

Олексій Василюк

**Як зміниться клімат,
якщо посадити
мільярд дерев?**



Громадська організація «Українська природоохоронна група»

Олексій Василюк

Як зміниться клімат, якщо посадити мільярд дерев?

Київ – Чернівці
Друк Арт, 2021

Василюк Олексій

В19 Як зміниться клімат, якщо посадити мільярд дерев? / Олексій Василюк. – Київ ; Чернівці : Друк Арт, 2021. – 40 с. – (Серія: «Conservation Biology in Ukraine». – Вип. 26)

ISBN 978-716-7849-94-9

Це видання містить огляд наукових аргументів про те, чому посадка дерев не в усіх випадках є корисним інструментом у справі протидії змінам клімату. Навпаки, часто рукотворні насадження можуть створювати цілий спектр екологічних факторів, які посилюють, поглиблюють та прискорюють глобальні зміни клімату. В цьому виданні ми будемо говорити про дуже вузьке коло питань: йтиметься лише про лісорозведення (тобто створення нових лісів) на місці інших природних екосистем, у тих лісорослинних умовах, де власне лісу не повинно було б бути, і лише про те, як це впливає на кліматичні процеси на нашій планеті.

Ми сподіваємось, що читачі, які на початку не мали альтернативної інформації про роль лісів у кліматичному процесі, серйозно сприймуть наукові аргументи і переосмислять свої погляди.

УДК 630*23

На обкладинці: лісонасадження 2011 року на території Луганської області (Фото: О. Василюк). На звороті обкладинки — природні праліси Біловезької Пущі (Фото: Frank Vassen, CC BY 2.0)

Видання підготовлене у рамках проекту «Preservation of steppes and meadows in Voznesensky and Veselinovsky districts of the Mykolaiv region», що реалізується в Україні громадською організацією «Українська природоохоронна група» за партнерської підтримки громадської організації «NESEHNUTÍ Brno» (Чеська Республіка) і програми TRANSITION Міністерства закордонних справ Чеської Республіки.



ЗМІСТ

Замість анотації	5
Про що це видання	6
Кліматична робота екосистем	7
Як ліс впливає на клімат, а клімат — на ліс	8
«Ліси — для клімату!»?	19
Критика «Мільярда дерев»	23
Клімат і мікроклімат: чи правильно ми розуміємо, за що дякувати лісам? ...	26
Кліматорегулюючі екосистемні послуги не-лісу	28
Висновки	37
Найважливіші процитовані джерела	38

За натхнення, допомогу у зборі важливих фактів та виважені позиції дякуємо Тимуру Бедернічеку, Соф'ї Садогурській, Іллі Смілянському, Любові Ільмінській, Олексію Бурковському, Тимуру Беркелієву, Олександрю Бубелі, Єгору Гринку.

Також дякуємо за надані фото Наталії Гамзіній, Oleh Horbey, Олексію Бурковському, Віктору Пархоменку, Сергію Панченку, Алевтині Пономарьовій, а також Валентині Веремко і Тетяні Пашковській за оригінальну графіку.

ЗАМІСТЬ АНОТАЦІЇ

Вже понад 40 років найпопулярнішим на планеті заходом, на якому зосереджують увагу уряди і активісти, коли заходить мова про подолання проблем зміни клімату та втрати біорізноманіття, є посадка дерев. Дійсно, роль лісових екосистем у формуванні глобального клімату важко переоцінити. Проте будь-яку гарну ідею можна спотворити до невпізнаності. Так, почавши з простої думки, що на місці вирубаних лісів варто саджати нові дерева, ідея розвинулась у гігантоманські міждержавні плани створення нових лісів там, де їм не місце.

Така необдуманна посадка дерев може мати серйозні несприятливі наслідки у різних регіонах і у багатьох аспектах. Найбільшими втрати будуть для біорізноманіття і клімату. Головна проблема, що призводить до більшості негативних наслідків, — це «сліпота» людства до більшості типів екосистем, крім власне лісу. Більшість жителів Землі вважають, буквально, що природа — це виключно ліс, а що не ліс — то «пустища». І тому мало в кого виникає думка про можливу шкідливість посадки дерев за рахунок інших екосистем.

Коли лісонасадження проводять у місцях, де ліс не є характерною екосистемою (наприклад, у степах або на торфовищах), екосистемам завдається непоправна шкода, порушуються процеси накопичення вуглецю, а відповідно — і регулювання клімату. При цьому рукотворна сукупність дерев не формує нових ефективних механізмів, що компенсували б ті кліматорегулюючі процеси в степах, луках або болотах, які зупинились у зв'язку з посадкою на цій території дерев. Найбільш значимим регуляційним процесом у контексті глобальних кліматичних змін є накопичення у екосистемах вуглецю, що вилучається рослинами з атмосфери під час їхнього росту, і завдяки іншим механізмам — утримується в екосистемах різних типів. Чим краще і стабільніше функціонує екосистема, тим більше вуглецю мігрує з атмосфери у різноманітні природні депо на земній поверхні або під нею. Проте руйнування трав'яних екосистем посадками рукотворних насаджень дерев не лише сповільнює процеси консервації сполук вуглецю, але й запускає часто незворотні процеси вивільнення його в атмосферу з тих природних сховищ, в яких він утримувався екосистемами вже протягом тисячоліть. Якщо говорити про лісорозведення на торфовищах — загалом виглядає подібно. Після дренажу території болота, торф контактує з повітрям і, аналогічно ґрунтам, швидко перетворюється з поглинача вуглецю на джерело його викидів. З іншого боку, заліснення у невідповідних місцях, наприклад, у вододефіцитних екосистемах, призводить до зменшення стоку річок, а також до зменшення підземних запасів води. Також заліснення знижує альбедо, збільшуючи частку сонячної енергії, що перетворюється на тепло. Ці та багато інших причин, включених у наш огляд, пояснюють, чому ефект від «сліпих» посадок нових штучних лісів може мати для клімату значно більше негативних наслідків, ніж позитивних.

Розв'язанням цієї проблеми має стати глобальне переосмислення цінності природних екосистем та заміна хибної і багато в чому популістської концепції **«посадки нових лісів для адаптації до змін клімату»** на нову концепцію: **«відновлення природних екосистем усіх типів для стабілізації клімату»**.

ПРО ЩО ЦЕ ВИДАННЯ

Годі уявити, яку неоднозначну реакцію може викликати ця брошура, адже вона є першим виданням в Україні, присвяченим тому, що посадка нових лісів за рахунок інших екосистем є діяльністю, що в більшості випадків поглиблює і прискорює глобальні зміни клімату. Звідусіль чуто: насадження лісів врятує планету від зміни клімату. Це можна почути від президентів, міністрів, посадових осіб ООН, лісівників, і часто — від деяких активістів, які не готові заглиблюватися у проблему. Але не від науковців. Їхня непопулярна думка якщо і не замовчується — то просто губиться у всесвітній ейфорії посадки нових «лісів».

Отож, це видання — своєрідний огляд наукових аргументів про те, чому посадка дерев **не в усіх випадках** є корисним інструментом у справі протидії змінам клімату. Навпаки, часто рукотворні насадження можуть створювати цілий спектр екологічних факторів, які посилюють, поглиблюють та прискорюють глобальні зміни клімату. В цьому виданні ми будемо говорити про дуже вузьке коло питань: йтиметься лише про лісорозведення (тобто створення нових лісів) на місці інших природних екосистем, у тих лісорослинних умовах¹, де власне лісу не повинно було б бути, і лише про те, як це впливає на кліматичні процеси на нашій планеті.

Ми сподіваємось, що читачі, які на початку не мали альтернативної інформації про роль лісів у кліматичному процесі, серйозно сприймуть наукові аргументи і переосмислять свої погляди.

Ми також будемо посилатись на численні наукові джерела, маловідомі в Україні. Перейшовши за посиланнями на них, ви зможете отримати значно більше інформації.

Це аналітичне видання, що спирається на наукові факти. Воно спростить зацікавленим читачам пошук змістовних наукових праць, і в разі необхідності — допоможе вивчити питання значно глибше.

¹ Лісорослинні умови — комплекс гідрологічних та ґрунтових чинників, які визначають умови росту і розвитку лісу (<https://cutt.ly/3Yl8Btl>).

КЛІМАТИЧНА РОБОТА ЕКОСИСТЕМ

Переважає більшість природних **екосистем**² (за винятком тих, що існують в умовах постійних ерозійних процесів³) має механізми депонування (накопичення) сполук вуглецю з атмосфери. Кожного дня, завдяки **первинній продуктивності**⁴ екосистем, кожна з них вилучає з атмосфери двоокис вуглецю (CO₂) та накопичує їх у вигляді органічної речовини (гумус, детрит, деревина, торф, сапропель, біомаса живих організмів) на поверхні землі або під водою. *Двоокис вуглецю є головним парниковим газом на планеті, тож вилучення його з атмосфери живими організмами є однією з найважливіших екосистемних послуг в історії біосфери, адже стабілізує клімат Землі* (зрозуміло, що відбувається й емісія вуглецю з боку екосистем, зокрема внаслідок дихання як рослин, так і тварин, але процес цей циклічний та збалансований). Щодня екосистеми планети зв'язують великий обсяг CO₂, з чим не зрівняється жодна технологічна альтернатива з тих, що винайдені людством на цей час.

Саме ця особливість є головною спільною рисою більшості природних екосистем нашої планети. Одним з наслідків функціонування екосистем є стабілізація клімату, і це не випадково. Стабільний клімат потрібен екосистемам для того, щоб на планеті були передбачувані умови температури і зволоження, а також для того, щоб сезони стабільно приходили на зміну один одному. На цьому будується більшість зв'язків між живими організмами — вони пристосовані до кліматичних умов, які природно формувалися на планеті мільйони років. Наприклад, рослини-ефемероїди, або як часто кажемо — первоцвіти, розквітають до того, як на деревах і кущах розкриється листя, але є комахи, які встигають їх запилити в цей ранньовесняний період. Більшість лісових птахів є комахоїдними і прилітають в середні широти виводити пташенят лише в ті місяці, коли комах, якими вони харчуються, — найбільше. І так з кожною твариною та кожною рослиною. В нашій частині планети все життя залежить від своєчасної зміни сезонів, а сезони, у свою чергу, залежать від стабільності клімату. Не менше від своєчасної зміни сезонів, стабільності та граничних показників клімату залежить і агровиробництво (всі сільськогосподарські рослини та свійські тварини

² Екосистема — сукупність різних видів організмів, що спільно проживають, та умов їхнього існування, що перебувають у закономірному взаємозв'язку один з одним, утворюють взаємно обумовлені біотичні та абіотичні явища і процеси. Такий динамічний комплекс угруповань рослин, тварин та мікроорганізмів, а також факторів навколишнього середовища взаємодіє як єдине функціональне ціле. З точки зору трофічних відносин будь-яка Е. має два компоненти: автотрофний та гетеротрофний. Е. здатна до самопідтримки та саморегулювання (Словник..., 2013).

³ Такими є відкриті пустелі, гірські осипи, кліфи та ділянки абразійних берегів.

⁴ Первинна продуктивність екосистеми — величина, що характеризує приріст кількості органічної речовини, утвореної за певний час автотрофними організмами (наприклад, зеленими рослинами або ціанобактеріями) з простих неорганічних компонентів. Оскільки джерелом вуглецю для автотрофних організмів служить, як правило, діоксид вуглецю CO₂ (вуглекислий газ), то первинну продукцію на сьогодні найчастіше оцінюють за кількістю вуглецю, пов'язаного за певний час наземною рослинністю або океанічним (озерним) фітопланктоном в розрахунку на одиницю площі (Field, 1998).

також є живими організмами, що мають або самі зростати у ґрунті, або харчуватись вирощеними на ґрунті кормами). І, нарешті, стабільність клімату залежить від кількості вуглецю в атмосфері.

Тож природні екосистеми і клімат дуже й дуже пов'язані.

ЯК ЛІС ВПЛИВАЄ НА КЛІМАТ, А КЛІМАТ – НА ЛІС

Лісові екосистеми екологічно пластичні і дуже різноманітні. Ліси широко поширені у багатьох регіонах планети: у середніх широтах, тропіках та екваторіальних зонах. Від мангрових заростей на мілководдях екваторіальних морів та у дельтах річок і до острівних лісів модрина Гмеліна (*Larix gmelinii*), що зустрічаються північніше Полярного кола (Поспелов и др., 2012). Крім того, ліси поширені і в гірських районах, де вони межують із субальпійськими та альпійськими луками на висотах до 2000–3500 метрів (найвище – 4100 метрів на горі Орісаба в Мексиці). Лімітуючими факторами поширення лісів на рівнинах виступає передусім кількість опадів (тобто зволоження), у гірських районах – розміщення так званої «снігової лінії», а також безпосередній вплив холоду і вітру, що зростає на значних висотах та у високих широтах. Є й інші фактори, що обмежують поширення лісів і напряду не пов'язані із локальними кліматичними та географічними умовами. До них можна віднести деякі катастрофічні явища: пожежі, що виникають внаслідок діяльності людини (випалювання лісів під посіви) чи через посухи, масштабні водопілля на річках тощо. Також поширення лісів обмежується впливом тварин або, зрештою, – і впливом людини. Проте ці фактори ми не розглядатимемо, оскільки у кожному окремому випадку вони мають індивідуальний характер і не підпадають під загальні «правила гри», характерні для кожної з кліматичних зон (у т.ч. висотної поясності в горах).

