

**ВІДКРИТИЙ МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РОЗВИТКУ
ЛЮДИНИ «УКРАЇНА»**

Інститут біомедичних технологій

Кафедра мікробіології, сучасних біотехнологій екології та імунології

«Допущено до захисту»

Протокол засідання кафедри

№ __ від « _____ » 2023 р.

Зав. кафедрою

_____ Тетяна ТУГАЙ

**АГРОЛІСІВНИЦТВО – ШЛЯХ ДО СТАЛОГО
ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ**

Випускна кваліфікаційна робота

магістра заочної форми

навчання за спеціальністю

101 Екологія

Фоліс Ірина Аркадіївни

Науковий керівник к.б.н.

Мовчан Валентина Олексіївна

Оцінка захисту роботи

Робота виконана на базі Інституту біомедичних технологій, ВІДКРИТИЙ МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ «УКРАЇНА» під керівництвом к.б.н., директора ІБМТ Мовчан В.О.

Київ 2023

РЕФЕРАТ

Питання забезпечення продовольчої безпеки, переходу до сталого землекористування та охорони навколишнього середовища є тісно пов'язаними та глобального масштабу. Жодна країна сьогодні не має права абстрагуватися від їх вирішення. Так, під «стійким визнається землекористування, яке здійснюється відповідно до концепції сталого розвитку зі збереженням природноресурсного потенціалу, використання якого спрямоване на задоволення потреб суб'єктів земельних відносин»[62]. Центральною складовою зазначених вище питань є сільське господарство, яке в рамках сталого землекористування має задовольняти харчові потреби населення, дбати про відновлення та підвищення родючості ґрунтів, раціональне ефективне використання земель та природних ресурсів, а також їх захист та охорону. На жаль досить мало сучасних сільськогосподарських технологій, які б повною мірою відповідають цим вимогам.

Дипломна робота присвячена агролісівництву як технології за допомогою якої можливе подолання екологічних, економічних та соціальних труднощів. Встановлено позитивний вплив агролісівництва на ґрунти, водні ресурси, клімат, біорізноманіття, підкреслено його переваги. Зосереджено увагу на практичному досвіді впровадження агролісівничих систем закордонними фермерами. Зважаючи на те, що наша країна крім полезахисних лісосмуг не має інших практик агролісівництва, дана робота містить на базі проведених в її рамках досліджень рекомендації щодо впровадження та реалізації агролісівничих технологій на території України, як альтернативного способу ведення сільськогосподарської діяльності, що відповідає усім вимогам сталого землекористування. Перехід до агролісівничих практик відповідатиме світовим та зокрема європейським програмам щодо сталого розвитку, забезпечення продовольчої безпеки та охорони довкілля. А, враховуючи спрямованість України до євроінтеграції та те що відповідно до звіту від 02.02.20223р. щодо спроможності України виконувати умови членства в ЄС ми отримали найнижчу оцінку у сфері

охорони довкілля, такий перехід можна вважати дієвим способом досягнення цілей нашої держави.

Робота викладена на 102 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів, висновків, ілюстрована 11 рисунками і 1 таблицею, список використаних джерел включає 61 посилання.

Ключові слова: аголісівництво, сталє землеробство, синтропічне сільське господарство

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВПЛИВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН У СВІТІ ТА ЗОКРЕМА В УКРАЇНІ	10
1.1. Проблема перенаселення та нестачі продовольчих продуктів.....	10
1.2. Надмірне використання в процесі сільськогосподарської діяльності природних ресурсів та її вплив на якість компонентів природного середовища.....	12
РОЗДІЛ 2. АГРОЛІСІВНИЦТВО ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ АГРОЛІСІВНИЦТВА	25
2.1. Перехід до сталого землекористування.....	25
2.2. Агролісівництво та його переваги.....	30
2.2.1. Вплив агролісівництва на ґрунт.....	35
2.2.3. Вплив агролісівництва на водні ресурси.....	39
2.2.3. Вплив агролісівництва на клімат	44
2.2.3. Вплив агролісівництва на біорізноманіття.....	47
2.2.5. Економічна складова агролісівництва.....	52
РОЗДІЛ 3. СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АГРОЛІСІВНИЦТВА ТА БЕЗПОСЕРЕДНІ ПРИКЛАДИ НА БАЗІ РОЗРОБОК ЕРНСТА ГЬОТЧА	57
3.1. Різновиди агролісівничих систем та основні засади їх створення.....	58
3.2. Приклади впровадження агролісівничих систем на базі розробок Ернста Гьотча.....	65
3.3. Приклади застосування розроблених Ернстом Гьотчем методів в інших господарствах.....	70
РОЗДІЛ 4. ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОЛІСІВНИЧИХ	

СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	77
ВИСНОВКИ.....	82
ДОДАТКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

ВСТУП

Актуальність. Питання забезпечення продовольчої безпеки дуже гостро стоять сьогодні в усьому світі. Багато уваги приділено вітчизняними та зарубіжними вченими цим питанням в економічному, соціальному, правовому розрізі. В концепціях національної безпеки більшості передових країн відчутна спрямованість на забезпечення продовольчої безпеки. Розробляються та приймаються відповідні закони, державні стратегії й програми, згідно до яких сільськогосподарська діяльність є основою продовольчої безпеки. В свою чергу сучасне традиційне сільське господарство містить екологічно небезпечні чинники. Дослідження негативного впливу даної галузі на навколишнє середовище говорять про негайну потребу у переході до механізмів сталого землекористування, які передбачають використання землі із застосуванням усіх методів та засобів, які б були здатні забезпечити реалізацію безперервного розвитку для досягнення економічного та екологічного балансу.

До стратегічних інструментів більшої частини світу, в тому числі і на території Європейського союзу віднесено агролісівництво, за допомогою якого вбачається досягнення амбітних цілей в галузях екологічної, кліматичної та енергетичної незалежності. Протягом останнього двадцятиліття в галузі агролісівництва активно проводяться численні дослідження: Toensmeier E.[25, 37], Herren H.[37], Russell Smith J.[28], Sollen-Norrin M., Ghaley B., Rintoul N.[31], Meier R., Schwaad J., Seneviratne S.I.[38], Wilson M., Lovell S.T.[41], Bentrup G., Hopwood J., Adamson N.L., Vaughan M.[42], Golicz K., Ghazaryan G., Niether W. Wartenberg A.C., Breuer L., Gattinger A., Jacobs S.R., Kleinebecker T., Weckenbrock P.[49], Aertsens J., De Nocker L., Gobin A.[50], Joffre R., Rambal S.[51], О.І. Фурдичок[26], О.І. Пилипенко, В.Ю. Юхновський, С.М. Дударець, В.М. Малюга[27] та іншими. Вони містять певні розробки, покликані вирішити низку екологічних проблем.

Серед вітчизняних науковців надто мало уваги приділено галузі агролісівництва. Певні напрацювання є лише у декількох (О.І. Фурдичок[26], О.І. Пилипенко, В.Ю. Юхновський, С.М. Дударець, В.М. Малюга[27]), які цінні тим, що визначають вплив деревних насаджень на довкілля. При цьому слід зауважити, що зазначені автори розглядають агролісівництво тільки у розрізі полезахисних лісосмуг, які на сьогодні перебувають у стані занепаду. В свою чергу, західні науковці та практики розуміють під агролісівництвом поєднання сільського господарства з лісівництвом, та визначають, що це техніка, яка передбачає навмисне змішування дерев з іншими формами сільського господарства (рослини, тварини)[49, 50]. Така форма господарювання не просто здійснює захисні функції, вона є наближеною до природніх екосистем, надає набагато більше екологічних послуг, продуктивніша, менш ресурсовитратна, економічно вигідніша, веде до сталості.

Також не дивлячись на те, що курс нашої держави сьогодні спрямований на вступ до Європейського союзу, охорона навколишнього середовища та перехід до сталого землекористування все ще перебувають на надто низькому рівні. Державою досі не прийнято жодних результативних рішень, покликаних оперативно протидіяти руйнівним наслідкам сільськогосподарської діяльності, що ускладняється воєнними діями. В зв'язку з чим виникає необхідність у вивченні прогресивного світового досвіду в рамках переходу сільськогосподарських підприємств до таких екологічно орієнтованих стратегій розвитку, як агролісівництво, теоретичному дослідженні його переваг та практичних рекомендаціях його впровадження. Тож, дослідження в галузі агролісівництва як шляху до сталого землекористування є актуальними та мають практичне значення.

Мета дослідження: обґрунтування пропозиції переходу України до сталого землекористування шляхом впровадження екологічно орієнтованої альтернативної форми сільського господарювання у вигляді агролісівництва.

Завдання дослідження:

- 1) здійснити аналіз впливу традиційного сільського господарства на довкілля та світових тенденцій переходу до сталого землекористування;
- 2) встановити вплив агролісівництва на ґрунти, водні ресурси, клімат, біорізноманіття та економічну складову;
- 3) виявити та обґрунтувати переваги агролісівництва перед іншими системами землекористування;
- 4) вивчити досвід впровадження агролісівництва на базі розробок Ернста Гьотча;
- 5) надати рекомендації щодо впровадження агролісівничих систем на території України.

Об'єкт дослідження – шляхи переходу до сталого землекористування.

Предмет дослідження - агролісівництво як екологічно спрямована сільськогосподарська технологія.

Методи дослідження, які були застосовані в ході роботи: аналітичне дослідження літературних джерел та практичного досвіту, аналіз та синтез, порівняння, тощо.

Наукова новизна. В роботі наведено теоретичне узагальнення методів агролісівництва, зібрано та згруповано результати досліджень щодо його переваг та вперше запропоновано впровадження конкретних технологій агролісівництва на території України для зниження екологічної небезпеки сільськогосподарської діяльності та переходу до сталого розвитку.

Практичне значення одержаних результатів: впровадження кращих світових практик в сфері агролісівництва, виділених в процесі дослідження, на теренах нашої держави дозволить мінімізувати вплив традиційного сільськогосподарського виробництва на довкілля, протидіяти змінам клімату та перейти до сталого розвитку.

Апробація наукового дослідження: результати дослідження оприлюднено у вигляді доповіді на конференції "Сучасні наукові дослідження в біології, екології, медицині та фармації".

Публікації. Надається перелік опублікованих наукових робіт згідно існуючих вимог. Ксерокопії праць надаються в додатках (титульна сторінка збірника чи матеріалів конференції, його зміст, стаття чи теза автора).

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота викладена на 78 сторінках основного тексту. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел з 61 найменування, 8 додатків. Робота містить 1 таблицю та 11 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВПЛИВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН У СВІТІ ТА ЗОКРЕМА В УКРАЇНІ

Користь, яку нам приносить природа, має глобальне значення для нашого існування. Обсяги та швидкість споживання усіх ресурсів, за рахунок яких живе людство, сьогодні наймасштабніші ніж будь-коли. Чи не досягли ми точки безповоротності? Адже ресурси не є невичерпними, а заподіяна нами руйнівна шкода природі, звісно, матиме наслідки, які можуть бути катастрофічними.

Агропромислове виробництво має дуже відчутний вплив на довкілля. Територіальне поширення його ланок, особливо сільського господарства, є першочерговим чинником рівня антропогенного навантаження. При цьому не слід забувати про важливість екологічної безпечності аграрної продукції для здоров'я людини[1].

1.1. Проблема перенаселення та нестачі продовольчих продуктів

«Зростання чисельності людства викликало брак продовольства, енергії 364 і прісної води. Подолання цих проблем ускладнюється зміною клімату, руйнуванням природних екосистем, зниженням біорізноманіття, забрудненням середовища і військовою загрозою»[2].

12 тис. років тому людство розпочало свій перехід від кочового образу життя до осілого. Процес зміни його діяльності від збиральництва, полювання та рибальства до землеробства та скотарства мав поступовий характер. Людина стала на шлях одомашнення рослин і тварин.

Розвиток сільського господарства відбувався дуже повільно. Обробляння землі самотужки за допомогою примітивних інструментів було дуже складною справою. Це стало причиною залучення до цього тварин. В результаті землеробство та скотарство набули симбіотичного характеру. І цей симбіоз тривав тисячоліття. Індустріальна революція, Перша та Друга світові війни кардинально змінили ситуацію. Темпи розвитку у галузі сільського господарства стають експоненціальними. Механізація багатьох процесів,

надмірна розораність території та глибока оранка, хімізація, меліорація, висока концентрація виробництва ніби полегшили життя фермерів та надали можливість виробляти набагато більшу кількість продукції, що стало сприятливою умовою для демографічного зростання. Але й руйнівна сила цього прискореного розвитку прямо пропорційна та є однією з причин сучасної екологічної кризи, тобто набула досить глобальних масштабів.

За оцінками The World Population Prospects 2019: Highlights в наступні 30 років світове населення збільшиться на 2 мільярди осіб до теперішніх показників у 7,7 мільярдів, а до кінця століття планета має підтримувати приблизно 11 мільярдів[3]. Такий ріст населення неминуче впливає на ріст потреби продукції аграрного сектору.

Раль Фюкс, співголова правління Фонду Генриха Белля, говорячи про розподіл засвоєних сільськогосподарських площ на кількість людей в світі наводить таку статистику: у 1970 році на задоволення харчових потреб однієї людини приходилося 3800 кв.м землі, в той час як у 2005 році ця цифра знизилася до 2500 кв.м, а до 2050 року вона складе приблизно 1800 кв.м.

В той же час він звертає увагу на зростання виробничих потужностей. Адже, якщо була б потреба у насичені продовольчого ринку кількістю продуктів харчування, вироблених у 1998 році, виробничими силами рівня 1961 року, то знадобилось би 82% площі земної кулі (в дійсності ця цифра складає 38%). Стрімкий ріст продуктивності супроводжується зменшенням кількості господарств, але вони стають більшими та потужнішими. Так, в Німеччині в період з 1949 по 2010 роки кількість зайнятих в аграрному секторі господарств скоротилася з 4,8 мільйони до 648 тисяч. Водночас кількість чоловік, яких годує один фермер, зросла з 10 до 132[4].

Отже, отримавши поштовх до розвитку сільське господарство стало спроможним випускати більше продукції, що призвело до стрімкого зростання кількості населення на планеті. Відповідно збільшилася потреба у сільськогосподарській продукції. Потрапляємо в замкнене коло, якби не той факт, що земельні площі є обмеженим ресурсом. Поки що вихід знайшовся у

більш інтенсивному землекористуванні. Але це не вирішує проблем продовольчої безпеки та згубності наслідки аграрної індустрії на навколишнє середовище.

Продовольча безпека є найважливішою складовою стійкого розвитку країни. Попри значний агропродовольчий потенціал у рейтингу країн за глобальним індексом продовольчої безпеки Україна в 2020 році посіла 54 місце, останнє серед країн Європи[5]. До початку в 2022 році на території нашої держави повномасштабних військових дій, не стояло питання щодо достатньої кількості продуктів харчування. Але не слід забувати, що для забезпечення продовольчої безпеки необхідно також дбати про охорону і збереження ресурсів, задіяних в агросекторі, їх відновлюваність та продуктивності.

1.2. Надмірне використання в процесі сільськогосподарської діяльності природних ресурсів та її вплив на якість компонентів природного середовища

Негативними наслідками використання природних ресурсів є їх вилучення і виснаження. Ресурси можна розподілити на невичерпні (сонячна енергія, енергія вітру та припливів, внутрішнє земне тепло) та вичерпні, що в свою чергу поділяються на відновні (вода, атмосферні гази, родючі ґрунти, рослинні та тваринні ресурси) та невідновні (вугілля, нафта, газ, металічні мінеральні сировини - руди, неметалічні мінеральні сировини). Говорячи про вилучення невідновних природних ресурсів, ми усвідомлюємо, що мова йде про повне виключення використання даних ресурсів у майбутньому. Що стосується виснаження, то мається на увазі погіршення якісних характеристик природних ресурсів в наслідок їх експлуатації.

А. К. Запольський і А. І. Салюк зазначають: «Оскільки відтворення відновних природних ресурсів відбувається повільніше, ніж їх споживання, з одного боку, а невідновні ресурси перетворюються на форми, непридатні для подальшої експлуатації через значну розсіяність потрібних елементів або

нову хімічну структуру, – з іншого, то відбувається вичерпність багатьох природних ресурсів»[6].

Земельні ресурси відносяться до обмежених. Станом на 1 січня 2021 року за даними Держгеокадастру України земельний фонд України складає 61,7 млн. га, з них сільськогосподарські угіддя становлять 17,6 млн. га, у тому числі рілля – 14,83 млн. га. (див. додаток 1 таблиця 1 [12])

Головною функцією ґрунту, як окремої складової в природі, є забезпечення життя в цілому. Саме ґрунт є базою існування, росту, розвитку та розмноження живих організмів та базою утворення усіх життєво необхідних елементів - води і елементів мінерального живлення у вигляді хімічних сполук. Будучи необхідною умовою для життя на Землі, ґрунт є одночасно і наслідком цього життя.

Здатність ґрунту виконувати роль сільськогосподарських угідь, будучи оптимальним середовищем для росту і розвитку сільськогосподарських культур, не втрачати при цьому екологічну рівновагу даного середовища, вказує на його агроекологічний потенціал.

Відповідно, ґрунт дуже цінний ресурс, до якого ми повинні ставитись з особливою дбайливістю. Деградація ґрунту напряму впливає на здоров'я та життя людей. Сучасний стан ґрунтів у світі характеризується значним рівнем деградації близько 2 млрд га. Щорічно через ерозію втрачається 24 млрд тон родючих ґрунтів. Щорічні втрати від деградації земель складають 42 млрд дол США. За даними ООН кількість країн у світі, яким загрожує деградація земель складає 110 держав[7].

Звісно, така ситуація є наслідком безвідповідальної політики не тільки в сільськогосподарському секторі, а й у промисловому. Незбалансоване управління родючістю ґрунтів, тривале виснажливе землекористування призводять до знищення родючих земель, втрати біорізноманіття, опустелювання.

Крім того, сьогодні дуже відчутним фактором впливу є кліматичні зміни. За результатами досліджень, проведеними українськими

кліматологами наше полісся (зона достатнього зволоження й помірних температур) зникає. Рівень зміщення межі кліматичних зон з півдня на північ сягає як мінімум 200 км, а за переконанням деяких вчених і всі 400 км. З такими темпами Київ має всі шанси перетворитися на степ.

Також в процесі вище вказаних досліджень встановлено, що на території нашої держави спостерігається зменшення середньої кількості опадів до 568 мм на рік (межею безпечного землеробства вважають 700 мм річних опадів) та нерівномірність їх випадіння, в результаті чого відбувається швидке випаровування вологи, збільшується кількість посушливих днів, відбувається зневоднення басейнів рік. Крім того, в Україні зафіксовано зростання середньорічної температури майже на 2°C за останні 30 років. В зв'язку з кліматичними змінами Україна стає жертвою посухи, значна частина її площ стає зоною ризикованого землеробства. А найстрашнішою загрозою є втрата земель через опустелювання[8].

До того ж Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України констатує сумну статистику:

- Україна посідає 9 місце у світі за площею орних земель, які займають майже 33 млн га.

- розораність земель України є однією з найвищих у світі та сягає трохи більше, ніж 54 % території. Це призводить до значного розвитку деградаційних процесів;

- 13 млн га сільськогосподарських угідь зазнають згубного впливу водної ерозії;

- понад 6 млн га земель систематично піддаються вітровій ерозії;

- до 20 млн га охоплені пиловими бурями[9].

