменшити другу правої частини наведеного рівняння

**П.С. Погребняк (1968)** вважав, що максимальна продуктивність фотосинтезу, яка притаманна листопадним деревним видам помірного клімату, знаходиться у межах 5–10 мг CO<sub>2</sub> за годину в розрахунку на 1 дм<sup>2</sup> подвійної площі листя.

Оптимальною для більшості аборигенних видів вважається освітленість у межах 20–25 тис. люксів.

Інтенсивність фотосинтезу, тобто його продукція на одиницю маси листя, найвища у дерев 2 і 3 класів за Крафтом, тому що їх крони знаходяться в оптимальних умовах освітленості.

Вершини крон дерев 1 класу, які освітлюються найбільш інтенсивно, часто страждають від дефіциту вологи внаслідок посиленої транспірації, а це зменшує їх асиміляційну активність. Панівні дерева дають більше продукції фотосинтезу лише завдяки більшій масі асиміляційного апарату.



**Листяний індекс** – це відношення поверхні листя (хвої) до площі, яку займає насадження. Численні дослідження показали, що в лісових насадженнях індекс доцільно мати в межах 4. Подальше збільшення індексу не приводить до збільшення продуктивності фотосинтезу.



Продовжити термін дії фотосинтезу можливо через регулювання надходження **світла до пологів лісу**. Збільшення потоку світла може збільшити величину приросту органічної маси. Однак це явище не можна відносити лише до світла. Потрібно врахувати комплекс чинників, залишаючи провідне місце за світлом

У практичному лісівництві для досягнення підвищення якості лісостанів збільшення приросту деревини не допускають надмірної загущеності, формують таку структуру деревостанів, яка б найкраще використовувала ФАР для фотосинтезу. Тобто потрібно мати відповідну (оптимальну) кількість дерев на одиниці площі лісу з урахуванням ярусів, оптимальну площу листя, його просторову орієнтацію.



**Сонячне світло у лісі впливає** на утворення листя і хвої дерев, галуження, розміри і форму крони, форму стовбура та очищення його від сучків, зрідження насаджень, розкладання лісової підстилки, величину приросту і якість деревини, а також на якість насіння.

Світло також впливає на рясність плодоношення та якість насіння. Чим краще освітлена крона, тим вищий урожай насіння. Це враховують за створення насіннєвих ділянок, плантацій.

Ріст деревних видів в умовах лісового насадження залежить від ступеня затінення. За нерівномірного освітлення у дерев формуються однокі, прапороподібні крони та ексцентрична будова річних кілець, що негативно позначається на якості деревини.

Однобічне освітлення може зумовлювати згин стовбура у зв'язку з нахилом у напрямку світла. З тієї ж причини гілки затінених дерев займають горизонтальне положення: верхні утворюють із стовбуром гострий кут, а нижні – прямий. Гілки повалених і зігнутих дерев отримують нове положення (геліотропізм).

Затінені нижні гілки відмирають через дефіцит світла, внаслідок чого відбувається очищення стовбурів від сучків.

*Регулюючи освітленість рубками догляду, формують струнки, повнодеревні, високоякісні стовбури.*



Світло впливає і на плодоношення  
лісових дерев.

Добре освітлені, з розвинутими  
кронами деревами плодоносять значно  
краще, ніж затінені із слабо  
розвинутими кронами



Дерева 5 класу за Крафтом практично не дають насіння, а в дерев 4 класу плодоношення дуже слабке.

У різних частинах крони одного і того ж дерева **спостерігається** **неоднакове** **плодоношення**. Східна та південно-східна частини крони дають більше насіння, причому, вищої якості.

Однак, сильне освітлення негативно впливає на плодоношення. Зокрема, у найвищих дерев максимальна кількість шишок утворюється не у верхній, а в середній частині крони.



**Якість насіння** також змінюється залежно від складу світла і його інтенсивності.

Південна частина крони ялини дає вдвічі більше високоякісного насіння, ніж північна, причому це насіння має більшу вагу, вищу схожість і в 1,4 рази меншу тривалість періоду спокою.

У дерев на узліссях плодоношення настає швидше, ніж у зімкнутих насадженнях.

Штучне зрідження деревостанів використовують з метою підвищення урожаю насіння, особливо під час створення лісонасіннєвих плантацій.



**Світло** – це екологічний чинник, який найкраще вдається регулювати лісівничими заходами, наприклад, зрідженням деревостану рубками догляду.

Важливе значення має регулювання режиму освітлення рубками догляду у **змішаних молодняках**. Часто у складі молодняків на зрубках домінують небажані другорядні і підліскові деревні види, які пригнічують підріст господарсько-цінних видів і створюють загрозу витіснення їх з насадження. Це призводить до втрати часу і додаткових витрат на лісовідновлення.

У чистих **молодняках рубки догляду** необхідно проводити за надмірної густоти насадження, ознаками якої є значне перекривання крон сусідніх дерев та надмірне витягнення стовбурців. У таких умовах більшість дерев відчувають дефіцит світла та поживних речовин ґрунту через сильну внутрішньовидову конкуренцію, внаслідок чого уповільнюється ріст молодих особин.