За звичайних умов, як і екосистеми інших типів, ліси здатні не лише адаптуватись до зовнішніх умов, а й певним чином формувати умови, сприятливіші для свого росту і розвитку. У випадку з лісами, накопичення сполук вуглецю відбувається у деревині і біомасі живих організмів. Природний ліс має декілька ярусів – від лісової підстилки і трав'янистого ярусу – до найвищих дерев, які формують перший ярус, що складається з домінуючих видів дерев певного лісового масиву. Проте відносно велика вологість у багатьох лісах, наприклад, у вологих тропічних лісах, сприяє активній роботі організмів-деструкторів, які розкладають гниючі рештки рослин та органічну речовину ґрунту. Тому у таких лісах не накопичується великий родючий шар ґрунту, адже тут він розкладається швидше, ніж встигає депонуватись. У лісах помірного кліматичного поясу ґрунти значно багатші, ніж у тропіках, але все одно органічної речовини в них набагато менше, ніж, наприклад, у степових екосистемах (де вуглець, зокрема, накопичується у вигляді гумусу в чорноземах). Водночас важливо, що в лісах деревина розкладається доволі повільно, а самі дерева живуть досить довго (наприклад, такий вид 1 ярусу, як дуб черешчатий, живе до 1500 років, буки – до 500 років, сосни та ялини – до 600 років, вільхи, ясени, клени – до 300 років). Це означає, що дерева можуть утримувати і продовжувати депонувати вуглець з атмосфери

протягом кількох століть, а після того, як життєвий шлях дерева скінчиться — ще протягом багатьох десятиліть зберігати вуглець у вигляді деревини, що буде повільно розкладатися (а поховані під водою, в болотах і вічній мерзлоті стовбури взагалі можуть зберігатись століттями). Та й навіть руйнування стовбурів дерев у лісі лише частково вивільняє вуглець назад у атмосферу. Чим більше у лісі мертвої деревини — тим більше і дереворуйнівних організмів (гриби, бактерії, личинки комах), а отже — більша біомаса лісу (а відповідно — і більша кількість органічного вуглецю). Тож одним з механізмів локальної стабілізації лісової екосистеми і водночас глобальної стабілізації клімату лісами є збільшення видового різноманіття і загальної біомаси всіх живих організмів лісу.

Проте ліси, що не пережили втручання людини (праліси) й характеризуються великою кількістю мертвої деревини і наявністю живих дерев різного віку, — велика рідкість в нашій частині планети. Наприклад, в Україні вони збереглись лише у віддалених частинах Карпат та дуже обмежених за площею ділянках у регіоні Полісся. До слова, найбільший буковий праліс Європи також міститься в Україні. Це — Угольсько-Широколужанський заповідний масив Карпатського біосферного заповідника. Ми називаємо такі ліси пралісами, адже умовно вважаємо, що це і є природні ліси, дивом збережені у первозданному вигляді до нашого часу.



Праліси Біловезької Пущі
(Фото: Frank Vassen, CC BY 2.0)



Праліси в Карпатах
(Фото: Т. Бедернічек)

Такі ліси дуже багаті на видове різноманіття і дуже стабільні. Їм властива багатоярусна, різновікова структура та наявність мертвої деревини. Вони можуть існувати тисячоліттями, підтримуючи себе, не помічаючи нетривалих коливань клімату (якщо клімат має коливання протягом кількох років — екосистема може себе підтримати, але в разі тривалих змін починається деградація). Однак багато людей не розуміють важливості збереження лісових екосистем з усіма їхніми компонентами. Для прикладу, часто аргументом лісівників проти збереження у лісі мертвої деревини є небезпека пожеж. Проте у природних лісах бореального і помірного поясів мертва деревина не є сухою деревиною, як ми звикли думати, а навпаки — є резервуаром вологи, яку утримує у мертвій деревині та товстому шарі моху. Велика кількість лісових мешканців — у тому числі молюски та земноводні, більшу частину року живуть в

лісах у мертвій деревині та детриті⁵. Тобто недостатність знань призводить до того, що люди сприймають роль складових екосистеми з точністю до навпаки (багато хто взагалі помилково вживає термін «сухе дерево» або «суха деревина», маючи на увазі «мертве дерево» або «мертва деревина»).

Варто визнати, що з кожного правила є винятки, і дійсно у світі є ліси, пристосовані до того щоб регулярно горіти. Так, у лісах субтропічного поясу та тропіків подекуди формуються пірогенні лісові екосистеми (наприклад, евкаліптові ліси в Австралії або секвойні ліси Північної Америки). В таких екосистемах обов'язковим фактором для їхнього розвитку є необхідність періодичних пожеж. Такі пожежі є чинником, який через пошкодження (скарифікацію) стимулює насіння низки видів проростати; звільняє простір для природного поновлення дерев першого ярусу і нарешті — прибирає надлишок органіки. У випадку з евкаліптами, вогонь розкриває коробочки з насінням та ліквідує види-конкуренти, формуючи власне евкаліптові ліси переважно порослого походження. Пожежі характерні здебільшого для рівнинних евкаліптових лісів, що зростають у посушливих умовах і через розріджену структуру 1-го ярусу формують дуже розріджений лісовий намет, тобто є досить сухим лісом. В таких умовах природні угруповання видів-деструкторів не встигають розкласти мертву деревину. Відповідно періодичні пожежі помірної інтенсивності — це і є природний механізм захисту від накопичення рослинних решток, що можуть бути причиною дійсно руйнівної для лісу пожежі. Саме жорсткий контроль за пожежною безпекою в евкаліптових лісах з боку уряду Австралії, що був відгуком на вимоги активістів⁶, а отже — тривале накопичення пожежонебезпечної органіки призвело до руйнівних пожеж у 2020 році (Gibbons 2012).



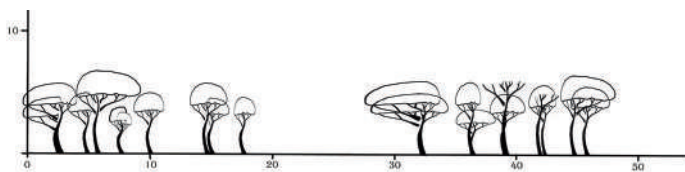
Пожежі в Австралії в умовах накопичення сухої деревини
(Фото: Clay Stephens, BLM, CC BY 2.0)

⁵ Варто згадати легенди про плямисту або «вогняну» саламандру (*Salamandra salamandra*), яка з'являється з вогню. У середньовіччі вважали, що поява цієї тварини з палаючого багаття символізувала вихід її з самого Пекла, і нещадно вбивали саламандр. В дійсності, більшу частину року саламандри мешкають у мертвій деревині, отримуючи в ній стабільний рівень вологи і достатню кількість здобичі — слимаків і червів, що також переховуються у вологих мертвих деревах (Писанец, 2007).

⁶ <https://cutt.ly/4YFE7Mk>

Повернімось до екосистем помірного клімату, в якому розміщена і Україна. У пралісах деревина вкрита щільним килимом мохів і має таку високу вологість, що в більшості випадків уявити загрозу виникнення пожеж важко⁷. Тут варто згадати також, що сучасні праліси збереглись переважно у досить зволжених регіонах (наприклад, в Україні – у Карпатах⁸ та Поліссі⁹). Волога мертва деревина є швидше запобіжником лісових пожеж, ніж загрозою їхнього виникнення. В гірських лісах мертва деревина додатково стає депо вологи і накопичує в собі значний обсяг води після атмосферних опадів, надовго залишаючи гірський ліс вологим.

Проте майже всі ліси на планеті – не праліси. Переважна більшість лісів – або переживала рубки в минулому, або взагалі є штучно створеними насадженнями. У випадках, коли насадження штучно створені у нелісових регіонах, вони, зазвичай, не формують повноцінної екосистеми. В основному це стається тому, що для таких насаджень, створюваних у екстремальних для лісу умовах, використовують чужорідні, наприклад, посухостійкі види. Дійсно, це дуже логічно, адже українські аборигенні види дерев, скажімо, бук, вільха, ясен і багато інших, не можуть вижити, наприклад, в балках Приазов'я, на Донецькому кряжі або пісках нижньої течії Дніпра. Але види, що є представниками значно більш посушливих регіонів, вижити в таких



Штучне насадження робінії на о. Бірючий та структура такого насадження (Фото та схема: С. Панченко)



Природний чорновільхово-ясеновий ліс у Спідшанському лісі (Сеймський РЛП) та його структура (Фото та схема: С. Панченко)

⁷ <https://cutt.ly/IYFRSR3>

⁸ Карта пралісів Карпатського регіону – <https://gis-wwf.com.ua/>

⁹ Карта пралісів Українського Полісся – <https://scgis.org.ua/app/oldforests/>

умовах можуть. Наприклад, у напівпустельних регіонах поширені: робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia*) — у Північній Америці, маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia*) — у Центральній Азії, айлант високий (*Ailanthus altissima*) — у Китаї. Вони також не бояться пожеж, адже походять з пірогенних екосистем. Такі види виживають, якщо їх висаджувати, наприклад, на півдні України. Але сформувати повноцінну екосистему вони не можуть, бо для цього потрібні були б тисячі інших видів, поширених в межах їхнього природного ареалу.

На межі екосистем утворюються перехідні зони — **екотони**¹⁰. Вони відомі як місця найбільшого видового багатства, адже на невеликій території можна зустріти одночасно види, що представляють обидві пограничні екосистеми, а також види, що використовують екотони, як «природні лінії» для міграцій. Водночас екотон, а вірніше — крайова зона кожної з екосистем — місце, що має велику кількість складних пристосувань для захисту екосистеми від несприятливих кліматичних факторів. Ліси особливо вразливі до кліматичних явищ, адже дерева високі і для підтримання їхнього життя потрібно достатньо вологи, щоб безперервно прокачувати її від коренів і до найвищих гілок. З іншого боку, природна висота дерев змушує їх потерпати від морозів та вітрів у гірських та північних широтах. Утім, вітровали у лісах не є рідкістю у будь-яких широтах.

Як вже було сказано вище, ліси потребують гарного зволоження. Для цього у лісах формується 1-й ярус із зімкнутими кронами та 2-й ярус нижчих дерев, що підтримує ці найвищі «колони» лісової екосистеми (Wohlleben, 2015). Навіть молоде штучне насадження вже у кількарічному віці змикає крони і утворює так званий **лісовий намет (полог лісу)**¹¹. Полог лісу утворює дійсно щось на зразок намету, купола, в якому крони утримують вологу і лісовий ґрунт не пересихає. Цікаво, що така функція є свого роду побічним ефектом, тому що кожен вид рослин бореться за існування і тягнеться до світла, тож в результаті не лишається «вільних місць» і ліс перетворюється на цілісний зелений купол. По периметру лісового масиву і галявин, утворених всередині нього, формується узлісся. Саме по ньому ми впізнаємо ліс здалеку, як зелену «шапку» на земній поверхні. Узлісся утворене опущеними гілками крайових дерев першого ярусу та багатьма іншими деревами, кущами та травами, що ховають від вітрів стовбури дерев, формуючи своєрідний «трамплін», по якому вітер не тисне на ліс як на високу перешкоду на своєму шляху, а плавно переходить через нього, так само як переходить, наприклад, через пагорб.

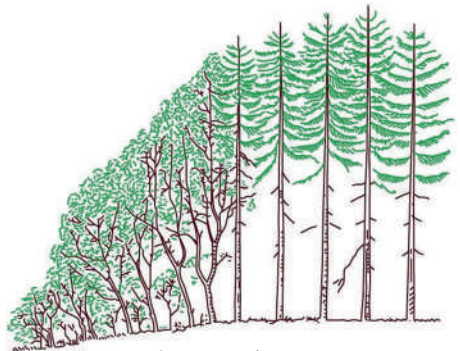


Схема узлісся
(Графіка: Валентина Веремко)

¹⁰ Екотон — перехід між двома і більше різними угрупованнями, наприклад, між лісом і лугом. Це прикордонна зона або зона «напруги», яка може мати значну лінійну протяжність, але завжди буває вузкою від територій самих сусідніх угруповань (Одум, 1975).

¹¹ Лісовий намет або полог лісу — складний «пазл» крон дерев однакової висоти, що повністю змикається між собою.

Пригадайте прогулянку лісом — вітер завжди шумить високо в кронах і гойдає зазвичай лише їх з самого верху. Лісам така властивість узлісь потрібна для того, щоб саме «тіло» лісового масиву не продувалося, адже якщо вітер проходитиме крізь ліс — він швидко видує з нього вологу, висушить лісовий ґрунт, що створить для дерев неприпустимий дефіцит вологи та може призвести до фатальних наслідків. Крім того, узлісся має й інші важливі для лісової екосистеми властивості. Наприклад, порівняно з центральною частиною лісового масиву — густе і затінене. У умовах такого затінення переважна більшість



Узлісся листяного лісу
(Фото: Andrew Smith, CC BY-SA 2.0)



Навіть найменші острівні лісові масиви утворюють повноцінне узлісся для захисту мікроклімату всередині масиву (Джерело: <https://cutt.ly/LYuULgk>)

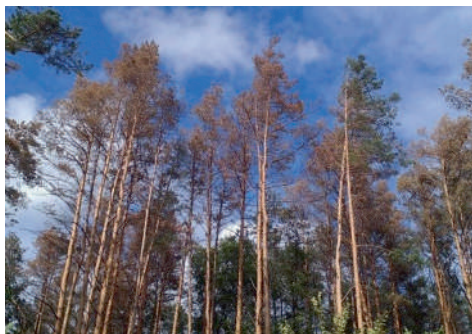
рослин не здатна рости. Тож узлісся також стоїть на сторожі своєї екосистеми, не пускаючи до неї чужинців. За рахунок узлісся відбувається і наступ лісів на інші екосистеми. Окрім затінення, тут також має значення і зміна деревами хімічного складу ґрунту, що є одним з найбільш потужних інструментів споконвічної боротьби екосистем за виживання серед конкурентів.