22.10.2014р. Кабінетом Міністрів України схвалено Концепцію боротьби з деградацією земель та опустелюванням, відповідно до якої на законодавчому рівні визначено проблему, яка потребує розв'язання. Відповідно до зазначеного нормативно-правового акту «деградація земель та опустелювання є одними з найбільш серйозних викликів для сталого

розвитку країни, які спричиняють істотні проблеми екологічного і соціально-економічного характеру.

Найбільш масштабними деградаційними процесами є водна та вітрова ерозія ґрунтів (близько 57% території країни), підтоплення земель (приблизно 12%), підкислення (майже 18%), засолення та осолонцювання ґрунтів (більш як 6%).

За різними критеріями забрудненими є близько 20 відсотків українських земель. Щороку фіксується майже 23 тис. випадків зсувів. Внаслідок абразії руйнується до 60% узбережжя Азовського і Чорного морів та 41% берегової лінії дніпровських водосховищ. Більш як 150 тис. гектарів земель порушені внаслідок гірничодобувної та інших видів діяльності. Кількість підземних і поверхневих карстопроявів становить близько 27 тисяч.

Унаслідок деградації земель протягом 1986-2010 років вміст гумусу зменшився на 0,22% і становить 3,14%. За цей період втрати гумусу в орному шарі становили 5500 кілограмів на гектар. Щороку з урожаєм сільськогосподарських культур з кожного гектара безповоротно відчужуються 77-135 кілограмів поживних речовин (азот, фосфор, калій)»[10]. Не слід забувати, що деградація та еродованість ґрунтів напряду впливає на їх здатність утримувати CO₂.

Крім того, у світі й, зокрема, в Україні, існує гостра проблема підтоплення і засолення зрошуваних ґрунтів. Використання для поливу води підвищеної мінералізації призводить до розвитку ланцюгових процесів руйнування зернистої структури ґрунтів і зниження їхньої родючості в наслідок витісненням з нього кальцію, заліза й алюмінію одновалентними катіонами. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва пов'язана із сильною техногенною дією на ґрунти. Додавання добрив і засобів захисту рослин один з найрозповсюджених способів інтенсифікації землеробства. Зазначений спосіб має найбільший вплив на колообіг речовин та за тривалого використання існує загроза нагромадження небезпечних речовин у ґрунтах і врожаї[11].

Виходячи з Національної доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України ситуація не змінилася в бік покращення. Починаючи з 1990 року, реальна державна підтримка питання збереження ґрунтів, відтворення та підвищення їх родючості припинилася, а саме питання втратило пріоритетність. На відміну від періоду до 1990 року, коли виконувався практично весь комплекс робіт, спрямованих на збереження ґрунтів, а обсяг їх щорічно збільшувався, за останні два десятиліття проведення заходів щодо поліпшення ґрунтів значно скоротилося, а окремі роботи взагалі не проводяться вже кілька років поспіль. У наслідок чого, спостерігається стійка тенденція подальшої інтенсивної деградації ґрунтового покриву[12].

В таких умовах є потреба у кардинальних змінах, переході від традиційних на сьогодні підходів до регенеруючих. Одним з ключових завдань сільськогосподарської галузі має бути відновлення ґрунту (відтворення структури, розсолення, нейтралізація), підтримка його здоров'я та його захист. Добре структурований ґрунт з великим вмістом органічної речовини та здорової біоти здатен до кращого утримання води, зберігання вуглецю та протистояння ерозії.

Переходячи до аналізу використання наступних ресурсів, слід нагадати про загальний зв'язок процесів і явищ у природі та один із законів екології, сформованих у 1974 році американським екологом Баррі Коммонером - «Усе пов'язано з усім». Ми маємо чітко розуміти, що деградація і еродованість земель, а також опустелювання неминуче ведуть до знищення біорізноманіття та погіршення кліматичних умов, негативно впливають на стан водних об'єктів та можуть призвести до їх повної втрати. В свою чергу, це призведе до глобальних проблем екологічного та соціально-економічного характеру

Отже, перейдемо до стану водних ресурсів. Майже 70% світових запасів прісної води зібрано у льодовиках та сніговому покриві. Враховуючи

їх стрімке танення, вона швидко втрачається, розчиняючись в океанських водах. Приблизно 30% прісної води становлять підземні води. Лише приблизно 1% складається з вод рік та озер. При цьому прісна вода має нерівномірне територіальне розосередження, в зв'язку з чим на сьогодні вже ряд країн перебувають в стані дефіциту цього цінного ресурсу.

До основних чинників водного режиму відносяться - клімат, геологія, рельєф, ґрунти та рослинність. «Вплив зміни клімату найбільше відчувається через зміну гідрологічних умов, включаючи зміни в динаміці снігу та льоду.» (*Організація Об'єднаних Націй, 2020 р.*) «Згідно з прогнозами, зміна клімату призведе до збільшення кількості регіонів, які зазнають нестачі води, і посилить нестачу води в регіонах, які вже відчувають нестачу води.» (*Організація Об'єднаних Націй, 2020 р.*) «До 2050 року кількість людей, які наражаються на ризик повеней, збільшиться з нинішнього рівня 1,2 мільярда до 1,6 мільярда. У період з початку до середини 2010-х років 1,9 мільярда осіб, або 27% населення світу, жили в районах, які потенційно відчувають гостру нестачу води. У 2050 році це число збільшиться з 2,7 до 3,2 мільярда людей.» (*Організація Об'єднаних Націй, 2020 р.*) «У більш ніж п'ятій частині басейнів світу останнім часом відбулося швидке збільшення площі поверхневих вод, що свідчить про повінь, зростання водоймищ та нещодавно затоплені землі; або швидке зменшення площі поверхневих вод, що вказує на висихання озер, водосховищ, водно-болотних угідь, заплав та сезонних водойм.» (*Організація Об'єднаних Націй, 2021 р.*)[13,14].

До змін гідрологічних режимів водойм та порушення екосистем річкових басейнів призводить масштабна вирубка лісів, створення штучних водоймищ, каналів, поглиблення дна водойм, забудова заплав, будівництво дамб та подальше недбальство щодо них, забудова берегів, видобуток алювію (зазвичай гравію чи піску), забір води і скид стічних вод, перекидання стоку, розорювання, меліорація земель, забрудненість, розвиток деградаційних процесів[15,16].

Відповідно до Глобального огляду забруднення води сільським господарством «Більше людей, більше продовольства, гірша вода?» представленого Продовольчою і сільськогосподарською Організацією (ФАО) і Міжнародним інститутом управління водними ресурсами: зрошення є найбільшим за обсягом чинником стічних вод у світі, у процесі інтенсифікації землеробства значно збільшилося використання синтетичних пестицидів, добрив та інших речовин, 35% використаних мінеральних добрив потрапляє в океанічні води, близько 700 нових забруднюючих речовин виявлено у водному середовищі Європи. У порівнянні з промисловістю та життєдіяльністю міст сільське господарство в багатьох країнах стало переважним джерелом забруднення води, адже при дослідженні вмісту хімічних забруднювачів підземних водоносних горизонтів по всьому світу сільськогосподарські нітрати виявились найрозповсюдженими. В результаті агропромислової діяльності у водойми потрапляє великий обсяг агрохімікатів, сольових розчинів, органічних речовин[17].

Враховуючи, те, що на території України відсутні великі природні водойми, запаси підземних вод невеликі, майже половина боліт осушена, вона є однією з найменш водозабезпечених порівняно з країнами Європи. Нерівномірне поширення водних ресурсів по території України ускладнює їх використання. Середня густота річкової мережі в нашій країні складає 0,34 км/кв.км. Водне покриття становить 4% від загальної площі. Сумарні водні ресурси України в середньоводний рік (p-95%) становлять 48,8 куб. км, у багатоводний рік (p-50%) – 83.5 куб. км[18].

Не дивлячись на стан дефіциту, протягом останніх десятиліть водні ресурси необмежено використовувалися та продовжують використовуватися нашою державою для потреб агропромислового виробництва. Значне збільшення зрошуваних площ зробило сільське господарство основним споживачем води, адже саме на нього припадає 70% її загального використання. Так, від 40% до 70% і більше води втрачається при поливі по

борознах, який є найпоширенішим у світі способом зрошення, близько 20% - при поливі за допомогою дощувальних машин. В той час як при внутрішньогрунтовому поливі (крапельний полив) втрати води становлять не більше 10%[19].

При цьому, 20-60% ужитої для зрошення води, втрачається безповоротно, а частина, яка повертається до водойм, містить сильне забруднення солями. Також щороку у річки й водойми України підприємствами хімічної промисловості, в тому числі і виробниками добрив, скидається близько 50 млн т агресивних речовин, серед яких наявні пестициди, формальдегіди, фенол, фтор. Крім того, велика кількість отруйних речовин виноситься в річки, а далі – в моря та океани, з сільськогосподарських угідь поверхневими та ґрунтовими водами. Наприклад, потрапляння фосфору до водойм призводить до інтенсивного розмноження синьо-зелених водоростей та «цвітіння» води, в наслідок чого в ній різко знижується вміст кисню та відбувається загибель водної фауни[20]. Отже, в результаті впливу сучасної сільськогосподарської діяльності відбувається втрачання водними ресурсами України їх природно-екологічного потенціалу.

Говорячи про вплив сільськогосподарської галузі на навколишнє природне середовище, не слід упускати і такий важливий аспект останнього, як біорізноманіття. Відповідно до звіту Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО) станом на 2020 рік можливості підтримки біосферою життя на нашій планеті за останні роки значно послабшали в зв'язку із стрімкою втратою біорізноманіття[21].

Функціонування усього довкола тісно пов'язане з існуванням кожного з видів. Більше видів – більше можливостей, більше послуг, більше продуктів. Кожна навіть найдрібніша істота несе свій вклад у життєдайність нашої планети. Кількісне зростання видів довготривалий нестабільний еволюційний процес. За сприятливих умов нові види швидко утворювалися та розповсюджувалися. Однак, погіршення умов існування та ряд негативних

факторів супроводжувалися і видовим вимиранням. Отже, утворення видів та їх вимирання можна віднести до природних процесів. Проблема ж втрати біорізноманіття постає тоді, коли співвідношення цих процесів незбалансоване. А саме, коли вимирання видів відбувається надто стрімко.

Століттями людство не усвідомлювало користі та життєвої необхідності біорізноманіття. Варварські знищуючи все довкола за ради задоволення своїх сьогоденних потреб, руйнувалися та руйнуються місця існування флори та фауни, знищуються ліси та водойми, відбувається надмірна експлуатація земель, забруднюється навколишнє середовище. В результаті назавжди втрачається безліч видів, а разом з ними низка продуктів та послуг, які отримувалися в процесі їх життєдіяльності.

«За сучасними оцінками, сьогодні темпи вимирання видів під антропогенним пресом перевищують темпи природного вимирання в 100—1000 разів, і навіть якщо ці темпи залишаться на нинішньому рівні (а поки що вони наростають), через 50—100 років планета втратить від 25 до 50 % сучасної видової різноманітності! Мільйони (а можливо, десятки мільйонів) видів можуть зникнути швидше, ніж людство дізнається про їхнє існування»[22].

Зрозуміло, що найбільшої шкоди різноманіття біологічних видів зазнає від галузей, що базуються на природо- або землекористуванні. У вище заданому звіті ФАО саме зміни у землекористуванні визнаються головними чинниками, що призводять до втрати біорізноманіття, а сільське господарство - найрозповсюдженішою причиною таких втрат. Особливу увагу у звіті приділено біорізноманіттю ґрунтів, яке складає понад 25% біорізноманіття планети, але є найменш вивченим на сьогодні (не більше 1%).

З 1980 р. по 2000 р. з метою збільшення пасовищних та орних площ було захоплено близько 100 млн. га тропічних зон Південної Америки та Південно-Східної Азії. Половину із захоплених земель займали ліси. Під сільськогосподарську галузь сьогодні задіяно понад третину земної поверхні

і майже 75% прісної води[21]. Масштабне розгалуження та інтенсифікація агросектору за рахунок використання хімічних сполук, перш за все пестицидів та мінеральних добрив, призводить як до погіршення стану природних біотопів, повного чи часткового знищення місць існування диких видів тварин і рослин, так і до їх безпосереднього витіснення або зникнення. Природне середовище розчленовується, руйнується і знищується. Враховуючи тенденції постійного зростання попиту на сільськогосподарську продукцію, ситуація з втратою біорізноманянь тільки погіршується.

Біологічна різноманітність природи є її ключовим аспектом, і сільськогосподарський сектор не є винятком. Але з кожним роком все більше спостерігається скорочення кількості не тільки видів культур, що обираються фермерами для вирощування, але і їх сортів.

Однією з основних проблем, що призводить до скорочення біологічного різноманіття є перехід сільського господарства до монокультури. Чим більше різноманітних біологічних видів присутнє на конкретній місцевості, тим сильніша і багатша її екосистема. Видове різноманіття рослин, тварин і комах у середовищі допомагає контролювати надмірне поширення шкідників, хвороб, та інших негативних явищ. Монокультура навпаки веде до порушення природного балансу ґрунту, викликаючи скорочення біорізноманіття.

Вирощування єдиної культури на полі також негативно впливає на таких важливих учасників природного репродуктивного циклу, як бджоли та інші запилювачі. Надмірне використання пестицидів, гербіцидів та інших хімічних речовин у монокультурному сільському господарстві шкодить здоров'ю та скорочує популяції комах-запилювачів, покликаних підтримувати зростання культур та родючість ґрунту. Крім того, поля, засіяні однією культурою, можуть простягатися на кілька кілометрів у всіх напрямках. У такій ситуації запилювачі страждають через відсутність різноманітного раціону, оскільки їм доступний лише один вид їжі.

Така відсутність біорізноманіття в природному середовищі проживання запилювачів також призводить до дефіциту корисних для їхнього здоров'я біфідобактерій або лактобактерій. Відсутність необхідних мікроорганізмів, у свою чергу, означає швидке псування їжі у вуликах, скорочуючи запаси їжі для бджіл та послаблюючи їх імунну систему.

Фермери, які дотримуються монокультурного землеробства, стикаються з великими труднощами у боротьбі з навалою шкідників на своїх полях. Шкідники найбільш плідні на сільськогосподарських угіддях, де щороку вирощують лише один вид культур. Причиною є постійна наявність їх улюбленої їжі, що дозволяє їм активно розмножуватися з року в рік.

Крім того, щодо захисту від польових паразитів, у монокультурі відсутній один важливий аспект, яким може похвалитися полікультурне землеробство – генетична різноманітність рослин. Наприклад, полікультура може забезпечити вирощування на полі деяких видів рослин, які відлякують шкідників, тим самим виступаючи як природний інструмент боротьби зі шкідниками.

Вирощування лише однієї культури веде до ослаблення рослини, робить її менш стійкими до хвороб та шкідників. В результаті фермери змушені застосовувати більшу кількість пестицидів та гербіцидів для захисту врожаю. Ці хімікати проникають у землю, забруднюючи ґрунт та ґрунтові води, а також вбивають значну кількість мікробіоти, яка мешкає в ґрунті. Не варто забувати про здатність до виживання шкідників в зв'язку з резистентністю. У разі виживання деяких видів шкідників після використання хімікатів, відбувається збільшення дози використаних пестицидів або заміна їх на ще більш агресивні. Пізніше, ці паразити передають знову набутий імунітет своєму потомству, яке, своєю чергою, ще активніше розмножуватиметься на даній ділянці поля, оскільки їхнє основне джерело їжі залишається незмінним.

Висновок

Підсумовуючи вище викладене, хочеться підкреслити, що, якими б добрими намірами не керувалася традиційна сільськогосподарська діяльність, але вона суттєво порушує природну рівновагу та наносить навколишньому середовищу руйнівної шкоди. Сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції:

- надмірно використовує, погіршує стан та виснажує земельні та водні ресурси, наслідком чого є деградація та еродованість ґрунтів (ерозія переущільнення, висушування, підтоплення), їх засолення, зниження родючості, зниження рівня води водних об'єктів, зростання дефіциту водних ресурсів, забруднення вод та ґрунтів мінеральними добривами, засобами захисту рослин, відходами тваринницьких ферм (метан, сірководень, аміак та інш.) та небезпечними продуктами розпаду, що утворилися в результаті утилізації відходів;

- призводить до руйнації рельєфів, знищення лісів;
- зменшує видове різноманіття рослинного й тваринного світу;
- веде до глобальних кліматичних змін;
- впливає на здоров'я і безпеку усіх живих організмів, в тому числі і людини, та усієї екосистеми в цілому.

Швидкозростаюча кількість населення породжує підвищувати попит на харчову продукцію, але площа придатних для вирощування їжі земель не просто нездатна збільшитися, з кожним роком вона зменшується в результаті недбалого землекористування.

У розрізі кліматичної кризи сільське господарство є особливим сектором. Воно дуже вразливе до зміни кліматичних умов і водночас, як ми бачимо, є одним із головних винуватців кліматичної надзвичайної ситуації. Кліматична криза спонукала світ до підняття питань пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації сільськогосподарського розвитку, яке в першу чергу зосереджено на збільшенні світового виробництва продовольства, на глобальному рівні.

Егоїстична гонитва за виживання у спосіб виснажливого використання природних багатств також шлях до зневоднення планети, знищення значної кількості видового різноманіття та, в кінці кінців, руйнації літосфери, атмосфери та гідросфери.

Отже, традиційні технології сільськогосподарського виробництва порушуючи екологічну рівновагу планети, мають глобальний вплив на її екосистему. Простежується прямий зв'язок між способами ведення сільського господарства на нищівними наслідками для природних комплексів. Небажання визнавати ці причино-наслідкові зв'язки, ніяким чином не здатне допомогти людству. Адже, руйнація екосистеми унеможливить навіть наше існування. Щоб відповісти на цей виклик, підходи до сільського господарства вимагають впровадження нових рішень.

РОЗДІЛ 2

АГРОЛІСІВНИЦТВО ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ АГРОЛІСІВНИЦТВА

2.1. Перехід до сталого землекористування

Перехід від нищівного споживання до кооперації – напрям, який ми маємо обрати. Природні екосистеми вже не потребують охорони. Запізно. Вони вимагають відновлення. Від нас залежить, чи буде надалі природа мати можливість підтримувати життя нашого виду.

Під екосистемою ми розуміємо поєднання таких компонентів, як живі організми і середовище їхнього існування. Результатом взаємодії та взаємозв'язку цих компонентів є утворення єдиного відносно замкненого стійкого стабільного у часі та просторі комплексу, відкритої термодинамічної системи, що існує за рахунок надходження з навколишнього середовища енергії та постійного колообігу речовин. Об'єднуючись, компоненти призводять до збільшення функціональності, виникнення нових якостей, а також здатності до саморозвитку та саморегуляції.

Не слід забувати, що окрім природних екосистем (біогеоценозів), до яких відносять наземні (ліси, степи) прісноводні (річки, озера, болота), морські (лимани, моря, рифи), існують також штучно створені людиною (агроценози) - поля, городи, сади, квітники, ставки. Головною відмінністю агроценозу є не тільки його штучне створення, а й потреба у втручанні з боку людини за для його підтримки.

В біогеоценозі завжди наявний природній відбір, в процесі якого знищуються слабкі та хворі організми. Це призводить до забезпечення стійкості екосистеми. В агроценозі втручання людини у вигляді фільтрації видів має послаблюючий ефект. В природній екосистемі присутній колообіг поживних речовин, в той час як в штучних він переривається за рахунок вилучення частини поживних речовин у вигляді врожаю.