**У жердняках спостерігається** гостра внутрішньовидова та міжвидова конкуренція, відбувається інтенсивна диференціація дерев та процес природного зріджування деревостанів.

**У світлолюбних порід** приріст у висоту досягає кульмінації, приріст за об'ємом збільшується і в деяких деревних порід також досягає максимуму. Значна кількість ослаблених дерев переходить у відпад. На цій стадії формування лісових насаджень головним завданням регулювання світлового режиму є забезпечення оптимальної густоти і зімкнутості дерев, при якій крони займають від 1/3 до 1/4 довжини стовбура.

При цьому створюються найбільш сприятливі умови для формування стовбурів і крон дерев, перебігу фотосинтезу та інших **важливих фізіологічних процесів**. Зімкнутість крон деревостану не слід знижувати нижче 0,7, оскільки це може негативно вплинути на хід росту у висоту та очищення стовбурів від сучків.

**У середньовікових насадженнях** старшого віку регулювання світлового режиму рубками догляду здійснюється з метою збільшення приросту по діаметру кращих дерев та поліпшення їх товарності.

Накопичення органічних речовин і енергії хімічних зв'язків у процесі фотосинтезу деревних рослин тісно пов'язане з активною діяльністю **фотосинтетичного апарату**, величину якого можна змінювати штучно, збільшуючи або зменшуючи доступ світла.

**Створення оптимального світлового режиму** обумовлює підвищення приросту деревини за рахунок кращого освітлення крон і посилення діяльності асиміляційного апарату. Посилення приросту відбувається і в результаті збільшення освітлення та пов'язаного з ним нагрівання стовбурів, здатного активізувати діяльність камбію

## **Значна густота деревостану призводить до**

- зменшення розмірів крон
- великої кількості пригнічених дерев
- зниження загальної продуктивності деревостанів

Для більшості деревних видів помірної зони оптимальному перебігу фотосинтезу відповідає зімкнутість крон 0,7–0,8 при ступінчастій будові пологу. **Після зрідження деревостану зростає**

- не лише інтенсивність освітлення
- зменшується коренева конкуренція за вологу та поживні речовини ґрунту.

Збільшення світлового потоку впливає на **тепловий режим під наметом лісу**. В результаті проведення рубок догляду температура ґрунту може підвищуватись до глибини 60 см. У свою чергу, це активізує **мікробіологічні процеси в ґрунті і лісовій підстилці**. При зрідженні деревостану на 7–8 % збільшується, також, кількість атмосферних опадів, що потрапляють на поверхню ґрунту. У більшості випадків це позитивно впливає на лісорослинні умови. **Н.П. Ремезов** встановив, що активізація мікробіологічних процесів у лісовій підстилці прискорює її розклад і збільшує вміст сполук азоту, фосфору, калію у верхніх шарах ґрунту.

При зрідженні деревостанів до повноти 0,6–0,5 і менше, спостерігається ефект **світлового приросту**. У цьому випадку річні кільця деревини збільшують свій розмір іноді у 5–10 разів. У зрілому віці деревостану це дозволяє стимулювати приріст по діаметру дерев, що залишаються для подальшого росту.

Однак, такі заходи потрібно проводити на тій стадії росту насадження, коли припиняється основний приріст дерев у висоту, тобто з настанням пристигаючого віку насаджень. При цьому потрібно забезпечити захист ґрунту від заселення небажаною рослинністю, головним чином, злаковою.

У процесі **регулювання приросту світловий фактор** відіграє основну роль. Однак потрібно враховувати, що у дерев є світлова і тіньова хвоя або листя, які неоднаково реагують на світловий потік.

Крім того, **прямо чи опосередковано світло впливає** як на кількісний приріст деревини, листя і хвої, так і на якісні параметри (будову річних кілець, хімічний склад листя і хвої тощо).

Збільшення частки пізньої деревини у річному прирості підвищує її фізико-механічні властивості.

**Зрідження пристигаючого або стиглого деревостану сприяє появі та формуванню підросту.** Створюючи вікна у полозі, отримують групи підросту різних видів. Для покращення росту створюють умови верхнього освітлення підросту шляхом поступового вилучення материнського деревостану.



На цьому принципі базуються деякі **системи рубок головного користування** (поступові рубки) і методи реконструкції насаджень. Меридіональний (північ-південь) або широтний (схід-захід) напрям рядів у культурах значно змінює світлові умови і навіть визначає у перші роки приріст цілих рядів. Широтний напрям на півночі перешкоджає росту деревних видів через взаємне затінення рядів і ґрунту.

Дослідження з вимірювання світла в лісі започаткував німецький вчений **Т. Гартіг в кінці XIX ст.** Встановлено, що світло, яке потрапляє у сферу впливу лісу, змінюється кількісно і якісно.