Для підтримання життя дерев у лісі дуже важливо, щоб поверхня ґрунту не пересихала і не перегрівалась. Через порівняно неглибокий шар родючого ґрунту, **мікоризні взаємовідносини з грибами**¹²

та доступ до вологи (передусім атмосферного походження або акумульованої пологом лісу), у багатьох дерев корені розміщені біля самої поверхні ґрунту. У горах це також викликано тим, що подекуди у дерев взагалі відсутня можливість глибокого проникнення коренів. Тому поява в лісових масивах «прогалин» автоматично оголює стовбури дерев і робить поверхню ґрунту доступною сонячним променям. Прогрітий сонцем ґрунт краще просихає і для дерев виникає дефіцит вологи. Найлегше це можна побачити в місцях, де відбуваються суцільні рубки лісів. По краях лісових масивів, які утворені не узліссям, а межею, по яку були вирубані дерева на сусідній ділянці, дерева починають хворіти і всихати. Особливо добре це видно у соснових **монокультурах** — штучних лісових насадженнях, утворених одним видом дерев. На-

¹² Мікориза — симбіотичне співжиття гриба з рослиною. Зазвичай таке співжиття реалізується через корінь, але в деяких випадках мікориза утворюється і з іншими частинами рослини. У мікоризній взаємодії міцелій гриба колонізує корені чи інші органи рослини-хазяїна внутрішньо- або зовнішньоклітинно (Kamieński, 1882).

приклад, сосни по периметру вирубок починають масово вражатись шкідниками і всихати. Те саме стається в місцях інтенсивних вибіркового та інших рубок, що оголюють лісовий ґрунт для сонячних променів. Дерев всихають і знову є потреба робити санітарну рубку. Так кілька циклів і ось вже призначена **лісовідновна рубка** – тобто повне вирубання існуючих дерев як занадто розріджених, для того щоб посадити новий ліс.



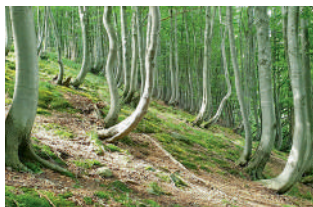
Всихання соснових лісів по периметру галявин, утворених внаслідок інтенсивних рубок (Джерело: <https://cutt.ly/kYUSeP9>)

Звісно, деревам потрібне світло, як і всім рослинам. Проте мозаїка крон дерев 1-го та 2-го ярусів розташована так, щоб максимально використати все доступне світло для фотосинтезу і не допустити надмірне прогрівання ґрунту. Залежно від **ажурності** крон дерев 1-го ярусу, формується 2-й ярус, яруси кущів і трав. Чим більше світла проникає крізь найвищі дерева, тим більше інших видів приходять на допомогу деревам, щоб захистити ґрунт від прямих сонячних променів і водночас забезпечити себе можливістю ефективного фотосинтезу. Завдяки цьому явищу формується велика кількість різноманітних типів лісових біотопів (екосистем).

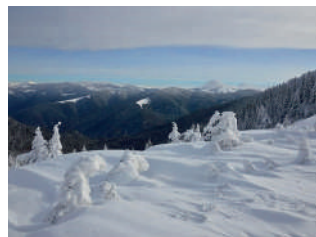
У природних умовах можна побачити і ліси без чітко вираженого узлісся. Таке стається у місцях, де лісові екосистеми ведуть активний наступ на сусідів, або ж там, де триває їхня нерівна боротьба з екстремальними погодними умовами. Наприклад, у високогірних районах формується **криволісся** – зона, в якій всі дерева деформовані внаслідок постійних сильних вітрів, снігових мас та фірну¹³, що сповзають з відкритих гірських схилів, розміщених вище лісового поясу. Деякі дерева здатні рости ще вище, але їхня висота обмежена вагою кухти (намерзлого снігу та криги під час зимових завірюх), адже високі дерева під вагою намерзлої взимку криги ламаються.



Букове криволісся у Карпатах (Гора Кременець, Ужанський НПП; фото: Oleh Horbey)



Смуга лісу нижче криволісся (приполюнний ліс), також переживає вплив сповзаючих мас снігу (Фото: Наталія Гамзіна)



Кухта на високогірних смереках (Фото: BioDasha, CC BY-SA 4.0)

¹³ Фірн – перехідна стадія між снігом і льодовиковим льодом, утворюється в гірських областях, розташованих вище снігової лінії. Сніг перетворюється у фірн під дією сонячної радіації, відлиг, у результаті перекристалізації й сублімації водяної пари внаслідок неодноразового підтавання і наступного замерзання снігу під тиском шарів, що лежать вище (<https://cutt.ly/xYDnvlP>)



Верхня межа лісу у Карпатах (Фото: Павло Мокрицький, CC BY-SA 3.0)

Тож ліси мають певні **екологічні межі**, поза якими вони не можуть стабільно підтримувати себе. Є певні винятки і про них варто сказати.

По-перше, існують штучні насадження, створені людиною, і за певних обставин вони можуть виживати навіть протягом кількох десятиліть, проте зазвичай не здатні до природного поновлення і не утворюють повноцінну екосистему. Цьому також сприяє те, що більшість нових штучних насаджень, наприклад, в Україні, створюються з використанням чужорідних видів дерев (**інтродуцентів**¹⁴). Це робиться з метою підбору видів з певними показниками якості деревини, швидкості росту або ж найчастіше — здатності вижити в регіонах, де не можуть рости українські **аборигенні** види дерев. Ще однією причиною вибору інтродуцентів є їхня висока стійкість до шкідників і хвороб за межею природного ареалу поширення. Створюючи насадження з посухостійких видів дерев або стійких до певних видів комах, лісівники вважають, що розширюють екологічні межі лісів. Проте навіть якщо дерева і виживають протягом певного часу, вони однаково не виконують багатьох характерних для лісової екосистеми функцій, зокрема кліматорегулюючих. Звісно, такі насадження утворюють тінь і прохолоду, екранують населені пункти від потужних вітрів і загалом формують мікроклімат, сприятливий для місцевих жителів. Але саме це ми можемо помилково сприйняти як кліматичну роль лісів і вирішити, що подібні штучні лісонасадження також позитивно впливають на клімат, у чому ми сильно помилились. Про це йтиметься дещо далі детальніше.

Цікаве явище можна спостерігати на півдні України, де один з найбільш поширених видів у штучних насадженнях — інтродуцент робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.), яку ми звикли називати «білою акацією». В північних і західних регіонах України цей вид має вигляд високих дерев і навіть може утворювати насадження, в яких він займає 1-й ярус (щоправда, через особливості цього виду, під його пологом

¹⁴ Інтродуценти (інтродуковані, чужорідні, адвентивні або алохтонні види) — види живих організмів, що перебувають у невластивих їм екосистемах, зокрема за межами своїх природних ареалів. Частіше за все термін вживається для видів, що навмисно або випадково завезені на нове місце в результаті людської діяльності. Часто інтродуковані види здатні істотно змінити екосистему регіону і стають причиною значного скорочення або навіть вимирання окремих видів місцевої флори і фауни (Словник..., 2013).



Поширення робінії вегетативним способом (Фото: О. Бурковський)



Заростання степових балок маслинкою (Фото: О. Бурковський)

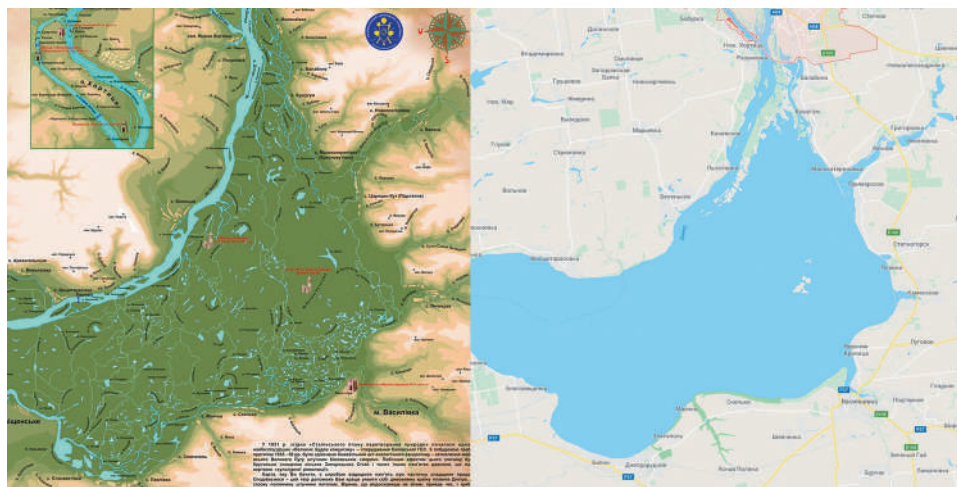
не ростуть майже ніякі українські види, тому часто акацієві насадження мають лише 1-й ярус і зовсім позбавлені підліску (тут йдеться саме про лісові насадження, а не про полезахисні лісосмуги, в яких формується узлісся і створює враження повноярусної структури). У посушливих степових районах в результаті пожеж робінія швидко поширюється за рахунок молодих пагонів у разі відмирання стовбура. Через згадані вище особливості під такими заростями не зростають аборигенні рослини українського Півдня. Не цікаві вони і місцевій фауні. Через цю ж обставину робінія ефективно захоплює нові території, розповзаючись подібно раковій пухлині по поверхні землі й ефективно заповнюючи собою природні екосистеми (наприклад, степові балки), від чого зникає майже 100 % їхнього аборигенного біорізноманіття. Це відбувається дуже швидко, адже робінія більше не витрачає час на створення міцного, характерного для цього виду високого стовбура, а також не потребує заощадження ресурсів на цвітіння і формування насіння.

По-друге, маємо визнати, що поряд із характерними для кліматичних зон **зональними**¹⁵ екосистемами існують інтразональні екосистеми – такі, що загалом не характерні для клімату конкретного регіону, але водночас такі, що формуються у специфічних ландшафтних або мікрокліматичних умовах. Наприклад, який би не був посушливий клімат у Степовій зоні, але в ній однаково розміщено велику кількість річок, що формують плавні (зокрема, у Приазов'ї), або такі, які щороку переживають

¹⁵ Зональність – загальна закономірність поширення природних процесів і явищ на поверхні Землі. Основна причина зональності – сферіодальність Землі та її положення відносно Сонця, що зумовлює величину кута падіння сонячних променів на земну поверхню та інтенсивність сонячної радіації (збільшується від високих широт до низьких). Саме нахил земної осі до площини екліптики (66,5°) зумовлює неоднакове надходження сонячної енергії за сезонами, що ускладнює зональний розподіл тепла і посилює зональні контрасти. Добове обертання Землі спричиняє відхилення повітряних мас у Північній півкулі вправо, а у Південній – вліво, що також змінює структуру зональності. Ці фактори створюють поясно-зональні відмінності клімату, поверхневого стоку, ґрунтів, рослинності, тварин. світу, продуктивності с.-г. культур, умов життєдіяльності людей (Олійник та ін., 2008). Домінуючі (найбільш характерні) типи екосистем кожної з зон називають зональними.

справжні водопілля і протягом значної частини року зберігають зволожену заплаву. Все це ніяк не відмінняє суворий степовий клімат, але саме вздовж русла таких річок формуються екосистеми, так би мовити, дещо несподівані для загального тла природних умов регіону. Це стосується і лісів, які все ж можуть за певних **інтразональних**¹⁶ умов зростати у Степовій зоні (це стосується лише таких інтразональних умов, і такі специфічні ліси дійсно є природними, характерними тільки для Степової зони). В минулому найбільший ліс цього регіону розміщувався на місці сучасного каскаду дніпровських водосховищ і щороку затоплювався під час розливу Дніпра. Колись цей ліс мав назву «Великий Луг». Ми не помиляємось. Саме «Великий Луг». Давно слово «**луг**» означало затоплений під час водопілля ліс, а «**луки**» або «**лук**» – затоплену водопіллям рівнину із трав'янистою рослинністю. Тепер ці суперпродуктивні екосистеми поховані під водою і у Степовій зоні залишились лише **байрачні ліси**¹⁷.

Байрачний ліс – це не будь-який ліс у Степовій зоні, як думають лісівники. Такі ліси можна побачити лише там, де земна поверхня розрізана глибокими ярами. Нерідко яроутворення викликане водною ерозією і у частині глибоких ярів можуть існувати принаймні тимчасові водотоки. Саме у таких місцях утворюються природні байрачні ліси (Бородавка, 2009, 2015). Дерева тут зростають лише на вологому, не доступному сонцю дні яру (**тальвезі**¹⁸) та на його крутих схилах. Крони такого



Колишні ліси (Великий Луг) на місці сучасного Каховського водосховища
(Джерело: <https://cutt.ly/nYTPR8J>)

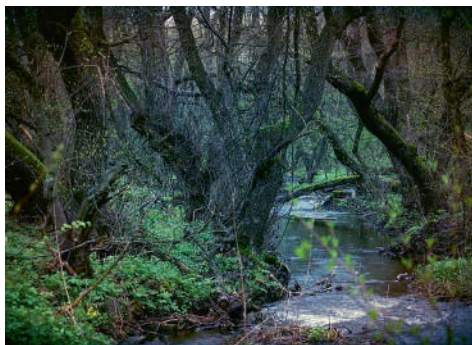
¹⁶ Інтразональність – фрагментарне поширення певних ландшафтів або їхніх компонентів у суміжних ландшафтних зонах. Зумовлюється місцевими причинами, зокрема наявністю специфічних умов зволоження, не характерних для цієї кліматичної зони загалом (Исаченко, 1990).