Природні екосистеми постійно саморегулюються та оновлюються, здатні пристосовуватися до змін зовнішнього середовища, чинити опір зовнішньому впливу. Вони сприймають, переробляють та засвоюють зовнішню енергію та віддають її. Велике видове різноманіття забезпечує довгі харчові ланцюги та взаємозв'язок організмів. В результаті чого процеси, що відбуваються в біогеоценозі є безвідходними та утворюють замкнений цикл.

Штучні екосистеми, до яких безперечно відносяться сільськогосподарські угіддя, значно слабкіші. Їх життєдіяльність постійно контролюється і забезпечується людиною. Людина корегує площу, чисельність видів, намагається підвищити продуктивність за рахунок не завжди природних способів. Такі системи, порівняно з природними, потребують набагато більше енергії, а видають її набагато менше. Найчастіше такі середовища продукують відходи, оскільки в середні них відсутні ланки, які б їх споживали. Крім того, вони, зазвичай, як аналізувалося вище, є загрозою для природного середовища, оскільки є занадто виснажливими, а в гіршому випадку, навіть руйнівними.

Переваги природної екосистеми та вразливість штучної безспірні. Але, як уже згадувалося раніше, розміри нашої популяції не дають нам можливості покладатися лише на одну природу. Враховуючи колосальну шкоду, що заподіює навколишньому середовищу сільське господарство, яке ведеться у традиційний спосіб, та високу потребу у сільськогосподарській продукції, є необхідність у переході до більш оптимізованих його форм.

Ще у 1992 р. ООН ввело таке поняття, як стале землекористування, визначивши його як використання земельних ресурсів, включаючи ґрунти, воду, тварин і рослини, що здатні задовольнити мінливі потреби людини, при одночасному забезпеченні довгострокового виробничого потенціалу цих ресурсів і підтримці їх екологічних функцій[23].

Стало зрозумілим, що екологічні проблеми, до яких веде недбале землекористування, потребують негайного розв'язання. Концепція сталого

землекористування передбачає раціональне використання землі із застосуванням усіх методів та засобів, які б були здатні забезпечити реалізацію безперервного розвитку для досягнення економічного та екологічного балансу.

Застосування таких технологій, як полікультурне вирощування, сівозміни, органічне землеробство, відмова від використання хімічних добрив і пестицидів, вирощування місцевих культур, містить ознаки дбайливості, спрямоване на уникнення від виснаження та забруднення ґрунтів, ґрунтових вод, на залучення та збереження популяцій запилювачів, комах-хижаків та ґрунтової фауни.

Однак, ми не можемо резюмувати глобальних позитивних змін, оскільки вище зазначені технології ще тільки набирають обертів та не досить масштабно розгалужені, щоб впливати на екологічний стан природного середовища в цілому. Але їх впровадження на локальному рівні досить вдале та успішне. До того ж, варто відмітити, що комплексне поєднання цих технологій здатне призвести до більш дієвих результатів.

Розвиток сталого землекористування передбачає системний підхід, та поєднує в собі наступні напрямки:

- Агрономія (досліджує ґрунтові процеси і різноманітні культури),
- Стале управління водними ресурсами,
- Аналіз змін в землекористуванні, з урахуванням фактору кількісного росту населення та ресурсопотреб,
- Вивчення нових форм аграрного управління.

Всі ці напрямки довгий час існували відокремлено один від одного. Новітні технології надають можливість швидко збирати та аналізувати велику кількість корисної інформації про довкілля, встановлювати відмінності різних систем, їх зв'язки та здатність до взаємодії. Виявлені в результаті найбільш стійкі та продуктивні поєднання з міцним саморегулюванням та саморозвитком, а також мінімальним в майбутньому втручанням з боку людини підлягають інтеграції. При обранні форми

аграрного управління, слід віддати перевагу тій, що включає в себе комплексний підхід, передбачає оптимізоване використання природних ресурсів, сприяє їх відновленню та поліпшенню, підвищує стійкість, базується на кооперації з природою, призводить до саморегуляції.

На мій погляд, найбільш повно вміщає в собі усі перераховані вище параметри пермакультурний підхід. Він містить в собі набір принципів проектування, що ґрунтуються на цілісному системному мисленні, моделюванні або прямому використанні закономірностей та характеристик стійкості, що спостерігаються в природних екосистемах. До його складових безумовно відноситься регенеративне землеробство, охорона та відновлення навколишнього середовища, сталість, співтовариство. За допомогою пермакультурних прийомів та методів ми маємо можливість створювати безпечні самодостатні системи, здатні до самостійних розвитку, регулювання, поповнення та відновлення, які в майбутньому вимагатимуть мінімальних праце-, енерго-, ресурсо- витрат – за умови попереднього грамотного проектування.

Звертаючись до праці безпосереднього засновника пермакультури австралійського вченого, Білла Моллісона, - «Пермакультура. Керівництво для дизайнерів», визначимо, що під пермакультурою він розумів «(перманентне сільське господарство) – обізнане проектування і підтримку сільськогосподарських продуктивних екосистем, які характеризуються різноманіттям, сталістю, здатністю до відновлення, як і природні екосистеми»[24]. Він був переконаний, що при певному поєднанні різних компонентів можливо збудувати гармонійну систему, яка буде створювати сприятливі умови для життя. Не останню роль при будівництві такої системи відіграє і відносне розміщення цих компонентів.

Моллісон був далеко не першим, хто замислювався над можливістю та доцільністю створення подібних екосистем, але саме він присвятив свою наукову діяльність відповідним дослідженням і спостереженням, результатом

яких стали детальні систематизовані напрацювання, викладені в ряді книг. Саме з нього в середині 1970 рр. почався світовий пермакультурний рух.

Серед відомих імена - Масанобу Фукуока, Девід Холмгрен, Джефф Лоттон, Зепп Хольцер, Марк Шепард, Річард Хейнберг, Мартін Кроуфорд, Роберт Харт, Ерік Тонсмейер, Дейв Джек, Ернст Гетч та багато інших. Пермакультурні вчення розповсюдилися світом та все більше набирають обертів навіть в рамках сучасного Зеленого курсу. Австралія, США, Канада, Великобританія, Німеччина, Нідерланди, Франція, Португалія, Швеція, Бразилія та низка азіатських і африканських країн мають свій напрацьований впроваджений пермакультурний досвід. [61].

Викладач Єльського університету, старший науковий співробітник Project Drawdown і автор Carbon Farming Solution, Ерік Тонсмейер, називає пермакультуру інструментом проектування, який допоможе вам взяти всі елементи саду, які ви хочете (наприклад, теплиця, овочі, сарай, дрібні фрукти, ставок) та інтегрувати їх таким чином, щоб вони стали чимось більшим, ніж сума їх частин[25]. Це дуже тонке зауваження.

При створенні сталої самодостатньої саморегулюючої системи, має бути добре проаналізованим відносно розміщення її елементів на стадії проектування. Фактори, які необхідно врахувати: можлива несумісність елементів один з одним, видові характеристики, потреби елементів, продукти (не тільки матеріальні, а й у вигляді діяльності) та відходи, що отримуватимуться від елементів. Якщо продукти чи відходи одного елементу можуть задовольнити потреби іншого елементу, то варто їх розмістити поруч за умови їх сумісності. Таким чином, ми можемо замкнути цикл, зекономити ресурси (в тому числі і наш час) та енергію, які мають бути витрачені для підтримки створеної системи[61].

Застосування пермакультурних методів та прийомів надає можливість створення екосистеми максимально подібної до природної, відкритої функціонально цілісної системи, яка існує за рахунок надходження з

навколишнього середовища енергії та частково речовини і яка саморегулюються та самовідтворюються.

Ця система передбачає навмисну інтенсивну інтеграцію лісових насаджень в сучасні системи землеробства та тваринництва. Вона має різні варіації назв - продовольчі ліси, харчові ліси, їстівні ліси, агроліси, лісо сади. В цій роботі пропонується зупинитися на назві агролісівництво. Хоч ця екосистема і створена людиною, але за рахунок поєднання в собі різних за суттю, галузей, підходів, способів ведення діяльності, набуває певних зв'язків, взаємовпливу та взаємодії, з високою продуктивністю та великим біорізноманіттям.

2.2. Агролісівництво та його переваги

З точки зору сучасних вітчизняних науковців: «Агролісівництво – це галузь агроекології, яка не є системою лісогосподарських заходів, а є прийомами забезпечення отримання екологічно чистих, високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур через використання лісових насаджень у вигляді лісосмуг деревами та чагарниками, які безпечні для навколишнього середовища»[26].

Роль лісів неоціненна, не тільки тому, що вони є легенями нашої планети. Ліси є найбільш стійкими та пристосованими до зовнішніх змін екосистемами з усіх існуючих. За рахунок лісових насаджень підтримується екологічна рівновага та стабілізується збалансована взаємодія основних екосистем біосфери. Вони є найдієвішими охоронцями навколишнього середовища та за умови недоторканості з боку людини здатні його зберегти для майбутніх поколінь.

При поєднанні елементів лісу та сільського господарства утворюється унікальний агроландшафт, каркасом якого є лісові насадження, які виконують захисну та меліоративну функції. У такому ландшафті лісові посадки є елементом довгострокової протиерозійної організації сільськогосподарських угідь. Вони сприяють раціональному використанню водних і земельних ресурсів та здатні призвести до підвищення продуктивності занедбаних

земель, кліматичних та гідрологічних поліпшень, збагачення флори і фауни. Ведення господарства у такий спосіб надає можливість використання простору між деревами для вирощування сільськогосподарських культур або випасання худоби, залучення опалого листя та обрізаного гілля для мульчування чи компостування, регулювання максимального використання поживних речовин і сировинних матеріалів, насадження ягідних та фруктових кущів і дерев для створення агролісосадів, розвитку бджільництва тощо.

Порівняно з відкритими безлісими територіями, продуктивність оптимізованих лісоаграрних ландшафтів може бути в 1,5–2 рази вище, що може суттєво допомогти у вирішенні питань екологічної та продовольчої безпеки. До того ж, відтворення лісоаграрних ландшафтів на еродованих схилових землях і насадження полезахисних лісових смуг у рівнинних умовах сприяє досягненню оптимального рівня заліснення території України (до 25%)[26, 27].

Отже, агролісівництво (поєднання сільського господарства з лісівництвом) – це техніка, яка передбачає посадку та управління, в першу чергу, деревами на сільськогосподарських угіддях в обмін на екологічну та економічну вигоди. Процес створення агролісу має включати навмисне змішування дерев з іншими формами сільського господарства (рослини, тварини) [49, 50]. Він покликаний не тільки забезпечити людину харчовими продуктами. До переваг агролісівництва відносяться висока продуктивність та багатофункціональність (комплексний захист ґрунтів, вод, рослин та тварин, поліпшення родючості ґрунтів та їх стабілізація, водоутримання, зменшення потенціалу можливих повеней та посух, утворення більш сприятливих мікрокліматичних умов, оптимальне використання площ, підвищення ефективності та зниження ресурсовитрат за рахунок симбіотичних відносин рослин/тварин, протидія парниковому ефекту, підвищення біорізноманіття). Агролісівництво можна сміливо віднести до

сталого землеробства із замкненими циклами господарювання, яке тісно переплітає у собі усі необхідні для оптимального існування компоненти[61].

Агролісівництво є динамічною системою, що об'єднує знання, накопичені в різних галузях, таких як сільськогосподарські науки, лісівництво, тваринництво, збереження навколишнього середовища, економіка та політика. Завдяки гармонійному поєднанню дерев, інших багаторічних рослин, а в деяких випадках навіть худоби, землекористування може бути покращене з екологічної та продуктивної точок зору; що означає найкраще збереження природних ресурсів і більшу різноманітність та вищі врожаї продукції.

Як наукова галузь започатковано в 30ті роки минулого століття географом Джозефом Расселом Смітом. В процесі своїх подорожей світом він спостерігав катастрофічні наслідки ерозії ґрунтів в багатьох країнах, до яких призвело недбале гірське землеробство. Саме йому належить славнозвісна фраза: «ліс – поле – плуг – пустеля». Смітом було розроблено ряд революційних ідей, які і стали першим фундаментальним науковим обґрунтуванням агролісівництва як способу перманентного сільського господарства.

У своїй книзі *Tree Crops: A Permanent Agriculture* (Культури дерев: перманентне сільське господарство) він пише: «Чому пагорби Західного Китаю зруйновані, а пагорби Корсики, порівняно з ними, є стійким Едемом? Відповідь проста. Північний Китай знає лише землеробство, що руйнує ґрунт, на розораних схилах пагорбів. Корсика, навпаки, пристосувала землеробство до фізичних умов; вона практикує ґрунтозберігаючий деревно-культурний тип землеробства»[28].

Він називає дерево - великим двигуном виробництва, а його «нині тріумфальних конкурентів» в галузі землеробства, зернові, - справжніми слабаками. Цю слабкість він, в першу чергу, бачить в кліматичних чинниках.

Для всіх рослин без виключення життєво необхідними факторами є світло, повітря, волога, тепло та поживні речовини, які, так чи інакше,

залежать від кліматичних умов. Ряд вчених, таких як К.А. Тімірязев, Д.М. Прянишников, М.І. Вавілов, І.В. Якушкін, довели, що всі ці фактори життя для рослин є рівнозначними, тобто не можливо замінити один фактор іншим. Якщо все це надати дереву, зазначає Дж. Рассел Сміт, воно переможно підніме голову та виросте. Але у випадку зі слабкими зерновими до всіх цих вимог необхідно додати плуг[28].

Спинаючись на кліматичних ресурсах, не слід забувати, що окрім, факторів життя вплив на рослини мають фактори середовища. Останні є багаточисельними і нерівноцінно впливають на рослини. Тому в агрокліматології елементи клімату за їх значимістю для рослин поділяють на основні та другорядні. Другорядні елементи лише корегують дію основних факторів, підсилюючи чи послаблюючи їх, але суттєво не впливаючи на життя рослин. Їх вплив часто обмежений часом, територією, конкретними видами рослин, фазами їх розвитку[29].

Дж. Рассел Сміт дуже добре демонструє це на прикладі американської кукурудзи. Він підкреслює, що в зв'язку з тим, що зернові - це однорічні рослини, вони можуть стати жертвами кліматичних особливостей певного короткого сезону, оскільки повинні будувати себе наново для кожного врожаю. Дощ у липні дуже важливий для врожаю американської кукурудзи. В той час, як червневі дощі не можуть принести добрий урожай. Крім того, якщо більша частина дощу, який має випасти у липні, випаде у серпні, буде надто пізно.

Дерева набагато краще, ніж злаки, здатні використовувати дощ. У дерев накопичення вологи значно ефективніше, ніж у однорічників, тому що вони глибоко сягають корінням у землю, шукаючи вологу глибоко під поверхнею. Тому вони здатні пережити посуху краще, ніж однорічні культури.

Продовжуючи тему вибагливості агрокультур Дж. Рассел Сміт підкреслює, що для успішного вирощування зернових багатий ґрунт та хороші кліматичні умови також не є достатніми, адже якщо землі кам'янисті

або розташовані на крутих схилах це робить їх непридатними для вирощування останніх. Чого не можна сказати про дерева[28].

Наявність насаджень дерев забезпечує вітрозахист, тінь, воду, рециркуляцію поживних речовин, покращує умови мікроклімату. І це далеко не всі аргументи на користь дерев. Список послуг, яке здатне надати дерево, безкінечний. В ході аналізу переваг агролісівництва, як альтернативи традиційному сільському господарству, ми ще не раз повернемося до нього.

Біофізичні можливості агролісівництва (здатність захоплювати, використовувати та засвоювати ресурси зростання у вигляді світла, поживних речовин, води) є одним з ключових моментів. Скрізь, де впроваджуються ці системи, вони підвищують ефективність використання сонячного світла, утримують вологу, забезпечують більше поживних речовин для рослин та інші екологічні послуги. Адаже порівняно з одновидовими системами агроліси за вказаними параметрами володіють більшим потенціалом. Багаторівневе вирощування дозволяє вловлювати більше сонячного світла, а оскільки ґрунтові екосистеми стають більш енергійними в міру дорослішання агролісу, в системі зберігається набагато більше води та вуглецю, ніж у звичайних системах. Наявність різнорівневих деревних насаджень поліпшує уловлювання дощової води та секвестрації вуглецю, скорочення стоку та повеней, а також підвищення родючості ґрунту; надає тінь, захист від вітру.

Потенціал агролісівництва з точки зору зв'язування та зберігання вуглецю і пом'якшення наслідків зміни клімату в цілому є ще одним з важливих напрямків, оскільки, природні ліси вважаються найкращим методом зв'язування вуглецю.

Агроліси представляють собою довкілля як для збереження дикої природи, так і для отримання широкого спектру цінних продуктів деревного походження (фрукти, ягоди, горіхи, олії, рідини, смоли, латекс, квіти та листя для харчування, компостування, як корм для худоби, сировинну деревину,

паливну деревину та біомасу для виробництва енергії, ліки від різноманітних хвороб) та недеревного походження (трави, гриби, тощо).

Тож до переваг агролісівництва також відноситься більш широке коло вигодонабувачів. Це не тільки безпосередні виробники (фермери, селяни тощо) та держава (збільшення віддачі та зменшення витрат має позитивний вплив на економіку), також це навколишнє середовище (відновлення, зміцнення, біорізноманіття).

Досліджень в галузі агролісівництва доводять, що агроліси здатні відновити деградовані землі, припинити опустелювання та втрати біорізноманіття.

2.2.1. Вплив агролісівництва на ґрунт

До охорони ґрунтів відноситься підтримка їх родючості, що в свою чергу включає: боротьбу з ерозією, підтримання органічних та поживних речовин, підтримання фізичних властивостей ґрунту, позбавлення від шкідливих токсичних речовин.

Ґрунт живе і дихає, мінеральні речовини - його скелет, органічні речовини - його їжа, мікроорганізми дають те, за рахунок він живе: перетворюють поживні речовини, роблять їх доступними для рослин, продукують органічні сполуки, що склеюють часточки ґрунту.

Важливу роль в цьому відіграють багаторічні деревні породи, що безумовно є фундаментальним компонентом системи агролісівництва. Наявність багаторічних деревних насаджень впливає на ряд біофізичних та біохімічних процесів, які визначають здоров'я ґрунтового субстрату. Вони підтримують ґрунт, в першу чергу за допомогою поверхневого підстилочного покриву та рослин підліску, збільшення вмісту поживних речовин, фіксації азоту, покращення фізичних властивостей та підвищення ефективності використання поживних речовин. Деревя знижують втрати поживних речовин з виробничої системи за рахунок ефективного кругообігу цих речовин, в результаті чого підвищується продуктивність системи[51].

Насичення ґрунту органічними речовинами досягається за рахунок опалого листя, що встигає верхній шар ґрунту. Накопичені таким чином органічні речовини розкладаються, і завдяки цим особливим умовам збільшується утримання води, створюючи більш родюче середовище для життя. Крім того, утворений покрив запобігає росту бур'янів та зменшує втрати верхнього шару ґрунту, що містить протиерозійний ефект.

Коріння дерев є також важливим чинником у збагаченні ґрунтів та бере безпосередню участь у поліпшенні поглинальної здібності ґрунту (здатність затримувати сполуки або їхні часточки, що перебувають у розчиненому стані, а також колоїдно-дисперговані часточки мінеральних і органічних речовин, живі мікроорганізми та грубі суспензії)[30].