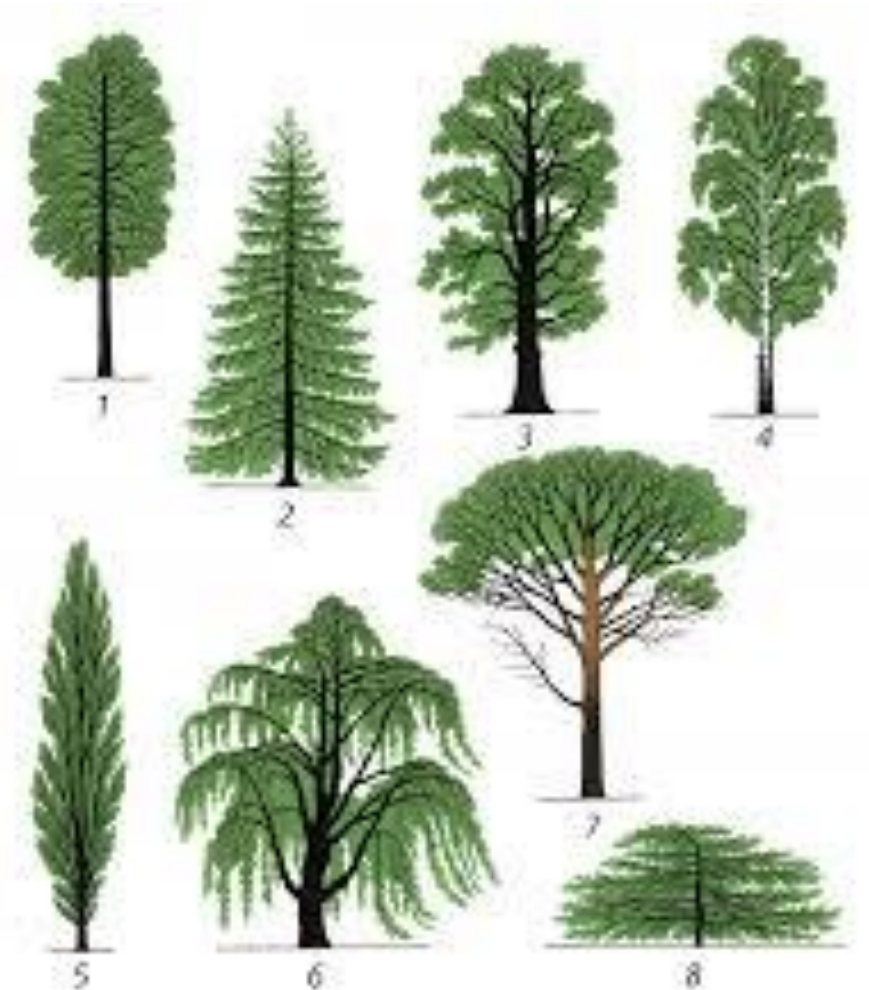
Частина **світлових променів** відбивається при потраплянні на поверхню намету деревостану, частина проходить через просвіти між кронами, листями і хвоєю в межах крони, а частина проникає крізь листя. Промені, які досягнули поверхні ґрунту, частково поглинаються, а частково відбиваються. Вони відбиваються, також, від поверхні стовбурів та бічної поверхні крони.

**Світловий режим у лісі** визначається переважно складом і формою деревостану, його віком, висотою, зімкнутістю, густотою та розташуванням дерев (рівномірним чи нерівномірним). Кількість світла, яке надходить до поверхні ґрунту, значно зменшується в зв'язку з наявністю другого ярусу деревостану та підліску.

Велике значення має **будова крон** – висота, ширина, ажурність, щільність, що в свою чергу залежить від деревного виду, віку дерев, їх зімкнутості, кліматичних та ґрунтово-гідрологічних умов.

Кількість світла під наметом деревостанів обумовлена порою року, особливо в листяному лісі.

В періоди, коли відсутнє листя, до поверхні ґрунту надходить значно більше світла, що впливає на біологію рослин надґрунтового покриву. Ряд рослин-ефемерів (анемона дібровна, підсніжник та ін.) цвіте ранньою весною, до розпускання листя на деревах.



Проникаючи під намет деревостану, **світло змінюється і якісно**. Г. Кнухель (1914) встановив, що світло, яке пройшло через крони дерев, збагачується жовтими і зеленими променями, а у вікнах намету зростає кількість блакитних променів.

**Склад світла** збіднений фотосинтетично активними променями. Так, на відкритому місці їх частка складає біля 50 %, у соснових деревостанах – 30 %, а в дубових молодняках – 10 %. Вища пропускна здатність характерна для хвойних видів, а листяні види відзначаються більшою вибірковістю стосовно пропускання певних променів.

**Найбільше листя** пропускає зелених променів, а у ранковий час – червоних.



1. Лісівництво: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 205 «Лісове господарство» / уклад. В.М. Хрик, І.В. Кімейчук. Біла Церква, 2021. 444 с.