¹⁷ Байрачні ліси – широколистяні ліси, що ростуть по верхів'ях і схилах балок. Формуються переважно в лісостепових і степових районах центру Східно-Європейської рівнини. Особливо поширені на горбистих територіях (Середньоруська височина, Приволзька височина, Донецький кряж).

¹⁸ Тальвег – дно долини, балки.

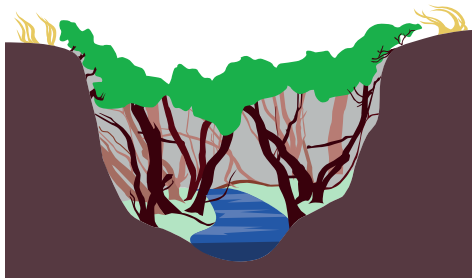


Найвідоміший байрачний ліс Донецького
кряжа – урочище «Провалля»
(Джерело: <https://cutt.ly/9YuDwYX>)



Байрачний ліс на Луганщині, заказник
«Нагольний кряж» (Фото: Алевтина
Пономарьова, CC BY-SA 4.0)

байрачного лісу змикаються і підіймаються не вище ніж розсічена яром земна поверхня. В результаті дерева утворюють свого роду «дах» над яром, під яким добре зберігається волога і навіть можуть текти повноводні річки, хоча, здавалось би, уявити повноводну річку, наприклад, у центрі Донецького кряжа – неможливо. При цьому потужні вітри – дуже сухі влітку і дуже холодні взимку, не загрожують деревам байрачного лісу, адже він розміщений нижче рівня землі, над яким дме вітер. А крім того, взимку до яру/лісу надувається неймовірна кількість снігу, яка подекуди може повністю заповнити яр, засипавши дерева до верхівок крон. В таких лісах також дуже успішно накопичується мертва деревина, тим більше в зимову пору дерева нерідко падають зі стінок яру через його ерозійну нестабільність і накопичуються всередині байрачного лісу. Звісно, таких дивовижних природних явищ неможливо утворити штучним чином, наприклад, висаджуючи сосну кримську на степових схилах уздовж річок або між полями.



Структура байрачного лісу
(Графіка: Валентина Веремко)

Враховуючи те, як багато часу потрібно молодим деревам, щоб створити повноцінну лісову екосистему, поновити екологічну роль наново створеного лісу можна буде лише через багато десятиліть. Адже весь набір **екологічних ніш**¹⁹ у новому лісі сформується, лише коли на території одночасно перебувають дерева всього вікового спектра: від молодих проростків і до старих полеглих велетнів. Крім того, природним лісам властива й відмінна від штучних насаджень просторова структура – багатору-

¹⁹ Екологічна ніша – це умови життя в межах екосистеми, які найкраще відповідають вимогам виду або популяції до умов оточуючого середовища. Е.н. характеризує ступінь біологічної спеціалізації виду. Кожна Е.н. зайнята переважно одним видом, проте кожен вид залежно від етапів онтогенезу може займати різні Е.н. (Словник..., 2013).

сність, а також різний видовий (породний) склад. Тому далеко не факт, що всюди, де нині люди намагаються відновити ліси, — це взагалі вийде. І це стосується не лише посадки лісів там, де їх раніше не було, а й місць, де ліси відновлюють на місці рубок або катастроф.

Зміни звичних кліматичних умов у бік **аридизації**²⁰, тобто посушливості та підвищення температур, проявляють найбільш ризиковану рису лісових екосистем: вони найвразливіші до дії вогню. Останніми роками лісові пожежі у помірних і екваторіальних широтах планети набули такого катастрофічного характеру, що можна сміливо стверджувати: звичний нам з початку голоцену клімат почав змінюватись і вже ніколи не буде таким, в якому сформувались всі сучасні екосистеми, а також людина розумна як вид. Найбільш радикальні дослідники називають цей новий період «епохою вогню»²¹ і включно з найвідомішим популяризатором ідей охорони природи нашого часу — Сером Девідом Аттенборо прогнозують значне збільшення кількості пожеж у природних ландшафтах²².

Очевидно, що найбільше в таких умовах постраждають ліси, адже саме цей тип екосистем тримає майже всю свою біомасу над поверхнею землі і потребує найбільш тривалого часу для дозрівання основних складових екосистеми — дерев. *Тож ліс згорає найшвидше, а відновлюється найдовше.* Як буде пояснено далі — саме через це ліси в катастрофічних умовах (а також під час планових рубок) швидше, ніж будь-яка інша екосистема, перестають бути сховищем вуглецю і під час згорання у лічені хвилини стають надпотужним джерелом викидів в атмосферу накопиченого за десятиліття або навіть століття. *Тож з точки зору впливу на баланс вуглецю — саме ліси є важливим, але одночасно дуже ризикованим засобом зменшення концентрації цього елементу в атмосфері.*

«ЛІСИ — ДЛЯ КЛІМАТУ!»?

Перш ніж почати критикувати, спробуємо пояснити логіку світової «манії» з висаджування нових лісів.

Екосистемні послуги. Для початку варто освіжити у пам'яті, що таке **екосистемні послуги**²³ і яким чином ми ними послуговуємось. Від них залежить задоволення фундаментальних потреб людини в середовищі існування й продуктах харчування, а отже, від них прямо залежить наше життя. Усі екосистемні послуги безкоштовні, оскільки люди не оплачують їх використання або споживання. Втім, з іншого боку, вони безцінні — достатньо буде спробувати назвати умовну вартість здоров'я і довголіття, скільки б кожен з нас був готовий заплатити за довгі роки життя без хвороб?

²⁰ Аридизація — комплекс процесів зменшення ступеня зволоженості територій та викликаного цим скорочення біологічної продуктивності екосистем (Словник..., 2013).

²¹ <https://cutt.ly/6YrZS1j>

²² <https://cutt.ly/dYuG2WS>

²³ Екосистемні послуги — це всі корисні блага, ресурси та вигоди, які людина може отримати від природи (Василюк, Ільмінська, 2020).

Багато цивілізацій минулого припинили існування через екологічні причини: зникли після того, як зробили місце, в якому мешкали, — непридатним для життя. Природа деградувала й перестала забезпечувати добробут людей, і блискучі успіхи в архітектурі, науці та державотворенні колишніх цивілізацій обернулись спустошенням і руїнами. Цивілізації майя, ацтеків у Центральній Америці; анасазі — у Північній Америці та цивілізація Родючого Півмісяця спровокували масштабну ерозію ґрунтів і втратили можливість вирощувати продукти харчування, цивілізації островів Піктерн, Хендерсон у Полінезії і найвідоміший з усіх «невах» — народ острова Пасхи, — знищили всі ліси і деградували, не маючи матеріалу для човнів, важливих для добування їжі у морі (Diamond, 2005). Перелік можна продовжувати.



Типовий ландшафт острова Пасхи
(Фото: Bjørn Christian Tørrissen, CC BY-SA 3.0)

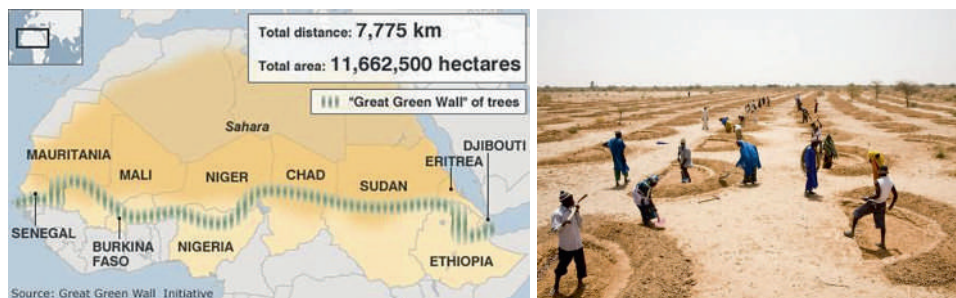
Відомо дуже багато різновидів екосистемних послуг (Василюк, Ільмінська, 2020), частина з яких залежить від лісових екосистем і має прямий зв'язок з кліматом або мікрокліматом. Насамперед це так звані послуги регулювання та підтримання екосистем. До таких екосистемних послуг належить усе різноманіття процесів у екосистемах, які формують середовище існування біологічних видів, зокрема людини. Це виділення кисню, регуляція клімату, погодних умов, формування мікроклімату, якість повітря, якість і кількість прісної води, формування ґрунтів, запилення рослин та велика кількість процесів, які умовно можна назвати «природним балансом». Також до послуг підтримання екосистем відносять глобальні процеси формування атмосфери, кліматичних зон, колообіг речовин у природі. Цікаво, що глобальні процеси на земній поверхні й в атмосфері формують екосистеми, але й екосистеми стають частиною глобальних процесів, забезпечуючи планетарні біохімічні цикли, накопичуючи масу органічної речовини.

Користування більшістю з екосистемних послуг є несвідомим, адже ми просто живемо в довкіллі, яке завдяки природним екосистемам придатне для нашого існування. Натомість саме такі послуги відчуються нами тоді, коли вже втрачені.

У західних державах екосистемні послуги вже давно є частиною економіки і важливим аргументом при прийнятті рішень. Також, на рівні держав, зокрема міждержавному рівні, приймаються рішення про певні дії, кошти і навіть відмову від тих чи інших речей, відштовхуючись від яких, держави будують великі далекоглядні плани. Так вийшло і з посадкою лісів.

Хто придумав бренд про «Мільярд дерев»? Ініціатива посадки великих площ нових лісів, звісно, походить не з України і має більш масштабний розмах, ніж можна

собі уявити²⁴. Перша така ініціатива, до речі, саме під назвою «Мільярд дерев» була започаткована ООН (в рамках програми з навколишнього середовища (ЮНЕП) 1977 року в Африці. Тоді місцевий рух «Зелений пояс» зміг висадити у кількох державах понад 30 мільйонів дерев²⁵. Кампанію ініціювала нобелівська лауреатка з Кенії Вангарі Мута Маатаї (1940–2011), що була засновником «Зеленого поясу» і у 2009 році стала посланцем миру ООН саме з питань зміни клімату²⁶. Початково заявлялось, що ця смуга «Зеленого поясу» простягнеться від Сенегалу до Джибуті (тобто від Атлантичного океану до Червоного моря), буде мати ширину близько 15 км, довжину 7775 км і зупинить поширення пустелі Сахара на південь. У проєкті беруть участь 11 африканських держав²⁷. «Рух зелених поясів» також за цей час розвинувся і переорієнтував свою роботу з посадки амбітного лісового бар'єра на екосистемний підхід і збереження водних ресурсів у басейнах річок²⁸, а також на соціальні та гендерні проєкти²⁹. Проте наміри створення «Зеленого поясу» проголошуються державами і до цього часу³⁰ й підтримується програмами ООН³¹.



Будівництво «Зеленого поясу» в Африці (Джерело: <https://cutt.ly/IYuLMMb>)

²⁴ Тут ми не розглядаємо програми зі створення полезахисних лісових смуг, що мають значно давнішу історію. Вперше такі лісосмуги були винайдені дослідником природи Степової зони Євразії В.В. Докучаєвим під час стаціонарних досліджень (в т.ч. на території України) у 1892–1898 роках, завданням яких було зупинити прогресуючу вітрову ерозію південної частини сучасної України та європейської частини Росії (Докучаєв, 1892, 1893-6). В подальшому дослідження Докучаєва розвинулись в агролісомеліорацію як окрему галузь науки. Проте задум такої технології полягає у складному технологічному проектуванні лісосмуг, кумулятивний ефект яких призводить до зменшення масштабів вітрової ерозії на полях. Реальне створення лісосмуг було розпочате з 1930-х років. Паралельно цьому ідея полезахисних лісосмуг як інструменту боротьби з пиловими бурями на полях посушливих регіонів розвивалась у 1930-х у США під назвою «захисний ліс». До 1942 року було висаджено 30 233 захисні смуги, які містили 220 мільйонів дерев і займали 18 600 квадратних миль (48 000 км²) (Fighting..., 1934; Hurt, 2009). Між іншим, ще тоді для створення «захисного лісу» використовували види-інтродуценти (<https://cutt.ly/DYzxoha>).

²⁵ <https://cutt.ly/DYuJcJk>

²⁶ <https://cutt.ly/QYuJ5CK>

²⁷ <https://cutt.ly/xYuLZSK>

²⁸ <https://cutt.ly/sYDmcoX>

²⁹ <https://cutt.ly/oYDmOUU>

³⁰ <https://cutt.ly/OYFT6rr>

³¹ <https://cutt.ly/9YFYlpB>

Ще більш масштабну ініціативу анонсував Китай, назвавши її «Великий зелений мур». Цей проєкт має зупинити пилові буревії з пустелі Гобі та запобігти опустелюванню північних районів Китаю. Кожного року пустеля відбирає у Китаю 1300 км² корисної території. Від цього вже постраждало 400 мільйонів людей³². Зведення «зеленої стіни» почалося з 1954 року і продовжуватиметься аж до 2050 року. При цьому буде озеленено 350 000 км² площі країни, що приблизно еквівалентно площі Німеччини³³. Довжина «муру» — понад 4500 км, ширина — близько 100 км³⁴. Планується, що дерева затримуватимуть рух вітру та піску, а коріння — покращуватиме структуру ґрунту та перешкоджатиме ерозії. У таких умовах для рослин важливе швидке зростання та стійкість до піщаних буревіїв — і це при тому, що середньорічний рівень опадів у цих регіонах становить лише 100–200 мм (для порівняння — це вдвічі менше, ніж у найпосушливіших ділянках Херсонщини в Україні). У проєкті задіяно весь китайський народ: згідно із законом, кожен громадянин Китаю від 11 до 60 років зобов'язаний посадити протягом року від трьох до п'яти дерев або сплатити відповідний податок³⁵.