Дерева виділяють значну частину первинної продукції під землею для виробництва та підтримки коренів та мікоризи (сполучення рослинних кореневих тканин і грибного міцелію). Поживні речовини, що вивільняються з біомаси тонких коренів також підвищують родючість ґрунту. В таких умовах підвищується вміст органічного вуглецю в ґрунті та покращується якість ґрунту. Виділені в навколишнє середовище через кореневу систему речовини підсилюють розчинення твердих сполук. Безперервне виродження коренів призводить до збільшення не тільки органічних речовин, а і ґрунтового біорізноманіття, яке є немаловоможливим у коло обігу речовин.

В агролісівництві виробництво біомаси дерев відбувається швидше, ніж у лісах, оскільки серед дерев менше конкуренції. Ця швидко вироблена біомаса може бути повторно використана в системі, що покращує рециркуляцію поживних речовин. Коріння дерев можуть досягати і використовувати поживні речовини, які потрапили в глибокі шари ґрунту, до яких не можуть дістатися коріння інших рослин. Потім ці поживні речовини повертаються в систему через опале листя і оборот тонкого коріння. Таким чином, агролісівництво може підвищити родючість ґрунту за рахунок покращення кругообігу та утримання поживних речовин. Наприклад, листовий опад від сусідніх тополь в агролісомеліоративних системах подвоїв

доступність азоту в ґрунтах для поглинання сільськогосподарськими культурами в алеях до 7 кг N/ га за рік порівняно з ґрунтами, розташованими на відстані 8-11 м від дерева[31].

Розгалужена коренева система покращує фізичні властивості ґрунту, такі як його структура, пористість і вологоутримання. Враховуючи те, що коренева система дерев здатна перехоплювати, поглинати і переробляти поживні речовини в ґрунті, підвищується ефективність використання поживних речовин. Дерев з глибоким корінням допомагають під час посух, захищають від екстремальної спеки, знижуючи температуру ґрунту.

Великий полог і мережа коренів у дерев дуже корисні для запобігання ерозійним процесам ґрунту. Землі вкриті повноцінною добре розвинутою рослинністю, майже, не піддаються ерозії. Надземна частина рослин здатна захистити ґрунт від ударів дощових крапель і руйнування ними ґрунтового покриву. Також вона здатна затримати значну кількість опадів, які не досягають землі та, в результаті, не прийматимуть участі в утворенні поверхневого стоку. При цьому здатність польових культур сягає до 10%, а лісової рослинності - до 30%.

Коренева система спроможна скріплювати ґрунт, тим самим посилюючи його опір змиву та розмиву. Поліпшена за рахунок коренів пористість та водопроникність ґрунтів та стримувальні властивості пологую запобігають стоку поверхневих вод, створюючи при цьому умови для поглинання їх ґрунтом.

Щодо протиерозійних властивосте лісової підстилки варто відмітити її накопичувальні здібності. Так, порівняно із своєю масою вона поглинає води в 2–6 разів більше, а при її видаленні водопроникність ґрунту зменшується в 5-10 разів. Крім того, за її наявності швидкість стоку значно уповільнюється. Так само, як і полог, вона запобігає руйнуванню ґрунту[27]. Більш детально зупинимося на цьому в частині присвяченій впливу агролісівництва на водні ресурси.

Агролісові насадження сприяють затриманню і рівномірному розподіленню снігу та запобігають його стрімкому таненню. Крім того, вони виконують вітрозахисну функцію, запобігаючи дефляції (вітровій ерозії).

Засновник Служби охорони ґрунтів в США Х.Х Беннет ще 1958 році наводив статистику щорічні втрати ґрунту в результаті змиву: природний ліс - 0,004 тон, трави - 0,694 тон, зернові культури - 31,987 тон, бавовник - 64,932 тон, чорний пар - 148,288 тон[32].

Здоровий ґрунт, який живе та дихає, має гарний кругообіг поживних речовин, є сприятливим для життя середовищем численних різновидів ґрунтових мікроорганізмів, що, маючи досить широкий функціонал, суттєво впливають на ґрунтоутворювальні процеси. Організми, що живуть в ґрунті працюють разом, утворюючи між собою багато симбіотичних зв'язків. Бактерії та гриби працюють над розпадом органічних речовин до речовин, якими можуть харчуватися інші організми. Здорова спільнота мікроорганізмів попереджає хвороби та зменшує розповсюдження хвороботворних організми культурними рослинами. У разі недостатності органічних речовин, шкідники компенсують її нестачу живої рослинності, виходячи з-під контролю і починають опановувати все довкола.

За наявності органіки значно зростають і популяції черв'яків. Їх користь вже давно доведена. Ще Ч. Дарвін виражав сумніви, «чи можливо було б знайти інших тварин, які зіграли б в історії поверхні землі таку ж визначну роль, яку зіграли дощові черв'яки», «задовго ще до винаходу плуга землю вирощували дощові черв'яки і надалі завжди її обробляють».

Всі живі організми випорожнюються та виділяють нітрати у ґрунт, лишають в ньому свої рештки, роблять отвори та канали, риють ґрунт. Всі ці процеси сприяють аерації та водопроникності ґрунту.

Агролісівництво найбільш втілює в собі регенеруючи та охоронні методи по відношенню до ґрунтів. Ажде, з усіх штучно створених систем воно найбільш подібне до природних. Забезпечення постійного перебування живих коренів приносить користь ґрунтовим організмам та допомагає

запобігти або зменшити ерозію ґрунту. Багатоярусність насаджень та вкрита посівами, покривними культурами, листям та іншими рослинними рештками захищає ґрунт від сонця, дощу і вітру та підвищуємо його родючість. Зменшення частоти чи глибини обробітку або повна відмова від нього захищає ґрунтову фауну та допомагає утримувати вологість ґрунту.

2.2.3. Вплив агролісівництва на водні ресурси

Говорячи про переваги агролісівництва, варто зупинитися і на водорегулюючих і водоохоронних функціях лісонасаджень. Використовуючи їх властивості, можливо кількісно збільшити обсяг води у водоймах та покращити її якісні показники, захищаючи тим самим водні ресурси від виснаження та забруднення.

У проведеному В. Власовим та Д. Власовим у 2011 році дослідженні глобальних водних ресурсів та їх використання констатується факт зневоднення головних водних басейнів та зменшення обсягів свіжої питної води для потреб людини. Описуючи причини, вони зазначають, що серед регіонів, уражених нестачею води, близько третини їх територій втратили 75% лісів, а деякі - понад 90%. У 9 найбільших водних басейнів зникло понад 5 млн. км² лісів: Конго (Африка) - >1 млн.; Ганг, Меконг, Об - 0,5-1 млн. кожен; Янцзи - >1 млн. (усі - Азія); Волга (Європа), Міссісіпі (Північна Америка), Амазонка і Парана (Південна Америка) - 0,5-1 млн. кожен. [33]

Це вказує на пряму залежність гідрологічного режиму планети від лісових насаджень та про їх ефективність. Ліс здатний зберігати й поповнювати водні ресурси, підтримуючи водний режим на оптимальному рівні. Суттєво впливаючи на водний режим рік за рахунок збільшення їх ґрунтового живлення, на водний режим ґрунтів та загалом на водний баланс (кількість опадів, обсяги випаровування, поверхневого й підґрунтового стоку), ліс відіграє значну роль у формуванні гідрологічного режиму[34]. Покращення якісних і кількісних показників річкового стоку напряму залежить від здатності лісу перехоплювати поверхневий стік, очищати його

води та переводити його в подальшому у підземний, змінювати мікроклімат, запобігти розвитку ерозії.

Недаремно, оцінюючи продуктивність водоохоронної функції лісу, О.В. Врублевська та І.Є. Кульчицький-Жигайло значну увагу приділяють впливу лісів на зростання ґрунтового стоку з водозбору. Ними зауважується, що продуктивність лісу в розрізі поповнення водних ресурсів виражена у його спроможності під час меженого періоду, коли водопостачання та водовідведення є мінімальними, збільшувати їх обсяг за допомогою ґрунтового живлення. Трансформуючи усі складові водного балансу, ліс виконує водорегулювальну функцію. Ця функція в свою чергу напряму впливає на його водоохоронну функцію[35].

Використання системи деревних насаджень дає можливість вплинути на поліпшення водорегулювальних властивостей ґрунту, що відповідно збільшить обсяг ґрунтових вод та призведе до їх рівномірної віддачі у руслову мережу.

Щодо якості вод необхідно згадати про функції листової підстилки. Поглинаючи у себе більший ніж вона сама обсяг вологи, вона затримує її та повільно віддає ґрунтови. Не дивлячись на накопичену в середині вологу, вона спроможна пропускати крізь себе дощові та талі води. При цьому підстилка виступає своєрідним фільтром, оскільки очищає води від глинистих часток і не дає змоги водам замулюватися.

У забезпеченні чистою водою не останню роль відіграють і дерева. Вони захищають якість води, затримуючи забруднюючі речовини з джерел, стабілізуючи береги річок, знижуючи частоту та інтенсивність повеней та запобігаючи попаданню наносів у водотоки. У районах, де переважає сільське господарство, основна мета зусиль щодо покращення якості води полягала у зменшенні надходження поживних речовин до річок. Багаторічна рослинність може видаляти поживні речовини та інші хімічні речовини за рахунок поглинання забруднюючих речовин рослинами та бактеріального розкладання. Завантаження та осадження наносів є однією з найсерйозніших

проблем якості води у всьому світі. Деревна фільтрують відкладення з зливових стоків, зменшуючи кількість відкладень, що потрапляють у струмки та річки. Уповільнюючи перебіг води, дерева сприяють інфільтрації.

Так, В.П. Ткач досліджуючи оптимальну водоохоронну лісистість, наголошує на тому, що деревні насадження виконують роль «фільтра й адсорбенту хімікатів і шкідливих речовин, що накопичуються у ґрунті у процесі антропогенної діяльності. Зменшення поверхневого стоку попереджає ерозію ґрунту та його змив; замулення рік, ставків і водойм глинистими частками; а також забруднення водних джерел. Таким чином, збільшення підземного стоку прямо й опосередковано сприяє збільшенню запасів підземних вод у басейнах річок і їх водності, особливо у літній період»[36].

Слід зауважити, що під деревними насадженнями підвищується пористість ґрунту. До чинників підвищення пористості можна віднести ґрунтову фауну та розгалужену кореневу систему дерев з урахуванням навіть відмерлих її часток. Маючи порівняно з полем більшу пористість ґрунту та меншу вологоємність, ліс володіє кращою водопроникністю, за вдяки чому не утворюється поверхневий стік та не утворюється ерозія. Водопровідність лісу, де не проводили рубку, становить 5,52мм/сек., на зораному ґрунті - 2,29 мм/сек., а на старій, ущільненій ріллі - 0,09мм/сек.[26].

Деревна з глибоким корінням допомагають під час посух, отримуючи доступ до глибших ґрунтових вод, захищають від екстремальної спеки, знижуючи температуру ґрунту та повітря і краще вбирають воду під час злив. Все це призводить до поліпшення мікрокліматичної ситуації. Кращий мікроклімат під деревами допомагає контролювати втрати на випаровування, транспірацію та збереження води.

У помірних кліматичних поясах мікрокліматичний стан лісу і поля кардинально відрізняються. Це в значній мірі позначається на температурному режимі ґрунтів. Взимку поверхня ґрунту з лісовими насадженнями вкрита шаром підстилки, а той, в свою чергу, сніговим

покривом. Відповідно, порівняно з полем глибина промерзання ґрунту в лісі менша. За більш теплої зими ґрунт у лісі може взагалі не промерзати. До того ж навесні ґрунт в лісі швидше розмерзається, що значною мірою впливає на його водопроникність. А от сніготанення за рахунок затінення кронами дерев відбувається повільніше. Часто розмерзання ґрунту в лісі відбувається до повного танення снігу і це покращує вбирання талої води. А от волога, що міститься у польовому ґрунті зимою перетворюється на лід і промерзлий в результаті ґрунт не спроможний ранньою весною поглинати талу воду, тож значна кількість цієї води стікає з полів. Як наслідок в річках підвищується рівень води. В лісі та на узліссі під сніговими заметами ще до початку танення снігу тала вода добре всмоктується ґрунтом. Глибоко просочуючись, вона поповнює підземні води.

Навесні поверхневий стік в лісі майже відсутній, в результаті чого на водозборах ліс зменшує небезпеку весняних повеней. Також уповільнений порівняно з полем процесу танення снігу в лісі впливає на зменшення максимальних витрат зимових паводків та весняних водопіль.

Водорегулювальні властивості лісу виражені у компенсації зменшення весняного поверхневого стоку за рахунок зростання ґрунтового стоку. Живлення рік відбувається як водами з поверхні водозборів, так і через підтік підземних вод. Навесні верховодка та верхній шар ґрунтових вод посилює ґрунтове живлення рік.

Водорегулювальні властивості мають не тільки природні ліси, а й штучно створені лісові насадження. У процесі зростання лісистості від 0 до 18% коефіцієнт поверхневого стоку зменшується від 0,6 до 0,1. Встановлено, що водорегулювальне значення лісових смуг виявилось більшим, аніж лісових масивів. Це пояснюється тим, що в лісових смугах поглинається не тільки накопичена в них тала вода, а й вода, що стікає з піднесених місць прилеглих полів[26].

Агролісівництво, яке має на меті не тільки боротьбу з несприятливими умовами ведення сільського господарства, а й сприяє оптимальному

використанню природних угідь, їхньому поліпшенню та ефективному захисту, вважається подальшим розвитком агролісомеліарації. Агролісомеліоративні прийоми вже давно застосовуються з метою захисту водних ресурсів від виснаження та забруднення. Найважливішою складовою комплексних заходів агролісомеліарації є використання лісових насаджень, їх водорегулюючих і водоохоронних властивостей. За їх допомогою можна послабити, попередити, навіть ліквідувати загрозу кількісного та якісного виснаження природних вод.

Перетворивши поля на агролісівничі господарства, цілком можливо отримати від лісових насаджень відповідний ефект. Також його можна навіть посилити додатковими методами. Наприклад, мульча, покривні культури та обрізка насаджень, як і листовий опад виконує термо- та вологорегулювальні функції. Розміщення сільськогосподарських культур в міжряддях насаджень дерев або безпосередньо під ними з урахуванням руху сонця, напрямку переважних вітрів на місцевості, глибини та розгалуження кореневої системи – сприятиме раціональному розподілу вологи та надасть більш комфорті та сприятливі умови існування компонентів системи. Ефект затінення створює буфер вологості і температури, що може захистити систему від екстремальних погодних явищ, таких як аномальні зливи та жара. Ще одним з методів є організація збору, збереження та розподілення води з урахуванням особливостей рельєфу. Утворення контурно-смугових валоканав по ключовій лінії, яке передбачає попередній аналіз ландшафту, проектування водозбиральних і розподільчих мереж та подальші земельні облаштування спрямовані на контроль води та утримання її в ґрунті, фокусується на захисті від посух та водо забезпеченні. Таким чином за допомогою прийомів агролісівництва можливі пом'якшення та адаптація до збільшення кількості опадів, ерозії, підвищення температури.

2.2.3. Вплив агролісівництва на клімат

Агролісівництво набуло популярності як стратегія землекористування, що допомагає боротися з глобальною зміною клімату в той час як забезпечує інші екологічні, економічні та соціальні вигоди.

З огляду на глобальні кліматичні зміни найважливішою функцією дерев вважається їх здатність вловлювати вуглець. Ліси, сади, міські дерева складають більшу частину природних поглиначів вуглекислого газу. Деревина посаджена з метою агролісівництва, також відіграють важливу роль у зв'язуванні вуглецю та скороченні викидів парникових газів.

Пом'якшення наслідків зміни клімату в агролісівничих системах відбувається за допомогою уловлювання вуглецю в біомасі та ґрунті, скорочення викидів парникових газів та запобігання викидам за рахунок скорочення використання викопного палива та енергії на фермах. Створення та збільшення поглиначів вуглецю, у вигляді дерев, що ростуть, які в процесі фотосинтезу вловлюють вуглекислий газ з атмосфери та накопичують вуглець безпосередньо у своїй біомасі і в ґрунті. Водночас, система виділяє менше парникових газів, таких як закис азоту, тому що дерева поглинають додаткові поживні речовини. Зрештою, у сільському господарстві використовується менше копалин палива та енергії, тому що частина полів більше не обробляється.

Виняткове значення вуглекислого газу для рослин видно з того, що суха речовина рослин складається на 45-50% з вуглецю[27]. У своїй книзі *Carbon Farming Solution* Е. Тонсмейєр відмічає: якщо ви зневодните рослинну біомасу, ви побачите, що в середньому 50% ваги становить вуглець. З часом частина або вся збагачена вуглецем надземна біомаса рослини гине та падає на землю у вигляді листя або інших залишків. Близько двох третин цього матеріалу викидається в атмосферу як вуглекислий газ як частина глобального кругообігу вуглецю. Третина, що залишилася, стає довгоживучою органічною речовиною ґрунту.

Тим часом, коріння становить від 25% до 40% ваги надземної біомаси. Кожен рік деякі кореневі волоски відмирають навіть на здорових рослинах. Частина вуглецю, що міститься у відмерлому корінні, також стає довгоживучим вуглецем у ґрунті.

Крім того, існує швидший спосіб потрапляння вуглецю в результаті фотосинтезу в ґрунт. Коріння рослини виділяють складну суміш із понад 200 сполук, багато з яких багаті на вуглець. Ці сполуки, допомагають рослинам, живлячи ґрунтові організми, які, у свою чергу, допомагають в кругообігу поживних речовин, впливають на зменшення шкідників і хвороб та надають інші переваги.

Від 10% до 40% усього фотосинтезованого вуглецю проходить через коріння протягом години. Іншими словами, багато фотосинтезованого вуглецю потрапляє в ґрунт. Далі за допомогою поєднання фізичних, хімічних та біологічних процесів вуглець зв'язується у ґрунті в грудкуваті агрегати, які включають клей з коренів, грибів і бактерій. Додавання хімічних зв'язків з неорганічними частинками ґрунту створює довговічну, стабільну форму вуглецю, що ідеально підходить для тривалої секвестрації.

Органічна речовина ґрунту складається приблизно на 58 відсотків з вуглецю; органічний вуглець ґрунту може бути помножити на 1,7, щоб отримати розрахункову загальну органічну речовину. Кожна тонна ґрунту органічний вуглець (який становить половину маси органічної речовини) еквівалентний 3,67 т атмосферного вуглекислого газу. За приблизними підрахунками одного автора, а в середньому 1 відсоток органічної речовини в ґрунті важить 36,5 тонни, що означає 21,2 тонн вуглецю. Це означатиме кожний 1 відсоток збільшення органічної речовини ґрунту вказує приблизно на 21 тонну поглиненого вуглецю на гектар.

Відповідно Е. Тонсмаер робить висновок, що системи агролісівництва поглинають значну кількість вуглецю і з погляду швидкості секвестрації на гектар одна з самих потужних стратегій вуглецевого землеробства[37]. Усі однорічні культури без винятку та незалежно від того чи зібрано урожай

протягом року свого існування гинуть. Відповідно, в розрізі секвестрації вуглецю багаторічні насадження, в тому числі і дерева, демонструють свої переваги. Слід також враховувати, що за їх наявності земля повністю або частково не піддається обробітці, принаймні, глибинному. Таким чином, вуглець, що залягає у поверхневих шарах ґрунту не вивільняється назовні, та не порушується його залягання у більш глибинних шарах (на глибині близько метра від поверхні зазвичай міститься близько половини загального обсягу органічного вуглецю в ґрунті). Тож застосування таких технологій, як No-till, Strip-till чи Mini-till зберігає вуглець в безпеці протягом тривалого часу. При поєднанні багаторічних культур з нульовим обробіткою та неруйнівним для культури збором врожаю, фермер отримує рослини, які дають урожай протягом багатьох років і утримують ґрунт (і його вуглець) на місці.

Як бачимо, агролісівництво здатне протидіяти глобальному потеплінню. Деревинні насадження підвищують поглинання вуглецю. Затримуючи у своїй біомасі вуглекислий газ, запобігають викиду вуглецю в атмосферу, що знижує викиди парникових газів. До цього позитивного ефекту додається практика нульової обробки ґрунту.

Лісові насадження мають комплексний вплив на рівень опадів, виділення кисню, температуру повітря, глобальний та мікроклімат. Нещодавно швейцарські вчені довели, що перетворення сільськогосподарських угідь на ліси призведе до збільшення літніх опадів приблизно на 7,6%. Дослідники встановили, що для зростання кількості місцевих опадів, Європі потрібно рівномірно збільшити ліси на 20% [38].

Проведеним у 1977 р. вченими штату Нью-Йорк, США дослідженням було виявлено, що на комфорт людини здебільшого впливають сонячна радіація, інфрачервоне випромінювання та швидкість вітру, які можливо врегулювати за допомогою дизайну зелених зон міста.

Дослідження проведене у 2006 р. в Греції показало, що елементами здатними здебільшого покращити мікроклімат міста є рослинність і вода. Під час дослідження було встановлено, що температура повітря всередині парків

у середньому на 2°C нижча, а відносна вологість вища приблизно на 4%, ніж у центрі міста.

Згідно з результатами досліджень бразильських вчених від 2008 р. наявність дерев має незначний вплив на температуру повітря (1,1°C), але виявляє значну охолоджувальну дію на температуру поверхні (12°C). Також дерева знижують швидкість вітру на 45% [39].

Крім того, існує теорія впливу пилку на конденсацію води у повітрі. Так, його накопичення у певних шарах атмосфери навесні викликає утворення опадів. Також, дерева з глибоким корінням, отримуючи доступ до глибших ґрунтових вод, допомагають під час посух, захищають від екстремальної спеки, дають тінь, відбивають сонячне світло та полегшують випаровування.

Завдяки всім згаданим вище характеристикам системи агролісівництва порівняно з системи, що складаються виключно з однорічних культур, монокультур або деревних насаджень, є більш стійкими до зовнішніх негативних факторів, та здатні позитивно впливати на кліматичні умови територій їх розміщення.

2.2.3. Вплив агролісівництва на біорізноманіття

Системи агролісівництва забезпечують їжу, притулок та середовище проживання для різних видів рослин та тварин. У тому числі для птахів, квітів, комах (запилювачів, хижаків, тощо) та ґрунтових мешканців. Сама по собі система передбачає висадку та комбінування різноманітної рослинності, вже на цьому етапі відбувається певна підтримка біорізноманіття.

Серед усіх варіантів сучасного агролісівництва найвпливовішим можна вважати систему багаторівневих насаджень. Багате біорізноманіття та кращий баланс ґрунту сприяють присутності природних ворогів для шкідників. Здорове господарство буде менше страждати від атак шкідників. Продовольчі культури будуть захищені; а небажані бур'яни матимуть менше шансів проникнути на територію через тінь, яку створюють дерева. Різноманітність та різноярусність рослинності запорука привабливості для

набагато більшої кількості різновидів живих організмів. В такій системі більше варіантів знайти живлення до смаку та місце для прихистку. Чим більше різновидів живих організмів залучено у систему, тим жвавіший і продуктивніший обмін у її середині.

Дуже часто аграрії нехтують питаннями підтримки біорізноманяття, а їх агресивні методи господарювання ведуть до загибелі цілих популяцій. Збіднілий на мікроорганізми ґрунт втрачає свою родючість. Боротьба за допомогою хімікатів із ґрунтовими шкідниками та хвороботворними бактеріями не може призводити до вибіркового знищення. Тож фермерам слід розуміти надзвичайну важливість ґрунтових мікроорганізмів у ґрунтоутворювальних процесах.

Ґрунтові організми можна виконують роль розкладачів, перетворювачів поживних речовин, інженерів екосистем та біоконтролерів. В.В. Москалець зазначає: «найчисленнішою в усіх ґрунтах є група бактерій, потім – актиноміцети та нижчі гриби. Більшість бактерій гетеротрофні й живуть вони на органічних рештках, що гниють. Частина їх здатна до хемосинтезу, тобто засвоювання CO₂ за рахунок окиснення органічних сполук. Екологічна роль хемосинтезуючих бактерій полягає у їхній активній участі в кругообігу хімічних елементів у ґрунті та біосфері в цілому. Багато найважливіших реакцій кругообігу речовин у ґрунті, наприклад, кругообіг азоту (процеси нітрифікації, денітрифікації, азотфіксації), відбувається лише за участі бактерій. Деякі з вільноживучих ціанобактерій можуть фіксувати азот повітря, відновлюючи його до аміаку»[30].

Однією з важливих функцій, що виконується ґрунтовими мікроорганізмами є формування рослинно-мікробних асоціацій та симбіозів. Майже 80% - 90 % видів судинних рослин здатні до утворення мікоризного симбіозу[40]. Вони виступають своєрідним трофічним посередником між ґрунтом та рослинами. Поживні речовини перебувають в ґрунті у розосередженому стані (частково в ґрунтовому розчині, але здебільшого - в адсорбованому на поверхні ґрунтових агрегатів), тому для забезпечення

свого росту та розвитку рослина потребує перетворення цих речовин у придатні для її споживання сполуки, на що сама вона не здатна. Але до цього здатні ґрунтові мікроорганізми. Скупчуючись навколо коріння рослини, вони розщеплюють недоступні для рослин сполуки в оптимальні для їх споживання. А рух перетворених сполук по бактеріальних ланцюжках та гіфах мікроскопічних грибів до коріння суттєво впливає на здатність рослин до засвоєння поживних речовини з ґрунту.

Свій вагомий внесок роблять і нижчі гриби. Адже, вони порівняно з бактеріями здатні до переробки більш грубих решток (целюлози, лігніну), призводячи до остаточного розкладу відмерлої біомаси. Маючи потребу у глюкозі, вони часто вступають у симбіотичні відносини з її виробниками (вищими рослинами), утворюючи мікоризу на коренях дерев.

Мікоризу можна вважати своєрідними каналами обміну органічними речовинами між поєднаними нею учасниками. За наявності мікоризи відбувається збільшення кореневої системи, гриби частково виконують функції коріння, водночас, доповнюючи їх притаманними грибам властивостями. Так, за рахунок утворення мікоризним грибом багаточисельних кореневих волосків, поглинається значно більше вологи та елементів живлення. При цьому мікориза здатна до їх акумулювання. Так само, як і бактерії гриби здатні до трансформації елементів живлення, у придатні для засвоєння рослиною форми.

До можливостей мікоризних грибів відносяться – поглинання фосфору з ґрунтового розчину, сприяння у надходженні до рослин азоту та мікроелементів (цинку, міді, заліза, тощо), окиснення сірки. Існують припущення, що вони здатні отримувати фосфор з важкорозчинних сполук. [40]. Крім цього, мікоризний симбіоз робить рослину більш витривалою та стійкою до зовнішніх несприятливих факторів (посух, забруднення важкими металами, засолення, тощо) і здатна захищати рослину від певних хвороб.

Вважається, що необхідність у присутності мікоризи для покращення росту та розвитку багатьох видів рослин, є в посушливих і збіднілих на

поживні речовини територіях. Зазвичай, на коріннях дерев, які ростуть на ґрунтах багатих на елементи живлення, мікориза не утворюється, навіть, якщо на них присутні відповідні гриби[30]. Важливим моментом є те, що для отримання ефекту від наявності мікоризи для багатьох видів мікоризних грибів потрібен тривалий час.

Бактерії, актиноміцети, гриби, лишайники роблять ґрунт живим та разом з вищими рослинами видозмінюють активну поверхню субстратів. Багате видове різноманіття рослин агролісівництва у порівнянні з монокультурами у звичайних системах має позитивний вплив на різноманіття ґрунтової мікробіоти. Ґрунти, на яких ростуть дерева та інші багаторічні насадження, не піддаються оранці та іншій навмисній механічній руйнації, що не порушує середовище існування ґрунтових організмів, сприяє зберіганню розвитку та зміцненню їх популяцій. За рахунок цього впровадження систем агролісівництва на деградованих ґрунтах дозволяє їх відновити та підвищити їх родючість.

Розглянемо ситуацію із запилювачами. Приблизно 85% квіткових рослин залежить від понад 100 тисяч видів тварин - переважно комах-запилювачів. Це особливо важливо для сільськогосподарських культур, де запилювачі впливають на дві третини з 1500 світових видів сільськогосподарських культур і необхідні для виробництва приблизно 30% всього продовольства. В Європі 84% із 264 досліджених культур тією чи іншою мірою залежать від запилення тваринами[31].

У 2019р. були опубліковані результати досліджень на предмет впливу методів агролісівництва в помірних широтах на комах-запилювачів та запилення, зосередивши увагу на послугах, які вони надають запилювачам. У ході досліджень з'ясувалась цінність дерев для бджіл. Так було виявлено, що дерева для бджіл є джерелом смоли та нектару з високою поживною цінністю та вмістом цукру. До того ж, вони дають пилок і нектар на початку сезону і є місцем мешкання важливих личинок. Різноманітна структура насаджень забезпечує місця для наземного гніздування, гніздування у дуплах

та зимівлі. Крім того, менша дія пестицидів і стоків в агролісівництві знижує шкідливий вплив на популяції запилювачів[42].

Висновки були підтвержені польовим дослідженням чотирьох лісопасовищних та двох лісоорних агролісівничих господарств у Великій Британії, де різноманітність метеликів була значно вищою, ніж на контрольних ділянках (сільськогосподарські монокультури, що вирощують ту ж культуру, що і досліджувані агролісівництва, але без дерев). Іншими дослідниками було виявлено, що агролісівництва помірного пояса забезпечують більше послуг з запилення, ніж монокультурні господарства: Агролісівничі господарства мали вдвічі більше одиночних бджіл і журчалок, а видове багатство одиночних бджіл було приблизно в 10,5 разів більше[31].

У 2020 році Європейською Комісією було презентовано найамбітніший природоохоронний документ в історії Європи - «Стратегію біорізноманіття ЄС до 2030 року: Повернення природи у наше життя». Одним з напрямів даної стратегії є стимулювання розвитку сталого та органічного сільського господарства, а також скорочення на 50 % використання шкідливих пестицидів задля зниження негативного впливу на природні екосистеми та збереження запилювачів[43].

Існуючі поряд види часто допомагають один одному, наприклад, дають укриття, тепло чи їжу. Види, що живуть поруч, потребують один одного, і зникнення одного з них здатне викликати низку наслідків, ланцюгову реакцію, що веде до вимирання інших. Агролісівництво здатне забезпечити різноманітну рослинність, стати середовищем існування великої кількості мікробіоти, комах, птахів та інших тварин, надати кормову базу для всіх мешканців системи. В умовах лісопасовищ навіть свійські тварини можуть жити у більш різноманітному та комфортному середовищі. Екосистеми з більшою різноманітністю, як правило, більш стійкі до змін. Види, що входять до урізноманітнено системи, більш стійкі до факторів середовища, що становлять загрозу, у них ліпша витривалість та пристосованість до умов, що змінюються. Завдяки чому виживає вся система в цілому. Видова спільнота

розвивається, стає складніше, зміцнюючи саму систему та роблячи її сильнішою.

2.2.5. Економічна складова агролісівництва

Економічні вигоди агролісівництва, в першу чергу полягають у підвищенні продуктивності. Під продуктом слід розуміти не тільки отриманий врожай чи приріст худоби.

Сільське чи лісове господарство - це бізнес для багатьох людей. Як будь-який бізнес воно покликано бути прибутковим. В гонитві за прибутками фермери намагаються отримати якомога більші врожаї чи приріст худоби за якомога коротші терміни. Як результат угіддя, на яких ведеться господарювання, виснажуються і потребують додаткових витрат на виробничу стимуляцію. Тож, зазвичай, наступним кроком є застосування хімічних добрив, пестицидів, тощо. Таким чином, виснаженим і без цього ресурсам завдається новий нищівний удар. Відповідно для отримання наступних врожаїв фермер або збільшує кількість добрив, або застосовує більш агресивні, що веде до ще більшого зростання його витрат. Фінансовий ризик за таких обставин полягає в тому, що настає момент, коли собівартість отриманого врожаю перевищує його ринкову вартість. У випадку з вирощуванням монокультур є додаткові фінансові ризики у вигляді неврожаю або знищення врожаю.

Нерідко з метою створення кращих умов для підвищення врожайності чи отримання більшого обсягу продуктів тваринництва, фермери вдаються до використання технологічних приладів. Але не кожен фермер, фінансово спроможний для придбання високотехнологічних приладів, що не потребують великої енерговитратності та не мають шкідливого впливу на довкілля.

Здебільшого застосування високотехнологічних приладів можуть собі дозволити масштабні компанії (холдинги та корпорації), в управлінні яких території розмірами понад 1000 га. З економічної точки зору відмова від людських трудовитрат для таких компаній виправдана та як відомо,

скорочення робочих місць прямий шлях до зростання рівня безробіття. Тому на державному рівні економічна вигода подібних тенденцій сумнівна.

Використання розглянутих у попередніх частинах переваг агролісівництва, які призводять до захисту ґрунтів та вод, підвищення їх якісних характеристик, покращення мікроклімату, підтримки та збагачення біорізноманіття, здатне забезпечити постійні врожаї.

Залучення зовнішніх сільськогосподарських ресурсів скорочується чи припиняється: оскільки система агролісівництва саморегулюється, немає потреби покладатися на синтетичні добрива, пестициди, гербіциди та антибіотики або принаймні необхідність використання таких продуктів в агролісах радикально знижується, а це означає, що фермери звільняються від додаткових витрат.

У разі неврожаю однієї культури через шкідників або посухи інші культури можуть досягти успіху. Таким чином, фермер має страхову мережу, на яку можна покластися. Виробляючи різноманітні продукти харчування та непродовольчі товари, можливо забезпечити кілька джерел доходу для фермерських домогосподарств. Ця різноманітність сприяє стабільним доходам, оскільки втрата ринкової вартості одного продукту може бути компенсована вищими цінами на інші продукти. Крім того, це дозволить розподілити потоки доходів на короткострокові (овочі, певні ягоди та фрукти, які потребують пересадки через певний проміжок часу, корми, худоба), середньострокові (горіхи, фрукти, біомаса) та довготривалі (деревна сировина)[41].

Стабільність доходу є страховкою від повної втрати доходу від монокультури за несприятливих кліматичних умов, що є явною перевагою впровадження агролісівництва. Відповідне поєднання різноманітності рослин, методів управління та фізичних умов може вплинути на регулювання хвороб та чисельність шкідників, що призведе до більш високого врожаю в порівнянні з іншими системами.

Завдяки диверсифікованій системі та багатій різноманітності флори та фауни, агролісівництво забезпечує фермера повним спектром екосистемних послуг та іншою продукцією, необхідною для споживання компонентами господарства, робить виробництво безвідходним, генеруючи додатковий дохід. Грамотно створені безпечні самодостатні системи, здатні до самостійних розвитку, регулювання, поповнення та відновлення, які в майбутньому вимагатимуть мінімальних праце-, енерго-, ресурсо- витрат, що в свою чергу зменшить фінансове навантаження[61].

Агролісівництво може і часто демонструє набагато більше, ніж технічні або екологічні характеристики, пропонуючи можливість підвищення автономії фермерів, наприклад, по відношенню до виробників хімікатів, чи продуктів, які є одночасно відходами в одній галузі господарства та ресурсами в іншій. Воно цілком природно пов'язане з питаннями землеробства без зрошення. За своєю суттю його можна віднести до господарств довгострокового планування, яке з кожним роком нарощує вихід продукції та зменшує витратну частину.

Агролісівництво не дає миттєвих результатів, чим поступається традиційному сільському господарству в перші роки. Але з роками, знов таки, на відміну від традиційного сільського господарства, воно нарощує свою міцність та продуктивність, стає менш залежним, здатним до опору несприятливих зовнішніх факторів, більш захищеним, в решті решт, сталим. Мудрі греки вважали свої оливкові сади вигідним сімейним капіталовкладенням. Адже, вони здатні принести прибуток не одному поколінню. Те саме можна сказати і про агроліси.

Висновок

Поєднання елементів лісу та сільського господарства є шляхом до створення стійкого ефективного продуктивного агроланшафту. З розглянутого вище розуміло, що фундаментальну роль у таких агроланшафтах відіграють саме лісові насадження, надаючи широкий спектр переваг. До них відносяться: регенерація, захист, раціональне використання

водних, земельних та енергетичних ресурсів, сприятливі умови існування значно більшої кількості видів представників флори та фауни порівняно з умовами на територіях традиційного землеробства та тваринництва, підвищення продуктивності, протиерозійний ефект, покращення кліматичних та гідрологічних умов. З огляду на користь та широкий функціонал лісонасаджень, їх можна вважати своєрідним скелетом системи. Додавання необхідних для фермера сільськогосподарських елементів утворить міцний, здоровий високофункціональний самодостатній організм.

Проаналізувавши та оцінивши вплив і переваги агролісівничих систем можна сміливо підсумувати, що їх впровадження сприяє покращенню екологічної ситуації сільськогосподарських угідь в цілому. А при досягненні певного рівня дані системи здатні підвищувати ефективність та результативність. Застосування агролісівничих методів спрямоване на вирішенні проблем описаних у розділі першому, включаючи втрату ґрунту, зневоднення, викиди парникових газів, втрата біорізноманіття, тощо.

З урахуванням нестачі сільськогосподарських угідь, агролісівництво є також перспективним напрямом, адже здатне поєднувати на одній площі велику кількість елементів. Важливим фактором є і те, що система не є деструктивною, оскільки, передбачає багаторічні насадження, збір плодів яких відбувається неруйнівним чином. Тобто при зборі врожаю рослина не гине, а на її місці зростання не відбувається оранка. При поєднанні багаторічних культур з нульовою обробкою та неруйнівним збиранням врожаю отримуються рослини, які дають урожай протягом багатьох років і утримують ґрунт (і його карбон) на місці, що є важливим інструментом для відновлення деградованих земель та уловлювання вуглецю. Також по мірі зростання багаторічних насаджень вони потребують все менше трудо- та ресурсозатрат порівняно з щорічними посівами та посадками однорічних культур.

Навмисна інтеграція дерев і чагарників у системи землеробства та тваринництва для створення екологічних, економічних та соціальних переваг

здатне до екологізації агропромислових процесів та оптимізації природного середовища, адже містить в собі комплекс заходів з раціонального використання природних ресурсів, їх охорони та відновлення.

Крім того, така система господарювання здатна забезпечити більш надійне постачання продовольства, що призведе до більш суттєвого скорочення голоду та бідності.