Схема «Великого зеленого муру»
згідно з планами Китаю (Джерело:
<https://cutt.ly/9YuZdek>)



Насадження «Великого зеленого муру»
(Джерело: <https://cutt.ly/cYuZq33>)

У 2003 р. Китай пішов ще далі й розпочав структурну реформу підприємств лісової промисловості. У результаті реформи залісені в рамках програми райони були передані селянам, які мали права власності на землю (схоже, їхню думку щодо згоди на залісення приватних земель ніхто не питав), і тепер китайський селянин вважається власником дерев на своїй ділянці.

ООН почали позиціонувати «Мільярд дерев» як свою ініціативу з 2006 року^{36,37}, як відповідь на виклики зміни клімату, а також як відповідь на більш широке коло проблем від водопостачання до втрати біорізноманіття³⁸. Перший мільярд дерев ООН зарахувала на свій рахунок в 2007 році³⁹, і вже у 2008 році ціль кампанії була збільшена до 7 мільярдів дерев, і ця мета була перевищена за три місяці до конференції зі зміни клімату, яка відбулася в Копенгагені у грудні 2009 року. На відкритті Міжнародного року лісів ООН у 2011 році було заявлено про нову «планку» — трильйон дерев⁴⁰.

³² <https://cutt.ly/ZYuX3Fu>

³³ <https://cutt.ly/oYuZbXj>

³⁴ <https://cutt.ly/sYuZW90>

³⁵ <https://cutt.ly/yYuZYqo>

³⁶ <https://cutt.ly/cYuChFj>

³⁷ <https://cutt.ly/rYuCvV5>

³⁸ <https://cutt.ly/MYuCOQ2>

³⁹ <https://cutt.ly/iYuCJxL>

⁴⁰ <https://cutt.ly/vYuCVk5>

Спочатку ідея «зелених поясів» полягала у зупиненні розширення пустель у Африці. Але згодом кліматичне підґрунтя кампанії узагальнили до твердження, що ріст дерева і збільшення його біомаси автоматично означає, що ця маса приблизно напововину є масою вуглецю, поглинутого деревом з атмосфери завдяки фотосинтезу. Тож *чим більше дерев, тим менше вуглецю в атмосфері*. Експерти ООН відштовхуються від обрахунків, що висадка 1,2 трильйона дерев протидіятиме антропогенним викидам двоокису вуглецю за 10 років. І ось, у березні 2018 року на форумі Грімальді в Монако було підписано «Декларацію про трильйон дерев» між головами держав і провідними екологічними організаціями світу (WWF, WCS та BirdLife International). У вересні 2019 року було випущено додаток Plant-for-the-Planet (<https://cutt.ly/cYuC1uf>), який дозволив користувачам реєструвати посаджені дерева або садити дерева, вносячи пожертвування різним організаціям, які займаються посадкою дерев у всьому світі.

І ось нарешті на Всесвітньому економічному форумі 2020 року, який відбувся в Давосі, було оголошено про створення ініціативної платформи «Один трильйон дерев» (<https://www.trilliontreecampaign.org/>) для урядів, бізнесу та громадянського суспільства для підтримки Десятиліття ООН з відновлення екосистем (2020–2030), яке очолюють ЮНЕП та ФАО.⁴¹

На жаль, більшість учасників цих глобальних ініціатив з висадки дерев не вчили «матчастину» і, долучаючись до гучної всесвітньої кампанії, не цікавляться її принципами, адже лише їх дотримання робить учасників екологічно та соціально відповідальними загалом за такі позиції:

- Зменшувати використання викопного палива;
- Скорочувати вирубку старих лісів, а не лише створювати нові;
- Не висаджувати дерева на території інших екосистем (луки, степи, боліт);
- Не висаджувати види-інтродуценти, а використовувати лише аборигенну флору;
- Не створювати монокультуру.⁴²

Нехтування цими принципами не дасть очікуваного кліматичного ефекту. Але саме так робить більшість тих, хто не занурювався глибше у це питання.

Незнання «матчастини», яка очевидна для біологів і ґрунтознавців, прирікає тисячі активістів і навіть держави робити дії, які а) не створюють ліс, б) руйнують існуючу природу і, нарешті, в) призводять до додаткових викидів CO₂ в атмосферу.

КРИТИКА «МІЛЬЯРДА ДЕРЕВ»

Першим на світовому рівні «Мільярд дерев» засудив лісовий експерт Транснаціонального інституту Королівства Нідерландів Кевін Сміт⁴³, автор книги «Міф про нейтральний вуглець» (Smith, 2007), який заявив, що не можна саджати будь-що і будь-де. І звісно ж — далеко не все, і тим більше не всюди — можна саджати. Також автор

⁴¹ <https://cutt.ly/pYu11VN>

⁴² <https://cutt.ly/EYu0ift>

⁴³ <https://cutt.ly/VYu0dox>

книжки наголосив, що програми посадки дерев у світі аж ніяк не супроводжуються реальним зменшенням використання викопного палива, що начебто було заявлено як основоположний принцип кампанії. Також науковець наводить докази, що в переважній більшості кошти, зібрані на посадку дерев, не сприяють появі нових лісів, а йдуть на оплату вже запланованих лісонасаджень. І це не тільки українська реальність 2021 року (майже все, що було посаджене в 2021 році в рамках кампанії «Зелена Країна» – планові посадки лісів на місці рубок). Те саме відбувається в усьому світі, починаючи щонайменше з 2001 року⁴⁴. Держави переважно саджають молоді саджанці на місці зрубаних старих дерев, кліматичний ефект яких був у сотні разів більшим і спалювання яких вивільнить у атмосферу накопичену століттями органіку. При цьому держави не витрачають на це бюджетні кошти, адже під красивими гаслами такі кошти тепер надають меценати, прості громадяни та поп-зірки.

Інтерес держав до кліматичних проєктів посадки дерев ґрунтується на переконанні, що шкідливі дії в одному місці можна виправдати корисними діями в іншому. Тому, наприклад, в одному місці розміщують шкідливі виробництва, а в іншому – саджають дерева за спонсорської підтримки підприємства (що часто є прикладом так званого «грінвошинга») (Smith, 2007). У випадках з транснаціональними компаніями, виробництво і дерева можуть навіть розміщуватись на різних континентах. Як буде відомо з наступних розділів – висадка нових дерев часто має сумнівну екологічну доцільність, адже в одних випадках саджанці висаджують на місці вирубаних лісів (тобто вони не стають новими лісами), а в другому – їх саджають на місці інших природних екосистем, руйнуючи вже існуючі механізми депонування та перетворюючи їх на джерела масштабного викиду вуглецю.

Кевін Сміт коротко пояснив, що у світі поширена та сама схема, яку останніми роками ми бачимо в Україні, і вона *«полягає в тому, щоб використати поширене уявлення про те, що посадка дерев за визначенням є «доброю справою». Дерев є яскравим символом зеленої політики, у багатьох екологічних організацій дерева розміщені на логотипах... Ідея висаджувати дерева з метою «нейтралізації» викидів ґрунтується на існуючому стереотипі, що дещо із очевидної екологічної переваги можна використати в одному місці, щоб виправдати дещо екологічно шкідливе в іншому»* (Smith, 2007).

Вуглецевий цикл, що передбачає поглинання CO₂ деревами, є неймовірно складним набором хімічних, фізичних, геологічних і біологічних процесів, які забезпечують транспортування вуглецю через біосферу Землі. Такий кругообіг можна поділити на дві складові: активну та інертну. Дерев є частиною циклу **активного або швидкого циклу вуглецю**, безперервного переміщення вуглецю між рослинами, організмами, водою та атмосферою. Водночас існують майже інертні (в історичному часі) запаси викопного палива: вуглець, що не задіяний у активній частині вуглецевого циклу (поки ми не починаємо спалювати викопне паливо або не вивільняємо вуглець з інших депо – ґрунту, торфу і вічної мерзлоти).

Повернемось до депонування у лісах. Достатньо сказати, що дерево живе не вічно і більшість видів завершують свій шлях не пізніше як у 60–80 років, коли проходить цикл рубок. А якщо і дати дереву дожити до кінця своїх днів, то воно стане паливом і згорить, вивільнивши весь депонований вуглець трохи згодом – через

⁴⁴ <https://cutt.ly/2Yu3uwk>

100–150 років. Тож насправді, якщо йдеться саме про штучні насадження, а не про охоронювані праліси, в яких заборонено будь-яке вилучення деревини, ми мусимо констатувати — *посадка лісів узагалі не матиме істотного значення для депонування вуглецю. Справа в тому, що більшість вуглецю, накопиченого деревами, за винятком того, що перейшов до складу органічної речовини ґрунту, гарантовано буде повернуто у атмосферу.* Цей факт сильно псує уявлення про ефективність компенсаційних лісо-насаджень. Це буде відбуватися до тих пір, доки люди не почнуть розглядати ліси винятково як системи, що виконують (постачають) функцію (послугу) з формування клімату і середовища.

Дослідження, опубліковане в грудні 2006 року Інститутом Карнегі у Вашингтоні, дозволило зробити неприємний висновок, що більшість лісів узагалі не мають жодного впливу на глобальну температуру, якщо такі посадки проводити не у межах ареалу поширення лісових екосистем (Smith, 2007). Крім того, часто деструкція деревини також призводить до значно більших викидів метану, ніж вважалось раніше. А метан так само є парниковим газом.

Та й обсяг потрібного депонування не дуже райдужний, якщо оцінити його статистично. Навіть якби дерева жили вічно і ніколи не розкладались, тоді лише для компенсації викидів Великобританії за поточний рік було б потрібно виростити близько 10 000 км² нових повноцінних дорослих лісів⁴⁵, і відповідно — не менш як 300 000 км² для компенсації викидів за цей же рік інших держав. Для порівняння — це площа Польщі, Італії або Філіппінів. Важко уявити, що світ висаджуватиме щороку на додачу до вже існуючих лісів площу нових, розміром з Польщу.

Тобто нинішня красива ідея вже не має такого очевидного ефекту, як мали у 1977 році «зелені пояси» у Африці. Будь-яку ідею можна спотворити з точністю до навпаки. Хоча попри очевидну вигоду для населення, «зелені пояси» Китаю і Центральної Африки також не впливають на зміни клімату безпосередньо, а лише мають заважати розвіюванню пісків на прилеглих до пустелі території.

Є і більш радикальні критики ідеї глобального лісорозведення, що розширюються з екологічних аргументів на геополітичні. Наприклад, доповідь The Carbon Shop (2000 р.) зазначає, що більшість нових лісів створюють у країнах, які розвиваються, фактично для того, щоб підтримувати рівень матеріальних привілеїв (у цьому випадку високих рівнів споживання енергії), якими користуються розвинуті країни. Автори доповіді називають лісові плантації, що інвестуються розвинутими державами, — «продовженням колоніального мислення»: *«За іронією долі, громада, виселена сьогодні компанією, яка займається бурінням нафти для забезпечення віддалених автомобілів, завтра може знову опинитися переміщеною — цього разу плантаціями дерев, призначеними водіями цих автомобілів, щоб «компенсувати» горіння цієї нафти»* (Lohmann, 2000).

Дослідження, опубліковане в журналі Science в 2005 році, охопило 500 спостережень з плантацій на п'яти континентах і показало, що створення нових насаджень мало негативний вплив на місцеве біорізноманіття через поглинання великої кількості підземних вод, а також шляхом виснаження основних поживних речовин ґрунту.⁴⁶ І дійсно, створення всіх цих досліджених насаджень завжди було пов'язане із зовнішніми інвестиціями.

⁴⁵ <https://cutt.ly/ZYirx4f>

⁴⁶ <https://cutt.ly/IYie37Q>

КЛІМАТ І МІКРОКЛІМАТ: ЧИ ПРАВИЛЬНО МИ РОЗУМІЄМО, ЗА ЩО ДЯКУВАТИ ЛІСАМ?

Для початку ще раз згадаємо, чим відрізняється клімат від мікроклімату. **Клімат** — це багаторічний режим погоди та її сезонних змін, характерний для фізико-географічних регіонів (або кліматичних зон). А **мікроклімат** — це видозміни кліматичних умов у приземному шарі повітря, викликані особливостями ландшафту, рельєфу і рослинності. З віддаленням від земної поверхні відмінності мікроклімату швидко нівелюються. Тобто атмосферні опади, хмарність, напрям і сила вітру — це клімат. А прохолода в лісі, у парку, туман і вологе повітря біля річки, а також швидкість вітру в захищеній лісами місцевості — це мікроклімат.