РОЗДІЛ 3

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АГРОЛІСІВНИЦТВА ТА БЕЗПОСЕРЕДНІ ПРИКЛАДИ НА БАЗІ РОЗРОБОК ЕРНСТА ГЬОТЧА

Деякі системи агролісівництва є давніми. Тропічні сади налічують 13 000 років у деяких регіонах, у той час як система лісостопищ в Іспанії та Португалія має більш ніж 4500-річну історію. Сучасні системи агролісівництва мають не таку тривалу історію, вона розпочалась наприкінці 1970-х - на початку 1980-х років як реагування на екологічну та продовольчу кризи.

Політика агролісівництва в США, наприклад, була вперше введена в середині 1980-х років (хоча просування вітрозакисних смуг для зменшення ерозії ґрунту у 1930-х років можна вважати попередником). У 1990 року відповідно до Закону про управління лісами було створено Центр напівзасушливого агролісівництва (перейменований на Національний центр агролісівництва у 1994 році, що розширило його сферу охоплення, включивши до неї всю країну).

Так само і в ЄС просування агролісівництва розпочалося з реформи Загальної сільськогосподарської політики ЄС у 1992 році. Норми, що перешкоджали вирощуванню дерев фермерами на фермах зазнали змін. Лише за останнє десятиліття у ЄС спостерігалось значне поширення проектів агролісівництва у контексті нормативної підтримки агролісівництва як альтернативного підходу до землекористування для вирішення завдань збереження та сталого розвитку сільського господарства.

На сьогодні спостерігається спрямованість Європейського курсу у сільськогосподарській галузі в наступних напрямках:

- поглиблення розвитку ґрунтозберігаючого кліматично орієнтованого сільського господарства,
- оптимізація використання природних ресурсів,
- інтегроване управління природними ресурсами,
- регенерація сільського господарства,

- оптимізація інфраструктури і логістики,
- підвищення стійкості та адаптація до кліматичних змін, а також запобігання цим змінам,
- збереження біорізноманіття,
- інформатизація.

Площа землі в усьому світі задіяна в системах агролісівництва складає приблизно 1 млрд. гектарів. За оцінками, 1,5 млрд. фермерів практикують деякий ступінь агролісівництва. Більшість із них дрібні землевласники у тропіках. Агролісівництво досягає успіхів і в помірному кліматі, де понад 2700 фермерів Сполучені Штати практикують алейне землеробство чи лісопасаще[37].

На міжнародному рівні в системі Організації Об'єднаних Націй питання агропромисловості та лісного господарства віднесені до компетенції Продовольчої і сільськогосподарчої Організації (ФАО ООН), якою провадиться активна робота щодо просування агроекології (особливого підходу до ведення сільського господарства з урахуванням впливу один на одного різними компонентами агроценоза). Головна ідея полягає в створенні стійкої аграрної екосистеми та підтримка багатофункціонального сільського господарства в різних кліматичних зонах. У межах цього агроекологічного підходу до організації аграрної економіки, лісомеліоративним насадженням відводиться значна роль у зв'язку з високою ефективністю та стійкістю, що досягаються за рахунок їх створення екосистемних ефектів.

3.1. Різновиди агролісівничих систем та основні засади їх створення

Звісно, велика увага в агролісівництві приділяється підвищенню щорічного виробництва сільськогосподарських культур, що набувають стійкості за рахунок включення деревних рослин, які допомагають зменшити ерозію, фіксувати азот, і отримувати біомасу. У більшості систем агролісівництва самі дерева не є культурою, що вирощується для отримання врожаю. Є й інші більш складні багаторусні агроліси, у яких дерева вирощують як основні культури. До того ж, є менші за масштабами

впроваджені на присадибних ділянках комбіновані системи, які зазвичай називають лісосадами.

Агролісівництво розгалужено на декілька напрямків.

1. системи поєднання дерев й інших деревних насаджень з однорічними культурами. Ці практики включають алейне землеробство, вітрозахисні смуги та інші методи. Зазвичай мають найкращу секвестрацію;

2. лісопасовищні системи, які об'єднують утриманням худоби з вирощування дерев, пасовищного підліску та кормових культур.

3. багатоярусні агролісомеліорації, які складаються або виключно з багаторічників, або поєднують дерева й інші деревні рослини з однорічними культурами і худобою. До них відносяться тропічні сади та інші нові та традиційні системи землеробства.

За підрахунками Е. Тонсмаера системи поєднання дерев алейного типу займають приблизно 700 мільйонів гектарів в усьому світі. Лісопасовища займають приблизно 450 мільйонів гектарів по всьому світу. Багатоярусні системи вирощуються на 100 мільйонах гектарів, переважно у тропіках. [37].

Алейне землеробство передбачає вирощування польових культур між рядами дерев. Дерева можна вирощувати для деревини, фруктів і горіхів, у той час як польові культури можуть включати різні зернові, овочі або корми. Польові культури приносять короткостроковий прибуток, а дерева - довгостроковий. Дерева та різні види сільськогосподарських культур також можуть взаємодіяти таким чином, щоб збільшити виробництво за рахунок різних ніш, які вони займають. Наприклад, одне дослідження у Франції показало, що волоські горіхи та озима пшениця можуть бути хорошими компаньйонами, тому що вони ростуть у різні пори року і мають коріння з різним ступенем заглиблення. Дослідники дійшли висновку, що система на заданій площі виробляє на 40% більше продукції, ніж якби ці дві культури вирощувалися окремо[41].

В алейному землеробстві добре працює відомий в пермакультурі крайовий ефект (ефект межі). Це ефект зіставлення чи розміщення

контрастних середовищ у екосистемі. Там, де зустрічаються зовсім різні системи, існує інтенсивна область продуктивності та корисних зв'язків. Хоча пермакультурний дизайн пропонує збільшення ефекту межі за рахунок перетворення прямих меж у хвилеподібні або спіралі.

Як зазначалося вище лісопасовище включає такі елементи як худоба, дерева, інші багаторічні насадження та кормові культури. Та варто звернути увагу, воно відрізняється від простого «пасіння в лісі», оскільки, відстань між деревами ретельно спланована, щоб надати достатньо сонячного світла для корму внизу. При цьому, худоба має обмежений доступ до стовбурів дерев з метою уникнення їх пошкодження. Водночас дерева забезпечують захист худоби від сонця, надаючи тінь під час спеки влітку, та від вітру в зимовий період. Якість пасовища в півтіні може підвищуватися, але з точки зору біомаси буде менш продуктивним. У разі вирощування дерев для отримання деревини, довгостроковий результат фермера покращиться без шкоди для поточного виробництва.

Найскладнішими агролісівничими системами вважаються багаторівневі агроліси. Опис ярусності добре описав у своїй книзі «Сад Гайі: керівництво по пермакультурі в домашніх умовах» Тобі Хеменуей. Він пропонує поділити системи насаджень на два види. Простий - складається з трьох ярусів: дерева, кущі і наземні рослини. Розкішний - що передбачає використання будь-якої можливості посадки, складається з семи ярусів рослинності. При цьому, семиярусна посадка, будучи максимально приближеною до природної екосистеми, здатна надати максимального ефекту.

Семиярусна посадка містить в собі наступні рівні:

1. Рівень високих дерев. Повнорозмірні фруктові, горіхові чи інші корисні дерева (азотфіксатори, няньки, атрактанти, мульчери и т. ін.) з проміжками між ними для того, щоб світло сягало нижніх рівнів.

2. Рівень низьких дерев. Низькорослі фруктові та інші корисні дерева. Їх можна легко обрізати у відкриту форму, що дозволить досягати іншим видам під ними.

3. Рівень кущів. Цей рівень включає квітучі, плодоносні, декоративні, привабливі для запилювачів та диких тварин та інші корисні кущі. Кущі бувають усіх розмірів, від карликової чорниці до лісового горіха розміром майже в дерево, тому їх можна вставляти у отвори та ніші найрізноманітніших форм, а також у краї. Тіньовитривалі сорти можуть переховуватися під деревами, світлолюбиві – на сонячних місцях між ними.

4. Трав'яний рівень. У широкому ботанічному сенсі трава визначається не деревинною рослинністю: овочі, квіти, кулінарні трави і покривні культури, а також виробники мульчі та інші ґрунтоутворюючі рослини. Перевага надається багаторічникам, але не виключає однорічні та самосіви. Знов таки, тіньоллюбиві висаджуються під високими рослинами, а світлолюбиві – на відкритих просторах.

5. Ґрунтопокривний рівень. Це низькі рослини, що прилягають до землі. Переважно це сорти, які пропонують їжу або середовище існування. Вони відіграють вирішальну роль у витісненні бур'янів.

6. Рівень лоз. Рослини, що обвивають стовбури та гілля, заповнюючи невикористані ділянки третього виміру їжею та середовищем існування.

7. Кореневий рівень. Ґрунт надає ще один рівень для лісового саду. Переважно це рослини з неглибокою кореневою системою, або які легко висмикуються, не порушуючи сусідні насадження[44,61].

Принципи агролісівництва можливо впроваджувати і на малих площах. Одним з початківців розробки та створення моделі їстівного лісу на невеликій території був Роберт Харт. Його лісосад мав ярусну структуру природного лісу: полог складала фруктові дерева, нижче карликові фруктові дерева і ліщина, потім ягідні кущі, слідом багаторічні овочі і трави на рівні землі, плюс коренеплоди і виткі рослини. Рослини ретельно підібрані таким

чином, щоб вони добре поєднувалися одна з одною: високі дерева кидають тільки легку тінь, а кущі та трави добре переносять відсутність світла, оскільки в природних умовах вони ростуть в лісах; більшість трав служить притулком комах, які поїдають шкідників фруктових дерев, не кажучи про те, що самі трави їстівні, а дерева, в свою чергу, є прекрасною живою опорою для витких рослин. При такому інтенсивному ярусному методі рівень виробництва дуже високий, а виконувана робота мізерно мала в порівнянні зі звичайним городом тієї ж величини.

Харт говорив, що лісосад площею 500 кв.м практично не потребує обслуговування та в змозі прогодувати сім'ю протягом не менше 7 місяців на рік. Та підкреслює, що роль власника після створення такого лісосаду - в основному насолоджуватися результатами, при мінімальному догляді. І хоча дій лісосад вимагає в десятки разів менше ніж промисловий сад, знань і роздумів – в десятки разів більше[45,61] (див.: додаток 2 мал.1).

Дане зауваження стосується і процесу створення агролісівничих систем, де важливу роль відіграє планування, яке має бути зосереджене в загальних рисах на наступних елементах:

- формування системи з урахуванням ярусності, сонця, вітру, води, ухилу (у разі його наявності),
- догляд за ґрунтом, мульчування, ґрунтопокривні насадження,
- ускладнення життя шкідникам – дерева різного виду і сорту,
- підтримання видового різноманіття в системі, для створення місця існування хижих комах,
- пастки для шкідників,
- стійкі до хвороб сорти,
- створення умов для життя в системі так званих союзників – птахів, жаб, їжаків[61].

Враховуючи викладене вище, при створенні агролісу, краще за все звернутися до садової техніки, покликаної згрупувати рослини таким чином, щоб підвищити продуктивність та оптимізувати простір. До такої техніки

відносяться гільдії – метод посадки, що використовується для утворення мініекосистем, стійких до хвороб високорівневих садів.

Гільдія передбачає свого роду комбінацію об'єднання рослин для боротьби з шкідниками, приваблення запилювачів, підвищення родючості ґрунту. Рослини, об'єднані в такі комбінації, можна назвати рослинами-компаньйонами. Отже, гільдія базується на основному дереві, назвемо його ключовим. До цього ключового дерева підбираються рослини-компаньйони, утворюючи відповідну гільдію.

В процесі підбору рослин-компаньйонів слід звернути увагу на їх функціональність. За функціональністю рослини-компаньйони можна поділити на наступні категорії:

1. *Пригнічувальники* виступають в якості засобу боротьби з бур'янами та є захисниками дерев. Переважно це рослини ґрунтопокривного та трав'яного рівнів. Вони утворюють щільні килими та пригнічують проростання та розвиток небажаних бур'янів. До них відносяться: барвінок, конюшина, чебрець (тим'ян), котула, лапчатка, гречка, полуниця, суниця, гарбуз та інші

2. *Атрактанти* приваблюють до себе запилювачів та інших корисних комах (сонечка, жужелиці, щипавки, наїзники та ін.). Багато видів корисних комах поїдають шкідників у саду. Деяким подобається пити нектар із квітів, щоб жити свої сили для полювання. Певні сімейства рослин найкраще дають цей нектар. Поповнення вашого саду такими рослинами допоможуть утримувати популяцію шкідників під контролем[25]. У випадку з запилювачами важливу роль відіграє період цвітіння рослин. Отже, у весняний період переважатимуть дерева та кущі, в літній період – квіти та однорічні культури, восени – майже тільки квіти і однорічники і значно меншій кількості видового асортименту на відміну від весняного та літнього періоду. До атрактантів відносяться: квітучі рослини усіх ярусів (див.: додаток 3), а також не зважаючи на період цвітіння - пастернак, фенхель, гірчиця, кріп, петрушка.

3. *Репеленти* захищають від шкідників шляхом відлякування. Найбільш ефективними репелентами можна вважати рослини, які містять багато ефірних олій. За рахунок високого вмісту ефірних олій ці рослини мають насичений запах, який дезорієнтує комах. Найефективніше висаджувати рослини-репеленти у великій кількості. Список рослин див.: додаток 4.

4. *Мульчери* виконують подвійну функцію – витіснення бур'янів та живої мульчі, що живить ґрунт. Передбачає розкладання решток рослин, трави, листя дерев природним шляхом. До них можна віднести: барвінок, конюшина, чебрець, окопник, ревінь, а також дерева та кущі (їх листя і гілля).

5. *Фіксатори* утримують азот в ґрунті завдяки симбіозу із бульбочковими бактеріями. Ерік Тонсмейер щодо фіксації азоту зазначає, що деякі рослини взаємодіють із ґрунтовими бактеріями, перетворюючи азот з повітря на корисне добриво. Ці рослини не лише не конкурують зі своїми сусідами по азоту, але насправді роблять його доступним для інших згодом у результаті розкладання коренів та листя [25]. До таких відносяться: бобові: горох, квасоля, соя, вика, спаржа, еспарцет, нут, люпин, люцерна, конюшина, гледічія, лох, робінія (передбачає необхідність постійного контролю) та інші.

6. *Акумулятори* мають дуже глибокі корені, що всмоктують мінерали та інші поживні речовини з глибин, роблячи їх доступними для рослин з менш заглибленою або поверхневою кореневою системою. Таким чином, функція рослин-акумуляторів - накопичення поживних речовин. Коріння деяких видів сягає глибоко в підґрунтя, щоб принести поживні речовини, такі як кальцій, фосфор та калій. Як і азотфіксатори, рослини, що накопичують поживні речовини, менше конкурують один з одним і з часом підвищують родючість ґрунту для своїх сусідів[25]. До них відносяться люцерна, цикорій, петрушка, кульбаба та інші.

При обранні їстівних рослин, що мають бути включені до системи, слід зосереджуватись на місцевих культурах, починаючи від горіхові і плодіві дерева, а також кущі, (характерні для наших широт: ліщина, горіх,

яблуна, груша, слива, терен, вишня, кизил, обліпіха, актинідія, виноград, малина, смородина, полуниця, суниця, ожина, чорниця, лохина та інші). Також це дерева та кущі, цвіт і плоди яких сушитимуться на чай та для ліків (липа, бузина, глід, шипшина та інші) Крім дерев та кущів, це можуть бути клубневі, цибулинні, бобові, хрестоцвіті, зонтичні (топінамбур, цикорій, черемша, спаржа, капуста, горох, квасоля та інші), багаторічні самосіви (амарант, портулак, інші), пряно-ароматичні та лікарські трави. Також не варто забувати про квіти - медоноси та відлякувачів шкідників[61].

3.2. Приклади впровадження агролісівничих систем на базі розробок Ернста Гьотча

Пермакультурний дизайн передбачає розумне керування зовнішніми енергіями. Ми маємо можливість створювати вітрозахист, теплові або холодові пастки, накопичувати та зберігати воду, спрямовувати її в необхідному для елементів напрямку або навпаки, відводити її звідти, де вона може зашкодити, тим самим утворюючи сприятливий мікроклімат для компонентів кожного з запланованих елементів. Більше того, наша добре спроектована продуктивна самодостатня стала екосистема може вплинути на загальний мікроклімат середовища, в якому вона буде перебувати.

Прикладом масштабної зміни клімату цілого регіону є робота швейцарського фермера та дослідника з більш ніж 50-річним досвідом та досягненнями в галузі сталого сільського господарства Ернста Гьотча. Syntropic Farming – таку назву отримали розроблені ним принципи та методи, які поєднують сільськогосподарське виробництво з відновленням ландшафту. Їх практичне застосування можемо спостерігати на його фермі з рекомпозицією (переоблаштуванням/відновленням) 410 га деградованих земель в штаті Байя (Бразилія). Інтеграція системи виробництва продуктів харчування в систему динамічного природного відродження лісів призвела до створення власного мікроклімату ферми та позитивно вплинула на загальні кліматичні умови регіону, в якому вона розташована[46,61] (див.: додаток 6, мал. 1,2).

Швейцарець навчався і працював генетиком у галузі покращення рослин у своїй країні до 1970-х років. У 1984р. він переїхав до бразильського штату Байя, де купив ферму «Olhos d'Água». До того, як він почав розвивати свої роботи, земля була повністю деградована через інтенсивну вирубку та занедбаність. Тож Е. Гьотч зайнявся своїм сільським господарством. Жодних хімічних чи органічних добрив, жодного зрошення, ніяких пестицидів чи гербіцидів. Натомість він працював із життям, і життя перетворило це місце.

Відновлюючи рослинність і якість ґрунту, Гьотч запустив цикли оновлення. Цей процес оживив водні джерела і повернув дощ на колись суху землю. Заліснені площі мають відкриті галявини для вирощування овочів, зерна та коренеплодів. У той же час поряд садять насіння дерев. Види, що народжуються першими, утворюють плаценту «лісового зародка». Починається новий цикл, складніший і плідніший, ніж попередній. Так виглядає процес синтропічного сільського господарства[47].

З того часу фермер розробив принципи та методи, які поєднують виробництво їжі з природною динамікою відновлення лісу. Ернст Гьотч провів сотні експериментів методом проб і помилок, поки не розробив концепцію, яку ми тепер знаємо як синтропічне сільське господарство. Сутність синтропічного фермерства досліджено за матеріалами викладеними агентами Ернста Гьотча на офіційному сайті: <https://agendagotsch.com/pt/>

Слово «синтропія» походить від грецького «syn» - разом і «tropos» - тенденція. Тож Е. Гьотч характеризує синтропію визначенням математика Луїджі Фантаппіє як «тенденцію до концентрації енергії, порядку, організації та життя». Він базує синтропічне сільське господарство на наборі теоретичних концепцій, але зосереджується на застосуванні їх принципів у відчутний на практиці спосіб. Системи агролісівництва не є нещодавньою практикою, оскільки корінне та традиційне населення вже інтегрувало багато з цих компонентів у свої культури. Незважаючи на надихання знаннями предків, зокрема щодо філософії та основних принципів, підхід Гьотча приніс

деякі відмінності. Основним з них є застосування наукових досліджень і методів, які зосереджені на біогеохімічних циклах.

Завдяки міждисциплінарному підходу, який охоплює такі галузі, як біологія, хімія, фізика, екологія та антропологія, він прагне побудувати глибше розуміння природи та її природних процесів. На його думку, завдяки розумінню принципів життя синтропічний фермер працюватиме над відтворенням і прискоренням природних процесів і використанням енергії самого життя. Визнаючи та шануючи той факт, що кожен вид відіграє власну роль в екосистемі, збирання та відновлення стають наслідком цього процесу.

Отже, синтропічне сільське господарство є унікальним. Багато методів сталого ведення сільського господарства базуються на логіці заміщення ресурсів. Хімікати замінюють органікою, пластик – біорозкладаючими матеріалами, пестициди – усілякими препаратами. Проте спосіб мислення все ще дуже близький до того, якому вони протистоять. Загалом вони борються з наслідками відсутності належних умов для здорового росту рослин. В свою чергу, синтропічне сільське господарство допомагає фермеру відтворити та прискорити природні процеси екологічної сукцесії та стратифікації, надаючи кожній рослині ідеальні умови для її розвитку, розміщуючи кожен з них у «правильному» положенні в просторі та в часі (див.: додаток 5, мал.2). Це сільське господарство, засноване на процесах, а не на ресурсах. Таким чином, урожай розглядається як побічний ефект відновлення екосистеми, або навпаки.

Замість рецептів у синтропічному сільському господарстві існує набір концепцій і технік, які дозволяють зрозуміти його фундаментальні характеристики. Синтропний фермер має сприяти первинному виробництву біомаси, обрізаючи види відповідно до критеріїв стратифікації, життєвого циклу та місця в сукцесії. Таким чином, мета полягає в тому, щоб створити середовище постійного кругообігу та збільшення органічних і неорганічних поживних речовин, максимізуючи фотосинтез і прискорюючи здатність

системи метаболізувати та перетворювати енергію в більш складні форми життя.

Сьогодні ферма Olhos D'Água виробляє широкий асортимент фруктів та один з найкращих та найцінніших сортів какао у світі. Секрет високої продуктивності та якості порівняно з іншими виробниками в регіоні не в удобренні та зрошенні, оскільки вона обходиться без них. На додаток до звичайного зав'язання до какао-дерев, виробництво ферми залежить від управління та обрізки Еритрини (Коралове дерево (лат. *Erythrina*)), Джекфрутових дерев (індійське хлібне дерево (лат. *Artocarpus heterophyllus*)), бананових дерев та багатьох інших видів, які присутні в цьому районі. Тобто обрізка працює як удобрення та зрошення через природні процеси. Фермер перестає бути транспортером добрив і води, а виступає посередником між рослинністю та ґрунтом, забезпечуючи останній максимум «палива», зберігаючи при цьому загальне здоров'я врожаю.

До переваг обрізки відносяться:

- Систематичне зрізання та розміщення органічної речовини на ґрунті (ніколи всередині) стимулює дію організмів і прискорює перетворення.
- Обрізані рослини стимулюють новий ріст як пагонів (гілок і листя), так і їх коренів.
- Інформація про ріст також змінює біохімічний склад гормонів і ферментів у коренях, що опосередковано сприяє більшому утриманню води та поживних речовин.

У синтропічному сільському господарстві вважається, що відкритий ґрунт схожий на «відкриту рану». Тому замість того, щоб утримувати територію «в чистоті», висіюється якомога більше рослин. Це має кілька переваг:

- Збільшує загальну швидкість фотосинтезу на ділянці. Це допомагає стабілізувати температуру ґрунту та охолоджує навколишнє середовище.
- Якщо правильно садити, прополка перетвориться на врожай. Товстий шар органіки запобіжить небажаному росту рослин.

- Більш прохолодний, захищений ґрунт підтримує більше життя. Більше життя означає здоровіші рослини та швидшу трансформацію біомаси.

- Древа знаходять простір для розширення свого коріння, звільняючи місце для кисню, води, поживних речовин і корисних мікроорганізмів.

Усе це в сукупності призводить до родючого та доброго ґрунту.

На сьогодні Ернст Гьотч навчає, надає допомогу та супроводжує проекти фермерів не тільки в Бразилії, а й в деяких Європейських країнах, таких як Іспанія, Португалія. У будь-який проект він включає види, які мають велику потужність виробництва біомаси, щоб вони могли постачати таку ж або більшу кількість органічної речовини, ніж природне середовище, наприклад, «*Eucalyptus sp*» і «*Acacia mangium*». Оскільки вони є видами екосистем з невеликою доступністю води та поживних речовин, вони пристосовуються до бідних і деградованих ґрунтів інших біомів. Швидкий метаболізм цих рослин дозволяє переробити велику кількість енергії за короткий проміжок часу і в складних ґрунтових умовах. На думку Гьотча, якби їх оцінювали за кількістю біомаси, яку їм вдається виробити, і за їхньою вражаючою здатністю витримувати різке обрізання, їх не віднесли б до категорії лиходіїв навколишнього середовища. Синтропічне фермерство використовує їх як стратегію відновлення ґрунту.

Отже, синтропічне сільське господарство показало свою користь для навколишнього середовища, дозволяючи швидко відновлювати ліс, а саме в сильно деградованих районах, а також тому, що це метод вирощування, заснований на природних процесах без необхідності використання хімічних елементів. Це також соціально справедлива та економічно життєздатна методологія, оскільки вона виробляє велику кількість їжі за низьких виробничих витрат, враховуючи відсутність машин.

Ця модель може представляти важливе рішення для вирішення надзвичайно важливого виклику XXI століття – примирення між сталістю у виробництві харчових продуктів та екологічною стійкістю. [46].

3.3. Приклади застосування розроблених Ернстом Гьотчем методів в інших господарствах.

Е. Гьотчем були розроблені великомасштабні моделі синтропічного фермерського господарства для Fazenda da Tosa, розташована в Ітірапіні, за 200 км від столиці Сан-Паулу. Дана ферма вважається дуже особливим місцем, яке є зразком сталого розвитку для Бразилії та світу. У 2009 році Педро Пауло Дініс відкрив нову главу: Fazenda da Tosa Orgânicos. Він перетворив земельні угіддя ферми площею 2300 га на масштабний центр органічного виробництва, який сьогодні підтримує чотири основні напрями діяльності: виробництво органічних яєць під власним управлінням ферми, а також виробництво органічного молока, зерна та розвиток систем агролісівництва на партнерських засадах. Усі зазначені види діяльності передбачають максимальну повагу до тварин, природи та всіх людей, залучених у процес виробництва.

У Fazenda da Tosa є близько 50 гектарів агролісомеліораційних систем, які, виробляючи надзвичайно здорову та ефективну їжу, відновлюють ґрунт, поглинають вуглець, диверсифікують виробництво, зберігають воду та сприяють біорізноманіттю. Усе це завдяки втручанню людини, заснованому на розумі та динаміці природи.

Починаючи з 2012 року, було проведено серію експериментів задля перевірки різних рослинних консорціумів, з урахуванням таких факторів, як рівень затінення, виробництво біомаси, типи обрізки та витрати на управління. За результатами цих експериментів було створено адекватну модель для збільшення масштабу. Для цього було розроблено декілька методологій та індикаторів з метою надання наукової, а не лише емпіричної основи цьому проекту.

Агролісівничі системи, які зараз набувають масштабів у Fazenda da Tosa, зосереджені на вирощуванні цитрусових. Але тут є кілька видів, які створюють біорізноманітне середовище: дерева для обрізки, такі як Ingá, Eritrina та Eucalyptus, які мають функцію забезпечення органічних речовин

для ґрунту; вироби з деревини, такі як кедр *Cedrus* (кедр), *Mahagoni* (червоне дерево) та ендемік Бразилії *Zeyheria tuberculosa*, з яких виробляють високоякісну деревину; однорічні культури, такі як маніок і ямс; бананові дерева, які займають узлісся і служать захистом від вітру та засобом боротьби зі шкідниками, на додаток до Tahiti lime (Перський лайм), що є однією з основних культур цієї системи.

З 2018 року зазначені агролісівничі системи управляються компанією Rizoma, також заснованою Педро Пауло Дінізом для інвестування у відновлюване сільське господарство в Бразилії та в усьому світі. Компанія має амбітну мету поширити регенеративне сільське господарство на площу 1 мільйон гектарів. На базі ферми Rizoma у партнерстві з Unicamp з метою вдосконалення та результативності агролісівничих систем постійно проводяться наукові дослідження.

Слід зазначити, що вирощування цитрусових для Бразилії є одним із пріоритетів, враховуючи його комерційне значення. Країна є другим за величиною виробником цитрусових у світі, виробляючи близько 19 мільйонів тон щорічно, поступаючись лише Китаю. А якщо розглядати лише апельсини, то компанія Rizoma є найбільшим у світі виробником та експортером апельсинового соку з 55% часткою міжнародного ринку[48].

Наступна ферма, про яку варто згадати Quinta das Abelhas («Ферма для бджіл») у Португалії. Її засновник, 25 річний голондець Марк Лейбер, отримавши ступінь бакалавра у галузі традиційного сільського господарства, вирішив провести дослідження та знайти можливості впливу на способи вирощування їжі у великих масштабах в сучасних реаліях. Його пошуки привели до знайомства з Ернстом Гьотчем, який знав багато відповідей на запитання М. Лейбера. Як результат, М. Лейбера є учнем Е. Гьотча вже понад три роки, перші дев'ять місяців з яких він провів, працюючи та живучи на какао-плантаціях Гьоча, де особисто спостерігав, який позитивний вплив може мати людина на екосистему, що її оточує, досягаючи при цьому неймовірно високих сільськогосподарських показників.

В грудні 2019 року за ініціативи М. Лейбера в португальському районі Алентежу було засновано Quinta das Abelhas (<http://www.growback.net/>), на базі якої розпочато реалізацію навчально-дослідницького проекту, спрямованого на розробку, тестування та вивчення комплексних систем агролісівництва, зосереджених на техніках синтропічного землеробства, яких навчає Е. Гьотч. За участі Гьотча було створено план синтропічного господарства, адаптованого до середземноморського клімату.

Португальський Алентежу - це регіон із багатою сільською (сільськогосподарською) культурою. Однак він дедалі більше страждає від великомасштабного нехтування здоров'ям землі через сучасну сільськогосподарську практику, а також через зміну клімату, тож існує потреба в сталому управлінні землею. Наприклад, ділянка, на якій впроваджується проект М. Лейбера розташована в сільськогосподарському Montado (ті самі пасовища Іспанії та Португалії з 4500 річною історією, мова про які йшла на початку цього розділу) Herdade do Freixo do Meio (<https://freixodomeio.pt/>) площею близько 600 га. Понад двадцять п'ять років тому сучасний її господар вирішив провести реновацію належних йому занедбаних та деградованих земель. Для цього ним почали залучатися спеціалісти з різних сільськогосподарських напрямів з новачійними розробками. До їх числа потрапив і М. Лейбер зі своїм дослідницьким проектом, спрямованим на внесок у ноу-хау.

На початку 2020 року за участю Е. Гьотча було закладено перший 1 га насаджень, на меті якого тестування та демонстрація можливостей незрошеного сільського господарства в середземноморському кліматі, що здатне призвести до відновлення лісів на місці втручання та є продуктивним з першого. Насадження є високими за щільністю та різноманітністю видів (понад 60-80 видів висаджених разом) Так в одному ряду разом з плодовим деревами та кущами близько одна до одної висаджувалися такі багаторічні рослини, як дика олива (*Olea oleaster*), мастика (*Pistacia lentiscus*), тагасасте (*Cytisus proliferus*), насіння дуба кам'яного (*Quercus Ilex*), коркового дуба

(*Quercus suber*). Поряд з ними овочеві та ягідні культури, а також трав'янисті рослин. Випробовуючи різні видові комбінації рослин, М.Лейбер шукає найкращі для швидкого та ефективного відновлення деградованих ґрунтів на своїй фермі.

При висадці однорічних культур також дотримується висока видова щільність з урахуванням періодів вегетації та плодоношення. Дані культури висаджуються з метою отримання ранніх прибутків, які не можуть дати молоді деревні насадження.

Крім того, на фермі була проведена обрізка старих дубів. Деревна обрізка таким чином, щоб сприяти росту нових пагонів. Отримана після обрізки сировина була подрібнена та повернута в ґрунт, як це передбачає син тропічне землеробство. Подрібнення матеріалу робить його більш придатним для життєдіяльності ґрунту, пришвидшує оберт, а також дозволяє використовувати його для ґрунтового покриття, який захищає ґрунт від сильного випромінювання та може зменшити випаровування. До того ж, у міжряддя засівалися різні трави для отримання соломи та сидерати, що в подальшому використовувалось в якості мульчі у лініях посадки дерев.

Уже сьогодні можна констатувати, що всупереч очікуванням багатьох фермерів регіону, використання води на експериментальній ділянці М. Лейбера неймовірно мале в порівнянні з їхнім. Такий результат привернув великий інтерес багатьох молодих людей, які зацікавилися такими прогресивними методами. Розпочинаючи свій проект, М. Лейбел поставив собі за мету повернути молодь у сільське господарство. Треба зазначити, що саме воно має питому вагу в економіці Португалії, а сучасна португальська молодь не лише покидає села, а й країну, шукаючи більш перспективної реалізації в сусідніх європейських країнах.

Тож, М. Лейбер вже зумів отримати певні результати (див.: додаток 7, мал. 1-6). Щороку Е. Гьотч декілька разів провадить на його фермі спеціалізовані навчальні семінари, які відвідує все більше зацікавлених осіб, а ферма М. Лейбер поповнюється новими спеціалістами, що допомагають

йому контролювати її роботу та фіксувати вплив новаційної системи ведення сільського господарства на низку ключових екологічних показників. Є й охочі серед здобувачів наукових ступенів супроводжувати проект задля проведення своїх власних наукових дослідів.

Сам М. Лейбел щоразу вдається до все більшого спектру досліджень. Так, задля вимірювання наземного біорізноманіття по всій фермі встановлюється обладнання, яке проводить біоакустичний моніторинг (записує та аналізує звуки тварин). За його допомогою можна буде отримати розгорнуту картину щодо кількісних показників біорізноманіття в часі. За допомогою передових технологій можливе навіть розпізнання окремих видів, якщо їх зазначити в якості цільових.

Та основна мета впровадження на Quinta das Abelhas агролісівничої системи на базі синтропічних розробок Е. Гьотча полягає в тому, щоб продемонструвати, що завдяки дотриманню його методів мікроклімат буде значно впливати на залучення та концентрацію вологи, а також місцеве зниження температури повітря поблизу рівня ґрунту, що позитивно впливає на рослинне співтовариство. Отримані позитивні результати в подальшому підлягатимуть масштабуванню[53].

Ще один проект на території Португалії, в якому прийняв участь Е. Гьотч провадився за ініціативою Food4Sustainability CoLAB (португальська некомерційна асоціація, яка займається інноваціями у сталому виробництві продуктів харчування) та Мендеса Гонсалвеса, (засновника компанії Paladin – виробника оцтів та соусів для мережі роздрібної торгівлі та для великих міжнародних харчових мереж, таких як McDonalds та Domino), зацікавленого в отриманні здорових продуктів харчування для подальшого їх використання у виробництві.

Основна концепція та системний підхід до циклічного виробництва Food4Sustainability CoLAB були розроблені в ході співпраці з відповідними національними та міжнародними зацікавленими сторонами та експертами. І

даний пілотний проект агролісівництва був покликаний продемонструвати методи регенеративного агролісівництва та спрямований на обмін знаннями. При цьому, Мендес Гонсалвес, керуючись прихильністю до регіонального розвитку та здоровішого харчування, мав на меті також розширення виробничих потужностей шляхом встановлення нових заводів в інших регіонах, та розробку ширшої ініціативи соціального впливу, яка включає стале виробництво продуктів харчування та освіти.

У лютому 2020 року, на полі в районі Голега, Португалія, яке попередньо було зайнято монокультурою зерна, за розробками Е. Гьотча розпочалась реорганізація території. В результаті ділянка була перетворена на агроліс з добре продуманою послідовністю врожаїв з перших циклів.

Е. Гьотчем спроектував та впровадив систему лінійних посадок, що включає яблуні, сливи, лошину, виноград, лимони, ожину, ясени, тополі, полуницю та овочі з коротшими циклами. Кожна смуга між деревами передбачає два подвійні ряди гострого перцю, який, на думку Гьотча, допоможе зайняти та жити всю систему.

Основною особливістю цього дизайну, яка викликає загальні сумніви, переважно для комерційних господарств, є те, що шари дерев були розподілені в різні лінії посадок. У той час, як деякі лінії зосереджуються на низьких та високих рівні, інші передбачають середні рівні. В першу чергу, таке розміщення насаджень полегшує обробку та збирання врожаю.

Висновок

На сьогодні Е. Гьотч довів, що агролісівництво на базі синтропічних методів та принципі добре працює не лише в тропічних регіонах, але й у різноманітних кліматичних умовах, таких як Середземномор'я чи помірний клімат. Воно гармонійно інтегрує створену нами систему виробництва харчових продуктів в природне середовище, стаючи його екологізованою часткою. Також на прикладі проектів, в яких приймав участь Е. Гьотч, та його власної ферми простежується їх економічна виправданість, а також

безпосередня можливість на шляху до продовольчої безпеки. Отже, у підсумку містить усі складові сталого розвитку.

РОЗДІЛ 4

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОЛІСІВНИЧИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Відповідно до затвердженої 07.06.2017р. Постановою № 413 Кабінету Міністрів України Стратегії удосконалення механізму управління у сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними: «в Україні нараховується понад 1,1 млн. гектарів деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених земель, які підлягають консервації, 143,4 тис. гектарів порушених земель, які потребують рекультивації, та 315,6 тис. гектарів малопродуктивних угідь, які потребують поліпшення»[54].

Єдиною агролісомеліоративною практикою в Україні є полезахисні лісові смуги (ПЛС). Закладка більшості існуючих на сьогодні на території України відбулася ще у в 50 – 60-х роках ХХ століття радгоспами і перебувала у їхньому користуванні. З прийняттям у 1992 р. Закону України «Про приватизацію земель» на багато років закріпилася невизначеність щодо володіння та користування ПЛС[55]. Користь ПЛС для сільськогосподарських культур та довкілля (див.: додаток 8) доведені не одним поколінням науковців. Однак, довготривала відсутність господаря призвела до часткової втрати полезахисних лісосмуг у результаті знищення. Частина, що залишилась перебуває у занедбаному стані та потребує негайного відновлення.

В ході оцінки екосистемних послуг ПЛС проведеної Н.Ю. Висоцькою та іншими встановлено, що «в Україні існує близько 440 тис. га полезахисних лісових смуг, які захищають майже 13 млн. га орних земель... За попередньою еколого-економічною оцінкою вартість екосистемних послуг, які надають ПЛС, становить 39,8 млрд. грн. на рік (1,4 млрд. доларів США). Зокрема за категоріями згідно з міжнародною класифікацією екосистемних послуг (CICES) версії 4.3:

- екологічні послуги забезпечення – 0,3%, 0,12 млрд. грн. (4,2 млн. доларів США);
- екологічні послуги регулювання та обслуговування – 99,7%, 39,7 млрд. грн. (1,4 млрд. доларів США): зокрема виділення кисню полежахисними лісовими насадженнями становить 16,7, контроль за ерозією – 5,7, добавка врожаю від впливу захисних насаджень – 17,3 млрд. грн.»[56].

З урахуванням наведених в даному дослідженні переваг сучасних агролісівничих систем, було б доцільно оновити існуючі ПЛС відповідно до новітніх розробок. В результаті такого оновлення, а у разі потреби заміни, можливо покращити якість їх екосистемних послуг та водночас зменшити витратну складову за рахунок меншої щільності дерев.