Тепер треба розібратись, які умовно «кліматичні» екосистемні послуги надають нам ліси? Тут ми, звісно, не згадуватимемо колосальний перелік «ресурсних» і «культурних» послуг (починаючи від ягід, грибів, деревини і завершуючи краєвидами, співами птахів та самоідентифікацією етносів), а лише зосередимось на послугах «регулювання» та «підтримання екосистем». Найбільш відомими з них є:

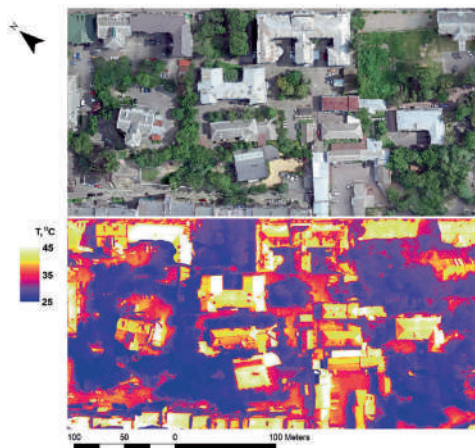
- Вплив на глобальні біохімічні цикли та регуляція складу повітря. До цього також можна віднести первинну продуктивність екосистем.
- Регуляція температури земної поверхні й повітря через відбивання сонячних променів та інші механізми.
- Регуляція колообігу вологи (від **транспірації**⁴⁷ і до поповнення запасів ґрунтових вод).
- Регуляція потоків повітря.
- Захист від стихійних лих.
- Пом'якшення несприятливих кліматичних умов.
- Захист від пожеж.
- Захист від шкідливої дії вітрів та приморозків (Василіук, Ільмінська, 2020).

У результаті від сусідства з лісами ми відчуваємо багато позитивних ефектів, які створюють для нас комфортні умови проживання. Ліси навколо населених пунктів екранують від нас холодні вітри взимку і посушливі — у літній період. А останніми роками для багатьох міст ліси стали і певним екраном від пилових буревіїв, які тепер також уже, на жаль, стають звичним явищем. Ліси роблять приземний шар повітря вологим, насиченим киснем і більш прохолодним. Ми відчуваємо це як комфорт, звикаємо до цього і врешті забуваємо, що поза містом — де немає лісів, або трохи вгорі

⁴⁷ Транспірація — процес випаровування води з поверхні рослин, що відбувається через продиhi та кутикулу. Транспірація запобігає перегріванню листків, розвантажує провідну систему рослини від надлишку води. У результаті втрати води під час транспірації в клітинах листя зростає всисна сила. Це приводить до посилення пересування води з коріння в листя. Отже, верхній кінцевий двигун, який бере участь у транспорті води вгору по рослині, зумовлений транспірацією листя. Рослина транспірує, коли вологість навколишнього повітря нижча, ніж вологість повітря в порах рослинної тканини; у протилежному разі рослина поглинає водяну пару з повітря. Транспірація відповідає приблизно за 10 % усієї вологи, що випаровується з ґрунтового шару (Словник..., 2013).

— на висоті кількох десятків метрів — уже зовсім інша недружня атмосфера. Навіть міські зелені зони здатні знизити літню спеку на кілька градусів і мають нижчу температуру поверхні порівняно з газонами і тим більше — позбавленими рослинності поверхнями⁴⁸.

Містобудівники здавна використовували здатність лісів пом'якшувати кліматичні умови в невеликому приземному шарі атмосфери. Наприклад, у Генеральному плані м. Києва 1981 року було передбачено збереження у Києві потужних зелених зон, що радіально сходились до Дніпра від приміських лісових масивів. За розрахунками, згідно з розою вітрів у різні сезони вітер мав приносити цими «коридорами» чисте вологе повітря з лісів у самий центр міста (Василіук, 2005).



Візуальна та теплова карта кварталу північної сторони вул. Жиланської між вул. Тарасівська та вул. Паньківська у Києві. Демонструє створення прохолоди деревною рослинністю (Джерело: <https://cutt.ly/8YrV6gh>)



Зелені зони у схемі Генерального плану Києва 1981 р.
(Реконструкція зображення: Т. Пашковська, 2005)

Ліси створюють мікроклімат, і ми сприймаємо ці видозмінені умови як дійсний клімат. Але ми помиляємось, коли думаємо, що екосистемна послуга формування мікроклімату і є кліматичним ефектом лісу. Це зовсім не так і очевидні для нас позитивні властивості лісів не впливають на сам клімат. Грубо кажучи, *«вітер не виникає від того, що дерева гойдають своїми гілками»*. Забігаючи наперед, скажемо, що однією з ідей посадки лісів у посушливих регіонах є бажання отримати вологе повітря, утворене лісами. Але від того, що ми посадимо дерева в посушливому місці — в ньому не стане більше води (як і вітру у наведеній вище цитаті з мультфільму). Натомість багато хто здивується, що через посадку лісів у посушливих регіонах цілком реально ще більше посилити їхні аридні характеристики, тобто зробити їх ще сухішими.

На клімат впливають інші, більш глобальні процеси, пов'язані з лісами: відбиття сонячних променів, біогеохімічні цикли і транспірація вологи. А незначні і дуже

⁴⁸ <https://cutt.ly/8YrV6gh>

різноманітні аберації клімату, які утворюють безкінечний спектр мікрокліматичних умов, зовсім не означатимуть, що клімат змінився на краще або що він залишається незмінним.

Коли ми втрачаємо природні екосистеми, — надання ними екосистемних послуг припиняється. Ми їх втрачаємо. І у випадку з послугами формування мікроклімату це дуже добре відчувається, коли вдень (особливо в місті) стає нестерпно спекотно або вночі — надто холодно. Це обмежує наше пересування, шкодить здоров'ю і примушує робити додаткові витрати, щоб компенсувати погіршення кліматичних умов.

Гірше те, що поряд з очевидною трансформацією мікроклімату, пошкодження природних екосистем негативно відображається і на непомітних, на перший погляд, екосистемних послугах, які дійсно впливають на клімат планети. Наприклад, на вуглецевий цикл.

Далі ми побачимо, що ми втрачаємо, якщо саджаємо ліси не там, де їм обрала місце природа.

КЛІМАТОРЕГУЛЮЮЧІ ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ НЕ-ЛІСУ

Не лише ліси корисні з точки зору стабілізації клімату. Як вже говорилося на початку нашої розповіді, всі природні екосистеми прагнуть стабілізувати клімат і мають різноманітні механізми депонування атмосферного вуглецю. Ці механізми, як і самі екосистеми, певним чином розподілені на континентах. І цей розподіл безпосередньо прив'язаний до конфігурації кліматичних зон.

У північних зонах **арктичних пустель, тундри** та частково **лісотундри** депо вуглецю розміщене переважно під поверхнею землі у **вічній мерзлоті** (це похована деревина, замерзлі рештки трав'янистої рослинності).

У **зонах тайги, мішаних та широколистяних лісів**, а також у горах природа передбачила механізми накопичення вуглецю у деревині, в тому числі відмерлих частинах рослин і загиблих деревах. Сезонність клімату тут дозволяє принаймні частину року гальмувати або значно сповільнювати процеси розкладання рослинних решток. Також саме в цих зонах, у їхніх заболочених частинах (і аналогічно — в межах зони **лісостепу**) вуглець накопичується у торфі, де бідні на кисень води болотних екосистем не дозволяють розвиватись процесам гниття і умовно — «консервують» рослинні рештки під водою.

У зоні **степів**, де особливістю клімату є постійні сухі вітри, мала кількість опадів і посушливі умови, — вуглець накопичується лише у підземній біомасі та ґрунті, тобто нижче поверхні землі. Саме до Степу приурочені чорноземи, які містять в рази більше органічної речовини за інші типи ґрунтів. Тут механізми депонування побудовані найбільш складно. Високий вміст гумусу та оструктуреність степових і лучних ґрунтів дають можливість опадам в осінньо-зимовий період поглинатись та розподілятись по всьому ґрунтовому профілю, затримуватись в ньому та поступово надавати воду нижнім горизонтам. Завдяки цьому формуються підземні води, джерела та степові річки. Це один з ключових факторів гідрологічного режиму, який формує клімат Степу

і не дає йому перетворитися на пустелю навіть в умовах посушливого клімату завдяки травам та ґрунту, структуру якого сформували корені рослин. У другій половині літа наземна частина багатьох степових трав починає всихати. Основна зимуюча біомаса рослин буде очікувати нового сезону, схована глибоко під землею. Завдяки певному дефіциту вологи, біохімічному складу трав'яних рослин, специфічній мікрофлорі та якостям ґрунтоутворюючих порід, процес накопичення гумусу проходить швидше, ніж його розкладання. Плюс є і пристосування рослин до малої кількості вологи: всі трави утворюють щільне плетиво коріння біля поверхні ґрунту. Коли випадає нечастий дощ у теплу пору року, більшість вологи поглинається коренями і не проходить глибше. А без вологи процеси розкладання рослинних решток також сильно уповільнюються навіть за умов оптимальних для нього температур. Оскільки чорноземи представлені важким та середнім гранулометричним складом, то накопичення гумусу відбувається не лише завдяки дефіциту вологи, але й помірному повітрообміну. Отже, степ, допоки лишається степом, безкінечно накопичує у ґрунті гумус, а гумус приблизно на 58 % маси складається з маси вуглецю.

Далі, південніше від степів⁴⁹, розміщені зони напівпустель і пустель, які не мають ефективних механізмів накопичення вуглецю, адже це території, що переживають масштабні процеси ерозії. Те саме можна спостерігати і в горах, де висотна поясність спершу нагадує кліматичні зони, а потім перетворюється на бідні життям кам'яністі оסיпи, де ніякого накопичення вуглецю також не відбувається.

Але з наближенням до екватора починаються зони вічнозелених тропічних та екваторіальних лісів. Тут немає сезонів у нашому звичному розумінні. Їх зміна виражається не стільки в температурі, скільки у періодичності опадів або силі вітрів. У таких умовах види тварин і рослин, звісно, формують специфічні життєві цикли, але багатство живої біомаси протягом року майже не змінюється і накопичення органіки, тобто депонування, не має сезонної циклічності. Воднораз тут життя має найбільше різноманіття і найбільшу біомасу. Вічнозелені ліси тропічних і екваторіальних широт надають найбільшу кількість всіх екосистемних послуг, характерних для лісу. Внесок цих лісів має планетарне значення: вони виділяють в атмосферу величезний обсяг кисню, формують цикли. Але не вони лідирують в утриманні вуглецю. Лідером в утриманні законсервованого вуглецю є поклади торфу. Займаючи лише 3 % Землі, торфовища депонують більш ніж 30 %⁵⁰ вуглецю суходолу.

Втім, варто зруйнувати будь-яку з природних екосистем, і процеси депонування зупиняться. Наприклад, глобальне потепління призводить до танення вічної мерзло-

⁴⁹ Треба зазначити, що термін «степ» поширений лише у Євразії і загалом у світі має багато різних синонімів. Найбільш вживаним є англomовний термін «dry grasslands», що означає трав'яні екосистеми рівнин, що формуються в умовах недостатньої зволоженості. Такі зони формуються за однаковим принципом на всіх континентах, крім Антарктиди. Гірські системи екранують від материка вологі повітряні маси з океану, створюють зі зворотного боку гір зону найвищого на материк тиску. З цієї точки формується постійний потік сухих вітрів, що домінують протягом року і, крім безпосереднього дефіциту вологи, — заважають циклонам проникати в цю ксеротермічну зону (смугу). З невеликими місцевими відмінностями такі зони мають назву степів у Євразії, прерій — у Північній Америці, пампи — у Південній Америці, савани та сахелі у Африці і нарешті — даунленду в Австралії (Чибилов, 1990).

⁵⁰ <https://cutt.ly/eYirJl0>

ти і масштабної емісії з рослинних решток, законсервованих колись у ній. Осушення боліт, як умисне, так і природне (внаслідок змін клімату), призводить до контакту покладів торфу з повітрям і вивільнення двоокису вуглецю. Так, використання торфовищ є причиною близько 25 % антропогенних викидів парникових газів від використання земельних і лісових ресурсів (Joosten at all, 2012).

Аналогічно як і з лісами, в яких проводяться санітарні рубки для отримання дров, а також вилучається (нерідко спалюється) мертва деревина (що вважається проти-пожежним заходом). Ну і звичайно, великий внесок у емісію з природних екосистем робить людина, забезпечуючи свої енергетичні потреби. З метою виробництва теплової та електричної енергії ми спалюємо не лише викопне паливо, але й торф, деревину. Деякі міста в Україні досі повністю забезпечуються теплом від спалювання деревини (наприклад, м. Золочів на Львівщині)⁵¹! Загалом відомі дослідження, які слушно обґрунтовують, що будь-яке антропогенне втручання у лісові екосистеми призводить до емісії сполук вуглецю (Mayer, 2020).

Що ж стосується степів, то варто зруйнувати степову рослинність, як чорнозем починає зазнавати ерозії та руйнування (фактично розкладається мікроорганізмами або змивається у гідрографічну мережу, де провокує евтрофікацію водойм і ще більше викиди парникових газів). Сильні пошкодження дернини та особливо оранка призводять до того, що той ґрунт, який раніше дуже слабо контактував з атмосферою, опиняється на поверхні. Відповідно, його органічна речовина зазнає швидкої деструкції – як внаслідок активності живих організмів, переважно мікроорганізмів, так і через фотодеструкцію органічних сполук під впливом ультрафіолетового випромінювання.

Чорноземи, які накопичували гумус від часу останнього зледеніння, майже повністю деградували за минулі 50–100 років через тотальне перетворення на рілля. Цікаво, що в міру втрати родючого шару ґрунту (та емісії вуглецю, розміщеного в ньому, – у атмосферу), офіційні нормативи родючості в Україні скорочують на державному рівні. Прочитую мого колегу Олексія Бурковського: «Згідно ґрунтознавчої науки за вмістом гумусу чорноземи поділяються на тучні (більше 9 %), середньогумусні (6–9 %), малогумусні (4–6 %), та слабогумусовані (менше 4 %). Деградовані ґрунти потребують консервації, що передбачено на законодавчому рівні. І якщо в Порядку консервації земель від 17.10.2002 (Наказ № 175) в Степовій зоні потрібно було здійснювати консервацію при вмісті гумусу менше 2 %, то в аналогічному документі від 26.04.2013 (Наказ № 283) консервацію потрібно проводити, коли вміст гумусу впаде ще нижче, вже до рівня менше 1 %. Тобто оновлений норматив дозволяє довести «чорноземи» до повної деградації, і лише після цього консервувати»⁵². Все це нам говорить про те, який великий обсяг законсервованого у ґрунті вуглецю вже було вивільнено в атмосферу за час активного обробітку з 1955 року і до нашого часу (до речі, не треба думати, що масштабне розорювання дісталось нам у спадок від трипільців або інших народів давнини. Основна частина земель була розорана протягом XVIII–XIX ст.

Повернемось до природних екосистем і процесів у них. Тож хитрість у тому, щоб для кожної кліматичної зони з її особливим кліматом знайти механізм, що заважав би органічним решткам розкладатись, і відповідно – утримував би вуглець. Живі рослини

⁵¹ <https://cutt.ly/9YxZpyj>

⁵² <https://cutt.ly/LYFUY0u>

фотосинтезують і будують свої пагони за допомогою поглинутого з повітря вуглецю. І от, в здоровій екосистемі після загибелі рослин процеси розкладання йдуть повільніше, ніж процес накопичення нової органіки в живих рослинах або у природних депо. Якщо екосистема здорова і працює належним чином – так чи інакше вона накопичуватиме вуглець через цей майстерно спланований природою механізм.

Замінити такі механізми на інші або застосувати механізми одних регіонів в інших – неможливо, тому що в кожному випадку механізм депонування пов'язаний з особливостями кліматичного режиму, геології, сезонами і набором біологічних видів, характерних для цього регіону.

Спроби переінакшити природу широко відомі сумними прикладами з давнини до кінця ХХ століття. Хрестоматійним прикладом стало пересихання Аральського моря внаслідок відбору води з річок Амудар'ї та Сирдар'ї для зрошення плантацій бавовни. Наслідком цього стало практично повне висихання Аральського моря та утворення на його місці солоної пустелі Аралкум буквально за 40 років. З 1960-го до 2009 року площа Аральського моря скоротилася з 67 499 км² до 6700 км² (в 21 раз), що стало однією з найбільших екологічних катастроф антропогенного походження. У радіусі до 100 км від колишніх кордонів моря клімат змінився на різко континентальний, у кілька разів скоротилася кількість опадів, загинули тугайні ліси, зникло понад 130 видів тварин та 30 видів риб. Пилові буревії розносять на далекі відстані пісок з пересохлого дна та накопичені у ньому хімічні забруднювачі і сіль, що спровокувало багатократне зростання респіраторних, очних, онкологічних та інших захворювань у населення п'яти країн. Крім цього, жителі зіткнулися з масовим безробіттям через зупинку рибної та суднобудівної промисловості й сільського господарства (Аральское море..., 2017).

Отож навряд чи ми можемо зробити на території будь-якої природної екосистеми будь-що екологічно більш вигідне, ніж корінна екосистема, сформована природою внаслідок тисячолітніх процесів. І попри те, що в принципах, декларованих ООН, абсолютно правильно зазначається неприпустимість пошкодження екосистем інших типів унаслідок лісорозведення, у багатьох країнах акції «Мільярда дерев» або вже згадані вище «Зелені пояси» реалізуються за рахунок природних трав'янистих екосистем – луків, саван і степів, які мають зовсім іншу роль для біорізноманіття і клімату, ніж ліс. Тож «кліматичні» кошти бюджетів і меценатів принаймні частково йдуть не на зменшення кількості вуглецю в атмосфері, а на його додаткові викиди та втрату біорізноманіття.

В Україні ці ідеї відомі дуже мало. Натомість в інших державах тема доцільності лісорозведення за рахунок інших екосистем давно перебуває у фокусі дослідження багатьох науковців. Як описує дослідник організації World Rainforest Movement Ларрі Логманн, в жовтні 1999 року була оприлюднена доповідь Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), яка дійшла висновку, що коли земна куля починає теплішати – інтенсивність дихання рослин зростає швидше, ніж поглинання ними CO₂. Тож лісове господарство є, грубо кажучи, «небезпечним способом зберігання вуглецю» (Lohmann, 1999).

Якщо ми маємо територію, зайняту будь-якою природною екосистемою, крім лісу (степ, луки, болото), то це означає, що насадження дерев тут, по-перше, зруйнує оптимальні для цієї місцевості природні механізми стабілізації клімату. По-друге — не створить нового ефективного механізму (ми ж пригадуємо, що природним чином тут мав рости *не ліс*). І по-третє, природні механізми передбачають не лише накопичення вуглецю, але й його утримання у так званих природних депо.

Це означає, що зруйнувавши ту екосистему, що природним чином займала певну територію, людина руйнує не тільки механізми накопичення, а й механізми утримання вуглецю — і накопичене протягом тисячоліть починає вивільнятися назад у атмосферу. Тож посадивши дерева у степу, ми запустимо процес вивільнення накопичених у ґрунті сполук вуглецю (Maier, 2020), осушивши під посадку болото — запустимо механізм емісії вуглецю з торфу і т.д.

Виростити щось, і навіть власне проводити посадку дерев значно зручніше в родючому ґрунті, а не в голому піску посеред пустелі, тому часто для посадки лісів обирають ділянки, які не зайняті полями, але й мають при цьому достатньо ґрунту. Навіть «Великий зелений мур» Китаю охоплює практично всі степи Внутрішньої Монголії! При цьому, як ми знаємо з історії людства, племена і народи землеробів ніколи не зважали на кліматичні наслідки виснаження ґрунтів і просто мігрували, довівши ґрунт до повної деградації. При цьому людство не має достатнього досвіду вирощування лісів, тому «створенням лісів» зазвичай називають висадку монокультури дерев 1 ярусу, що більше нагадує вирощування продуктів на полях, аніж намір сформувати стабільну екосистему. Для посадки дерев часто обирають не деградовані ділянки орних земель, а здорові екосистеми інших типів, оскільки поступатись лісам полями ніхто не хоче. І ось дерева, висаджені в родючий ґрунт, — ростуть (принаймні на початку) і учасники акцій вже сприймають це як перемогу. І виходить певна підміна: сам факт росту дерев підсвідомо сприймається народами-землеробами як досягнення цілі, але ж ціль була не примусити дерева рости, а отримати позитивний кліматичний ефект!

Отож, підходимо до головного питання нашого видання: що стається, коли дерева насаджують на місці інших типів екосистем.

Як і в будь-якій розмові про екосистемні послуги, знайти відповідь на таке питання можна через втрати. Тож ми маємо зрозуміти, що ми втратимо, якщо дерева будуть посаджені на території степів або луків. Ще є варіант посадки лісів на місці осушених боліт, але болота як в зональних, так і в інтразональних умовах є сусідами лісів, тому дерева не створюють руйнівного впливу на болото (його створить осушення, яке передуватиме посадці). Цей руйнівний вплив буде викликаний лише самим осушенням болота і відкриттям на денній поверхні покладів торфу. Втім, в наш час ніхто не засаджує лісами ні обводнені болота, ні осушені торфовища (в обох випадках торфовидобуток є більш прибутковою і більш руйнівною діяльністю, ніж посадка лісу — відповідно болота руйнують надкористувачі, а не лісівники). Тож говоритимемо про трав'янисті екосистеми — степи і луки. Їхні специфічні особливості ми умисно детально описали вище. Варто лише додати, що степи, на їхній південній межі, утворюють своєрідний кліматичний бар'єр між типами екосистем, поширеними у північних широтах, і зонами напівпустель та пустель, що існують в умовах постійно прогресуючого ерозійного

процесу. Степ не зазнає ерозії і є однією з найбільш продуктивних екосистем.

Отож, кліматичні екосистемні послуги, які надають степи і луки, наступні:

- Вплив на глобальні біохімічні цикли та регуляція складу повітря, в тому числі виділення кисню. До цього також можна віднести первинну продуктивність екосистем та депонування парникових газів (у т.ч. ґрунтоутворення та захист ґрунтів від ерозії). Між іншим, у ґрунтах аридних регіонів зосереджено 1/3 депонованого вуглецю на земній поверхні.
- Утримання запасів води у ґрунті в умовах посушливого клімату; транспортування води в глибокі шари ґрунту (пористість в гумусних шарах досягає 50-60 %). Це дає можливість атмосферним опадам поглинатись та розподілятися по всьому ґрунтовому профілю на велику глибину, не руйнуючи структуру ґрунту.
- Регуляція вологості повітря (акумуляція роси, дихання рослин, випаровування). Вологість повітря над цілининими землями в спекотну та посушливу пору року вища порівняно з ріллею.
- Стабілізація клімату. Саме степові екосистеми певним чином є унікальними у наданні цієї кліматичної екосистемної послуги. Степові рівнини, на відміну від лісів, хоч і не створюють прохолоду та щільну тінь, та мають значно кращу відбивну здатність і не так поглинають сонячне тепло, як це роблять ліси (і ще більше – рілля). Розміщення зони степів у максимальному наближенні до південних регіонів робить їх екосистемою-лідером в частині протистояння перегріву планети там, де вона перегрівається найбільше.

Який буде вплив на клімат, якщо відбуватиметься лісорозведення за рахунок степових екосистем? Звісно, тут ми розглядаємо винятково степові екосистеми в Степовій зоні. Всі інші типи екосистем потребують аналогічного окремого пояснення.

1. *Збільшення кількості вуглецю в атмосфері.* Формування родючого шару ґрунту є побічним продуктом діяльності рослин і організмів-сапрофагів. У посушливих умовах Степової зони депонування найбільш ефективно, оскільки степова рослинність сприяє накопиченню органіки у ґрунті (Мордкович, 2014). Проте руйнування природної трав'янистої рослинності (наприклад, посадкою лісів; а для цього, за технологіями, – територію переорюють) призводить до припинення депонування, а також стає причиною емісії раніше накопиченого ґрунтом вуглецю. Розорювання призводить до вивільнення до 0,8 т вуглецю з 1 га орних земель щорічно⁵³.

2. *Зменшення альбедо.* Альбедо – це фізична величина, що описує здатність поверхні чи космічного тіла відбивати та розсіювати випромінювання (світло). Чим більше відбивається світло (високе альбедо) – тим менше космічне тіло прогрівається. Чим менше відбивається (низьке альбедо) – тим більше буде поверхня космічного тіла нагріватись. Світлі поверхні відбивають випромінювання, темні – поглинають. Наприклад, сніг і лід добре відбивають світло, тому коли вони тануть (і оголюється порода), альбедо знижується. Ліси мають нижче альбедо, ніж відкриті простори, тому зведення лісів підвищує альбедо. Деревя самі по собі є темнішими, ніж, наприклад, степ, який частину вегетаційного сезону перебуває у висохлому стані, коли він ще світліший. Але особливо ефект зменшення альбедо проявляється в помірному поясі

⁵³ <https://cutt.ly/ZYiuFq5>

взимку: степи вкриваються рівним шаром снігів, а ліси затіняють сніговий покрив і продовжують поглинати сонячну енергію. Також дуже низьке альbedo має рілля. Відповідно, найгіршим у плані захисту земної поверхні від перегрівання є створення лісів (або ріллі) за рахунок трав'янистих екосистем, найбільш ефективних у справі відбиття сонячного світла.

3. *Аридизація і зникнення річок.* Численні огляди пов'язують збільшення лісового покриву зі зменшенням річкового стоку. Зокрема, цьому питанню присвячена оприлюднена у 2020 році стаття дослідників Лаури Бентлі та Девіда Кумса, що фінансувалась Міжнародним союзом охорони природи (Bentley, 2020). Дерева здійснюють транспірацію, через яку волога, вилучена з ґрунтових горизонтів коренями дерев, – випаровується через листя. Цікаво зазначити, що перший дослідник екологічних особливостей Степової зони Євразії В. В. Докучаєв звертав увагу на цю проблему ще у 1893 році (Докучаєв, 1893-а), проте досі ця обставина не враховується при плануванні нових лісонасаджень. Дослідники обрахували, що поява нових лісів у первинно безлісних долинах річок зменшує річний стік річки (на 23 % через 5 років і на 38 % через 25 років). Крім транспірації, також відіграють певну роль механізми перехоплення: на відміну від структурованого степового ґрунту, який якщо і отримує вологу, що пододала шар дернини, то розорані землі відразу скеровують її у більш глибокі горизонти (Wei, 2018). Дослідження у кількох країнах показали, що посадка штучних лісонасаджень саме у степах призводить до швидкого випаровування вологи з ґрунту (Farley, 2005).

Навіть китайські автори зазначають, що випаровування води насадженнями «Великого зеленого муру» значно перевищує обсяг атмосферних опадів, а отже, випаровуються ґрунтові води (Chenxi et al., 2018). В результаті від нестачі води ліси гинуть, на їхньому місці утворюються чагарники, які однаково продовжують витісняти місцеве біорізноманіття, виснажувати ґрунтове депо вуглецю, але при цьому зовсім не виконують тих функцій, задля яких «мур» висаджували (Cao et al., 2010). Аналогічні процеси активно відбуваються і в багатьох штучних лісах Південної Європи (Daia, 2012).

Така ситуація складається тому, що лісові екосистеми за своїм змістом не є характерними для посушливих регіонів. Через потребу в підтриманні осмотичного тиску дерева постійно випаровують вологу. У тропічних широтах нерідко вологи, випарованої деревами до полудня, вистачає для щоденної кількогодинної зливи. Проте у аридних регіонах, для яких характерні потужні вітри, волога, випарувана деревами, ніколи не випаде у вигляді дощу на тій самій ділянці. І чим більш посушлива територія, тим швидше ліс вичерпає запаси ґрунтової вологи й загине.



Повністю всохлі ліси на Луганщині (Довжанський район) (Фото: О. Василюк)

Що важливо, засохлі ліси стають прекрасним матеріалом для пожеж, поширених у степових екосистемах. Самі степи вогню не бояться, адже основна біомаса степових рослин надійно захована під поверхнею землі — у глибоких коренях, бульбах та цибулинах. Проте стрімка степова пожежа, швидкість руху якої може дорівнювати швидкості вітру, а висота язиків полум'я сягати 30 метрів заввишки — легко знищить повністю будь-яке хоча б частково всихаюче насадження дерев. У результаті степові рослини повернуться на колишні місця свого зростання, проте до цього часу, «завдяки» лісовим плантаціям, територія втратить колосальний обсяг депонованого вуглецю та біорізноманіття.

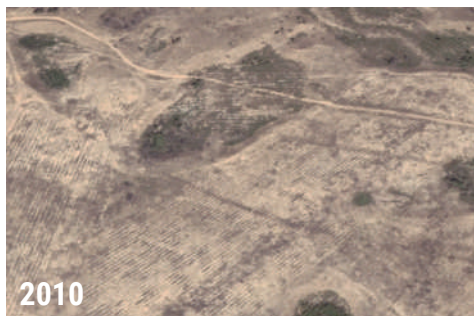


Пожежа у заповіднику «Стрільцівський степ» у 2008 р. (Фото: Л. Боровик). На фото видно, що вогонь вище за пірамідальні тополі заввишки понад 20 метрів



Повністю знищене робінієве насадження, на місці якого відновилась степова екосистема, м. Молочанськ (Фото: Дар'я Іноземцева)

Іншим чином ситуація складається в місцях, де пожежами були знищені ліси на місці піщаних степів (наприклад, на лівобережних піщаних аренах річок Дніпра, Сіверського Дінця або Дону). Зруйнованій у минулому степовій рослинності, яка закріплює на відкритих пісках за рахунок так званої «біологічної кірки» лишайників і мохів, необхідно дуже багато часу для поновлення. В результаті пошкоджені ліси на місці піщаних степів перетворюються на відкриту пустелю.



2010



2021

На супутникових знімках, зроблених у 2010 та 2021 роках, — один зі степових лісгоспів Херсонщини після пожежі. Протягом 11 років на цій території дерева так і не почали рости, але видно свіжі борозни, тобто пісок щороку заново переорюють і висаджують нові саджанці, що не мають ніяких шансів на виживання

4. Засолення ґрунтів і ґрунтових вод. Підняття за рахунок капілярних сил ґрунтової вологи з глибших шарів унаслідок інтенсивного випаровування деревами підтягує, зокрема, і солі, розчинені у підземних водах. Така ситуація, наприклад, сталась внаслідок масштабних акцій з висадки лісів у степах Туркменії.

5. Ерозія ґрунтів унаслідок посадки лісу. Як вже було пояснено вище, степова екосистема формує значно потужнішу дернину, завданням якої є затримання і поглинання більшості вологи з атмосферних опадів. Посадивши дерево, так, як це уявляє садівник (тобто викопати ямку і розмістити в ній саджанець), в степу не можна. Молоде деревце в таких умовах залишиться без вологи і скоро всохне. Технологи лісорозведення добре це розуміють і тому технології посадки лісів у степовій зоні супроводжуються потужними обробками території гербіцидами і переорюванням з метою знищити на ділянці степову рослинність.



Лісорозведення на території піщаних степів Олешківського лісгоспу на Херсонщині (<https://cutt.ly/7YvbEOu>)



Лісорозведення на території, зарезервованій для розширення заповідника «Єланецький степ» на Миколаївщині (<https://cutt.ly/3YvnlXP>), фото до і після робіт з лісорозведення

Внаслідок цього гинуть і рослини, які утримували ґрунт, і ґрунтові організми, що його населяли й формували. Розміщення багатьох ділянок степів на схилах призводить до того, що після переорювання ґрунт під «молодим лісом» зноситься зі схилу за рахунок водної та вітрової ерозії. В деяких випадках для розміщення насаджень на схилах створюють тераси, що є для ґрунту ще більш руйнівним.



Формування терас для створення насаджень на схилах у Сумській області
(Фото: В. Пархоменко)

Варто згадати, що більшість лісів, створених таким способом на степових схилах гірської частини Криму (в районі м. Орджонікідзе), — до цього часу всохли.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи наш огляд, хочеться повторити, що кожне наступне виявлене нами наукове дослідження з багатьох країн світу лише підкріпило та доповнило визначені початково на рівні ООН критерії до створення нових лісів, без яких ці ліси замість надання безцінних кліматичних екосистемних послуг будуть лише завдавати неправних втрат як біорізноманіттю, так і стабільності клімату.

Ще раз перелічимо їх:

1. Зменшення використання викопного палива.
2. Створення нових лісів повинно супроводжуватись скороченням обсягів рубок старих лісів.
3. Висаджувати нові насадження дерев не можна на території інших екосистем (луків, степів, боліт).
4. При створенні нових насаджень дерев не бажано використовувати види-інтродуценти та формувати монокультуру.
5. Взагалі не можна створювати лісові насадження у посушливих регіонах (Cao at all, 2010).

Найбільш раціональною буде відмова від «манії» лісонасадження і перехід на екосистемний підхід, в рамках якого варто не розглядати ліси як єдиний напрям кліматичних заходів. Залежно від регіонів і особливостей ландшафту в кожному конкретному випадку, необхідно відновлювати зональні екосистеми (степ, ліс, луки, болота), виводячи для цього з обробітку орні землі, насамперед деградовані. Найбільш сталим підходом є зберігати існуючі природні екосистеми, і вже поза ними необхідно відновлювати саме такі екосистеми, які характерні для кожного з регіонів (з урахуванням усіх наукових рекомендацій); і от лише після цього буде зрозумілим, де саме доцільним є насадження нових лісів.

НАЙВАЖЛИВІШІ ПРОЦИТОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Bentley L and Coomes DA.. Partial river flow recovery with forest age is rare in the. 10 decades following establishment. Glob Chang Biol., 2020. Vol. 26. pp. 1458-1473. <https://cutt.ly/NYiuvgD>
2. Cao, S., Tian, T., Chen, L. et al. Damage Caused to the Environment by Reforestation Policies in Arid and Semi-Arid Areas of China. AMBIO, 2010. №39. pp. 279-283. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0038-z>
3. Chenxi Lu, Tingyang Zhao, Xiaoliang Shi, Shixiong Cao, Ecological restoration by afforestation may increase groundwater depth and create potentially large ecological and water opportunity costs in arid and semiarid China, Journal of Cleaner Production, 2018. Volume 176. pp. 1213-1222. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.046>.
4. Daia M., Roşu C., Pârnuță G., Tudoroiu M. Current and future status of stands' regeneration through afforestation. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation Earth Observation & Surveying, Environment Engineering, 2012. Vol. I. pp. 9-15. <https://cutt.ly/xYia80G>
5. Diamond, Jared M. Collapse: how societies choose to fail or succeed. New York: Viking, 2005. 575 page. <https://cutt.ly/QYvqGES>
6. Farley, KA, EG Jobbágy, RB Jackson. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. Global Change Biology, 11(10): 1565-1576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01011.x>
7. Field C.B., Behrenfeld M.J., Randerson J.T., Falkowski P. Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. Science, 1998. V. 281. P. 237-240. <https://cutt.ly/9YvcWua>
8. Fighting the Drouth. Popular Mechanics, October 1934. <https://cutt.ly/5YzxxKE>
9. Gibbons P., L. van Bommel, A.M. Gill, G.J. Cary, D.A. Driscoll, R.A. Bradstock, et al. Land management practices associated with house loss in wildfires. PLoS One, 7 (1) (2012), p. e29212 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029212>
10. Hurt, R. Douglas. «Forestry on the Great Plains, 1902–1942. Kansas State University. Retrieved 2009-09-21. <https://cutt.ly/1YzxTRJ>
11. Joosten, Hans, Marja-Liisa Tapio-Biström & Susanna Tol (eds.) Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation. Mitigation of Climate Change in Agriculture Programme Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 2012. <https://cutt.ly/dYitPnq>
12. Kamieński F. Les organes végétatifs de *Monotropa hypopitys* L. Mémoires de la Société nat. des Sciences naturelles et mathém. de Cherbourg. Impr. Ch. Syffert, 1882. 40 s. <https://cutt.ly/cYvXsEw>
13. Lohmann, Larry. The Carbon Shop: Planting New Problems, World Rainforest Movement Plantations Campaign Briefing No. 3 WRM, Montevideo (1999) Briefing Paper <https://cutt.ly/DYU3bvD>
14. Mayer, Mathias, Cindy Prescott, Wafa Abaker, Laurent Augusto, Lauric Cecillon, et al.. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. Forest Ecology and Management, Elsevier, 2020. №466, pp.118-127. <https://cutt.ly/3YiySWO>
15. Smith, Kevin. The Carbon-Neutral Myth: Offset Indulgences for Your Climate Sins (2007), 80 p. 10-11, <https://cutt.ly/QYU9oWz>

16. Wei, X.; Li, Q.; Zhang, M. [and others]. 2018. Vegetation cover—another dominant factor in determining global water resources in forested regions. *Global Change Biology*, 2005. Vol. 24. pp. 786–795. <https://doi.org/10.1111/gcb.13983>.
17. Wohlleben P. Das geheime Leben der Bäume. Was sie fühlen, wie sie kommunizieren — die Entdeckung einer verborgenen Welt / Peter Wohlleben. München: Ludwig Verlag, 2015. 224 p.
18. Аральское море и Приаралье [Текст] / под общ. ред. проф. В.А. Духовного [и др.]. Ташкент : Baktria press, 2017. 120 с. <https://cutt.ly/ZYvqvKV>
19. Бородавка В.О. (Ред.) Ліси Донеччини. Науково-інформаційний довідник. Луцьк: ІНІЦІАЛ, 2015. 400 с. <https://cutt.ly/pYc6WZG>
20. Бородавка В.О. Природні ліси регіонального ландшафтного парку «Донецький кряж» / В.О. Бородавка, С.В. Третьяков, І.М. Верещетін. Донецьк: Технопак, 2009. 160 с.
21. Василюк О.В. Зелені клини у складі екомережі міста. Жива Україна. № 13-14. 2005. С.8.
22. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд. Чернівці, 2020. 84 с. <https://cutt.ly/VYc49aG>
23. Докучаев В.В. О задачах и целях, преследуемых Особой экспедицией Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России. Сельское хозяйство и лесоводство. 1893. С. 107-108.
24. Докучаев В.В. Об опытах над испарением листьев, производимых Особой экспедицией Лесного департамента. Метеорологический вестник. 1893. Т. 3. № 4. С. 155-157.
25. Докучаев В.В. Экспедиция в южные степи для облесительных и обводнительных работ. Лесной журнал. 1892. Вып. 4. С. 411-414.
26. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. Высшая Школа, Москва, 1991. 366 с. <https://cutt.ly/bYncOrZ>
27. Мордкович В.Г. Степные экосистемы / В.Г. Мордкович; отв. ред. И.Э. Смелянский. 2-е изд. испр. и доп. — Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2014. 170 с. <https://cutt.ly/IYvq7tF>
28. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
29. Олійник Я.Б., Федорищак Р.П., Шищенко П.Г. Загальне землезнавство. К.: Знання-Прес, 2008. 342 с.
30. Писанец Е.М. Амфибии Украины (справочник-определитель земноводных Украины и сопредельных территорий). Киев: Зоологический музей ННПМ НАН Украины, 2007. 312 с. <https://cutt.ly/fYc6glG>
31. Поспелов И.Н., Поспелова Е.Б., Чиненко С.В. Притундровые редколесья и редины бассейна р. Лукунской (восточный Таймыр). Современные проблемы притундровых лесов. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, 4-9 сентября 2012 г. Архангельск, место издания изд-во ФГАОУПО «Сев. (Арк.) федеральный ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск, 2012. С. 263-272. <https://cutt.ly/wYvwjKD>
32. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. / уклад. О.Г. Лановенко, О.О. Остапівщина. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. 226 с. <https://cutt.ly/tYvJN9p>
33. Чибилев А.А. Лик степи (Эколого-географические очерки о степной зоне СССР). Л.: Гидрометеиздат, 1990. 192 с. <https://cutt.ly/9YvHY6f>

Наукове видання

Василіук Олексій Володимирович

**Як зміниться клімат,
якщо посадити мільярд дерев?**

Редактор Людмила Звенигородська
Макетування Анатолія Ротта

Підписано до друку 23.12.2021. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Roboto Condensed. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 2,55. Тираж 300 прим. Зам. 211531.

Видавець ТОВ «Друк Арт»
58018 Чернівці, вул. Маловокзальна, 2Д, т/ф 585-432
Ліцензія про державну реєстрацію ДК № 2741 від 15.01.2007 р.
Виготовлювач ФОП Варвус В. В.