Задля відновлення деградованих земель пропонується впровадження на їх території агролісівничих насаджень. З урахування того, що площа деградованих земель складає понад 1,1 млн. га, що майже втричі більше за площу, яку займають ПЛС, та можливість зменшення щільності деревних насаджень, вартості екосистемних послуг не зростатиме в геометричній прогресії. А з урахуванням екологічної користі та подальшої економічної вигоди, ця вартість має спадати.

Враховуючи усі негативні наслідки спричинені сільським господарством та погіршення екологічної ситуації в нашій державі в результаті воєнних дій, що відбуваються на її території, українським аграріям варто звернутися до практики впровадження агролісівництва. При цьому потрібно усвідомлювати, що агролісівництво це не просто перехід з вирощування польових культур чи худоби на комбінований із застосування деревних насаджень. Ми не отримаємо результат простим змішуванням поля чи пасовища з лісом. Без попереднього аналізу місцевості, її кліматичних та рельєфних особливостей, без повного спеціалізованого спектру знань, без вмілого проектування не можливо створити продуктивну, самодостатню систему. Адже необхідно подбати, щоб різні види в системі використовували

різні ресурси в різних часових і просторових масштабах, щоб замість конкуренції вони покращували середовище один одного та сприяли зростанню.

Отже, вибір видів дерев та сільськогосподарських культур, які мають різні вимоги до ресурсів, є важливим фактором для максимізації ефективності агролісівництва. Вологоутримуючі властивості ґрунту також впливатимуть на ступінь конкуренції за воду в системі, при цьому конкуренція буде вищою у ґрунтах, що вільно дреноються, і навпаки. Крім того, різні методи управління впливають на результат видів у системі.

Рекомендується дотримуватись загальних принципів підбору взаємосумісних та взаємодоповнюючих деревної та алейної культур, а саме:

- види дерев та сільськогосподарських культур повинні відповідати ґрунтам, клімату та місцевості;
- види та інтервали між ними повинні забезпечувати доступність для своєчасних господарських заходів, таких як оприскування, обрізка, збір врожаю;
- розмір доступного обладнання, що використовується для обрізання алей, має частково визначати ширину міжрядь;
- враховується зростання дерев і чагарників у висоту та ширину по обидва боки міжрядь;
- оптимальна орієнтація низки дерев залежить від конкретної культури алеї та ширини алеї. Ряди дерев, посаджені за контурами або вирівняні за системою ключових ліній, можуть допомогти зменшити ерозію ґрунту;
- управління світлом для сільськогосподарських культур. Враховувати, що у міру зростання дерева та чагарники будуть створювати більше тіні на супутніх культурах (в середньому негативні наслідки затінення деревами на насадження під ними відчувається приблизно через 25 років після посадки дерев), тому необхідно вдатися до прорідження дерев або садити культури, які

більш тіньовитривалі чи мають додатковий вегетаційний період, або використовувати площі під деревами для вирощування підстилочного матеріалу;

- враховувати алелопатичний вплив одних рослин на інші;
- обирати рослини з кореневими структурами, які з меншою ймовірністю конкуруватимуть за простір, воду та поживні речовини у ґрунті;
- визначити мету виробничої системи. Крім оптимізації чи максимізації доходу, дика природа та якість води також мають входити до кола інтересів виробників[57, 58].

В процесі підбору рослин-компаньонів слід звернути увагу на їх функціональність. В агролісівництві існує безліч способів інтеграції дерев з іншими компонентами системи у просторі та часі. Посадки дерев можуть бути щільними або розосередженими, висаджені рядами, чергуватися з іншими культурами або бути межами поля. Так само дерева та інші компоненти системи можуть спільно використовувати простір протягом усього існування системи, або тільки на ранніх стадіях (як при сукцесії), періодично або послідовно й в інших більш складних комбінаціях.

«Зрозуміло, що створення сталих продуктивних самокерованих екосистем потребує багато специфічних знань, практичної роботи та досвіду. Справа ускладнюється тим, що в різних широтах різні умови. Коли мова йде про підбір рослин, відмінні клімат, ґрунти, рослинний та тваринний світ, унеможлиблює користування більшістю напрацювань у цій сфері іноземних дослідників»[59]. Але розроблені ними методи та практичний їх застосунок можуть бути взяті за основу.

В умовах опустелювання Південних регіонів нашої країни, дуже цінно перейняти досвід Ернста Гьотча та Марка Лебера щодо створення агросистеми, яка не потребує зрошення та відновлює деградовані ґрунти. Цікавим є і їх економічний підхід. Наприклад, М. Лейбер розбив земельні угіддя, на яких спроектовано агроліс на сектори орієнтовними площами по 1

– 1,5 га. Щороку навесні одна з ділянок засаджується деревами для мульчування, плодовими деревами та кущами (як основні виробничі культури), овочами та ягодами. Овочі та ягоди будуть займати дані площі, доки не підростуть дерева і кущі. Кошти отримані від зібраного врожаю овочів та ягід використовують для закупівлі посадкового матеріалу, що висаджуватиметься на наступному секторі. Таким чином площі господарства розростаються без залучення додаткових коштів. Це займає певний час, але є доречним варіантом для жителів сільської місцевості, що не мають великого капіталу, але є власниками пайової землі.

Системи ведення агролісового господарства можуть коливатися за рівнем інтенсивності, залежно від виробничого продукту. В агролісівництві збалансованості переважає інтенсивність. Для її досягнення необхідна чітка продумана стратегічна поетапна робота, яка включає ретельний аналіз, вміле проектування, подальше відтворення та управління, спостереження за процесами і оцінка результатів, вчасне корегування. Саме тому, при створенні агролісівничої системи варто звертатися до відповідних спеціалістів.

ВИСНОВКИ

1) У ході дослідження було визначено негативний вплив сільськогосподарської діяльності на стан ґрунтів, водних ресурсів, біорізноманіття, залежність сільського господарства від кліматичних чинників, вразливість до зміни кліматичних умов та констатовано, що водночас воно є одним із головних винуватців надзвичайної кліматичної ситуації.

Досліджено світові тенденції переходу до сталого землекористування, та встановлено, що агролісівництво вважається стратегічним інструментом сталого землекористування, сприяє досягненню цілей в галузях екологічної, кліматичної та енергетичної незалежності.

Визначено, що агролісівництво - це техніка поєднання сільського господарства з лісівництвом, яка передбачає навмисне насадження дерев на сільськогосподарських угіддях в обмін на екологічну та економічну вигоди.

2) Встановлено позитивний вплив агролісівництва на ґрунти (запобігання утворенню ерозії, засоленню, відновлення родючості), водні ресурси (помірне використання підземних та ґрунтових вод, очищення), клімат (секвестрація вуглецю, зниження температур, збільшення вологості, утворення власного мікрокліматк), біорізноманіття (сприятливі умови для відновлення природних ланцюгів) та економічну складову (відсутній миттєвих результаті, щорічне зміцнення системи нарощування продуктивності, зменшення ресурсовитрат, стає менш залежним, здатним до опору несприятливих зовнішніх факторів, більш захищеним, сталим).

3) Виявлено і обґрунтовано переваги агролісівництва. Так, поряд із вирішення екологічних проблем (деградація земель, втрата ґрунтового вуглецю та родючості, загроза водним ресурсам, втрата біорізноманіття, вирубка лісів, викиди парникових газів), агролісівництво здатне до вирішення й соціальних (відтік населення із сільської місцевості, концентрація влади в руках лише корпорацій, бідність). Це регенеративний способів ведення сільського господарства з мінімальним залученням

зовнішніх ресурсів. Він стимулює виробництво біомаси, фіксацію азоту та глибоке захоплення поживних речовин, а також, зменшуючи стік, ерозію, вимивання та інші шляхи втрати ресурсів, сприяє зменшенню зовнішнього впливу.

4) Показано, що агролісівництво практикувалось і 13000 років тому, і 4500 років тому. У сучасному розуміння розпочало розвиватися наприкінці 1970-х - на початку 1980-х років та станом на кінець 1990-х почало набирати інтенсивних обертів. Розглянуто основні різновиди агролісівництва: алейне землеробство, лісопасовище, багатоярусні агролісомеліорації.

Наведено безпосередні приклади впровадження агролісівництва на базі розробок Ернста Гьотча. Розкрито сутність Syntropic Farming (розроблені Е. Гьотчем принципи та методи, які поєднують сільськогосподарське виробництво з відновленням ландшафту). Також розглянуто приклади проектів по впровадженню агролісівничих систем за участю Е. Гьотча у ряді господарств.

5) Запропоновано вдатися до впровадження агролісівництва на території України, підкреслено моменти, на які слід звернути увагу, надано рекомендації по підбору та розміщенню рослин.

За результатами проведеного дослідження доведено, що агролісівництво є високотехнологічним, інноваційним науково-обґрунтованим, екологічно, економічно та соціально ефективним способом ведення сільського господарства. Воно містить раціональне природокористування, здатне забезпечити максимальний економічний ефект при збереженні екологічної рівноваги та перехід до сталого розвитку.

Додаток 1

Таблиця 1 Інформація щодо площі земельних угідь станом на 01.01.2021 в розрізі адміністративно-територіальних одиниць, га

№ п/п	Адміністративно-територіальна одиниця	Кількість власників землі та землекористувачів	Загальна площа земель, всього *	Загальна площа угідь **	Сільськогосподарських угідь									
					Всього (5+6+7+8+9+10)	Рідля	Перелоги	Парники, оранжерей, теплиці	Сіножаті	Пасовища	Багаторічні насадження			
					код угіддя 001.01	код угіддя 001.02	код угіддя 001.03	код угіддя 002.01	код угіддя 002.02	код угіддя 002.03				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Авт.Республіка Крим	743183	1729861.454	1559.790646	1289.772735	1267.449729								11.6799059
2	Вінницька	1751229	2004781.128	1359715.285	1144600.459	1022484.511	137.7523	36.7535	10410.2166	91516.8951	20014.3303			
3	Волинська	924929	1099271.685	754268.6342	478978.2441	344153.7142	70.441372	10.6468	69846.4527	62718.2653	2178.72385			
4	Дніпропетровська	1281237	2526494.3	1344199.45	1191083.918	1004054.216	267.7957	43.4552	6809.1004	164709.606	15199.7447			
5	Донецька	1004671	2571414.389	800655.3685	712643.9516	588328.8421	227.4336	18.7203	9564.64077	103066.873	11437.442			
6	Житомирська	1417759	2095142.534	1077637.933	640672.8216	506828.1352	19286.1941	18.6774	40428.4267	68833.4766	5277.91146			
7	Закарпатська	456459	387890.3642	263604.1734	112424.2576	59167.29334	13.992	9.2691	12241.0156	31999.2634	8993.42416			
8	Запорізька	902791	2070982.375	1019145.583	923551.1986	835646.5452	34.7844	23.0473	22377.9532	53948.4746	11520.394			
9	Івано-Франківська	932559	477749.1415	385300.9377	247616.6383	177290.5677	196.9681	2.649	26966.995	38975.2399	4184.21864			
10	Київ	82253	27755.01357	8845.571373	734.828357	21.4383	378.6555	0.4328	0.151853	4.8478	329.302104			
11	Київська	2346292	2030872.534	743215.8968	553515.749	446396.9517	1620.00237	14.7519	23729.1677	23379.5417	58375.3336			
12	Кіровоградська	841932	1835685.44	938263.4965	874669.2421	821171.9933	54.5319	0.3725	1556.9637	45396.2787	6489.10197			
13	Луганська	902975	1407789.213	830900.2457	722001.9242	623496.519	1371.8903	26.895494	28486.2458	64308.9128	4311.46081			
14	Львівська	1651981	1032700.957	688984.2012	495847.9329	314267.3405	111.1629	7.5318	89356.3221	86497.3561	5608.21941			
15	Миколаївська	841617	1895226.116	902834.3215	816346.862	701357.9136	203.7484	3.9299	540.5567	102121.341	12119.3721			
16	Одеська	1404390	2187601.665	760905.8325	729073.7794	597826.7767	701.0038	7.6891	5740.4096	112219.534	12578.3659			
17	Полтавська	1395733	2061135.956	1198476.608	1088904.884	955590.8411	545.9852	2547.8701	56370.6033	67378.2076	6471.37661			
18	Рівненська	1127758	1490361.949	681910.1037	326376.5854	232554.5863	130.5207	4.5248	47928.5249	43990.6616	1767.7671			
19	Севастополь	78514	45223.70952	0	0									
20	Сумська	1694355	1747861.056	945042.6043	700832.5551	513067.9367	66.6639	25.3858	113219.587	71250.1388	3202.84339			
21	Тернопільська	1346457	972609.6902	845724.3445	737410.2271	658110.6561	122.8802	5.7599	10369.7322	64455.915	4345.28378			
22	Харківська	1096134	1988446.225	1748953.302	1636816.409	1501335.857	720.2748	29.3042	32302.9526	82929.4653	19498.5546			

23	Херсонська	779235	1939164.447	1443534.472	1253616.113	1148718.782	57.6391	17.1108	3966.7454	77404.3393	23451.4966
24	Хмельницька	1533797	1550877.418	922941.5516	777263.0941	674417.3323	232.1222	0.038	33822.2163	47185.9881	21605.3971
25	Черкаська	1254126	1625576.133	707532.2272	449806.7892	403037.0969	366.2734	4.7103	14725.2354	25406.4414	6267.03185
26	Чернівецька	704137	414043.7669	471372.8833	218884.9571	172438.0899	950.4165	3.6394	20697.5402	18232.2299	6563.04118
27	Чернігівська	1695409	2253321.038	1017847.967	769520.8168	530903.0373	1967.2123	6.247059	116540.91	109385.378	10718.0319
	Україна	30191912	41469839.7	21863372.79	17604484.01	14833934.42	29836.3451	2869.41245	797998.666	1657325.31	282519.849

* Загальна площа, всього - сума площ земельних ділянок, відомості про які внесено до Державного земельного кадастру з кодами угідь встановленими

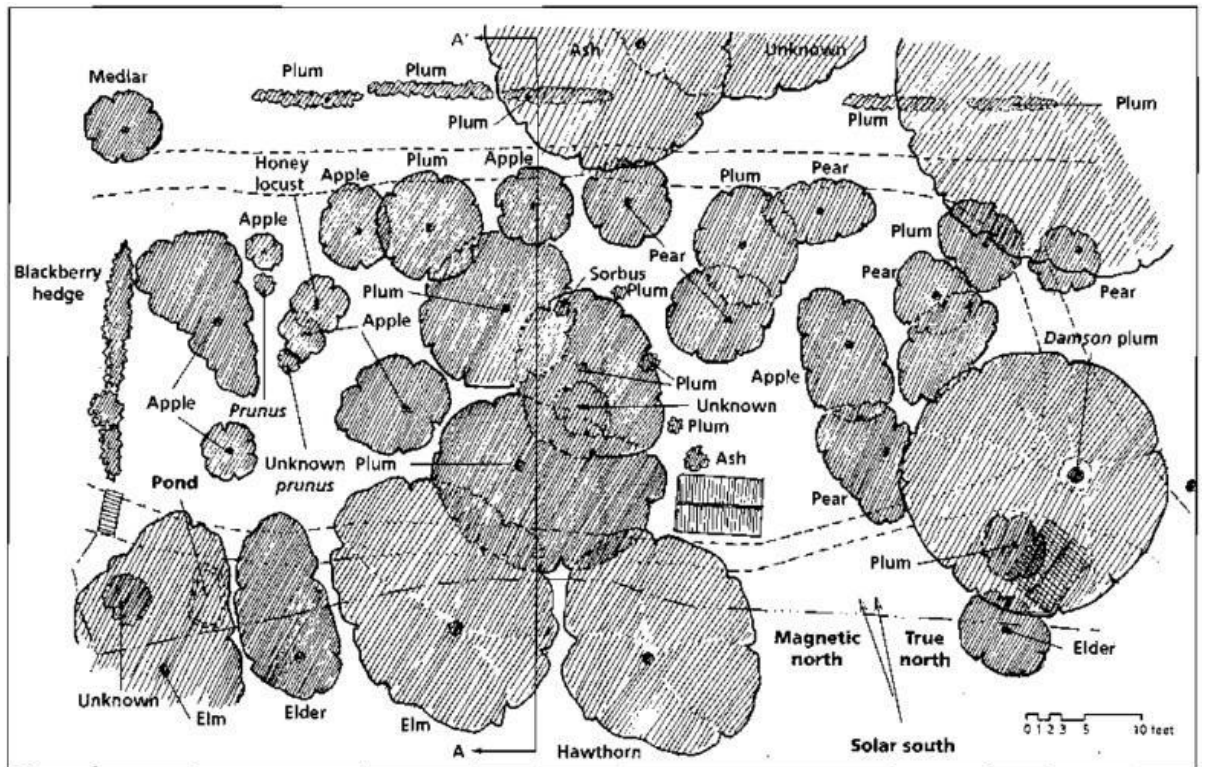
додатком № 4 до Порядку ведення Державного земельного кадастру (ПКМУ № 1051), без зазначення коду угіддя або ж з

** Загальна площа угідь - сума площі угідь земельних ділянок, відомості про які внесено до Державного земельного кадастру з кодами угідь встановленими

додатком № 4 до Порядку ведення Державного земельного кадастру (ПКМУ № 1051)

Додаток 2

Мал. 1 Карта лісового саду Роберта Харта зроблена Д. Джеком і Е. Тонсмаером у ході його дослідження у вересні 1997 р. [52]



Додаток 3

Періоди цвітіння рослин.

Весняний період цвітіння дерева і кущі: в'яз (лютий-квітень), верба (лютий-квітень), вільха сіра (лютий-квітень), алича (березень, квітень), ліщина (березень-квітень), айва (квітень-травень), вишня (квітень-травень), груша (квітень-травень), глід (квітень-травень), персик (квітень-травень), слива (квітень-травень), терен (квітень-травень), черешня (квітень-травень), яблуня (квітень-травень), гледичія (травень-червень), горобина (травень-червень), дуб (травень), каштан (травень), малина (травень-червень), ожина (травень-червень) та інші.

Весняний період цвітіння квітів та однорічних культурних рослин: підсніжник (березень-квітень), пролісок (березень-квітень), шафран (квітень), гірчиця (квітень-травень), мальва (квітень-вересень), кульбаба (квітень-травень), спаржа (травень-червень), еспарцет (травень-липень), цибуля-трибулька (травень-вересень) та інші.

Літній період цвітіння дерев та кущів: бузина (червень-липень), липа (червень-липень), дикий виноград тригострокінцевий (червень-липень), дикий виноград п'ятигострокінцевий (липень-серпень) та інші.

Літній період цвітіння квітів та однорічних культурних рослин: мак (травень-червень), конюшина (травень-серпень), календула (червень-вересень), фацелія (червень-вересень), гарбузові (червень-до морозів), соняшник (червень-вересень), кукурудза (червень-липень), люпин (червень-липень), верес (липень-серпень), волошка (липень-вересень), гречка (липень-серпень) та інші.

Осінній період цвітіння дерев та кущів: в'яз мілко листовий (серпень-вересень).

Осінній період цвітіння квітів та однорічних культурних рослин: айстра (вересень-до морозів), гарбузові (червень-до морозів), золотушник (вересень-жовтень), огірочник лікарський (червень-до морозів) та інші[59].

Додаток 4

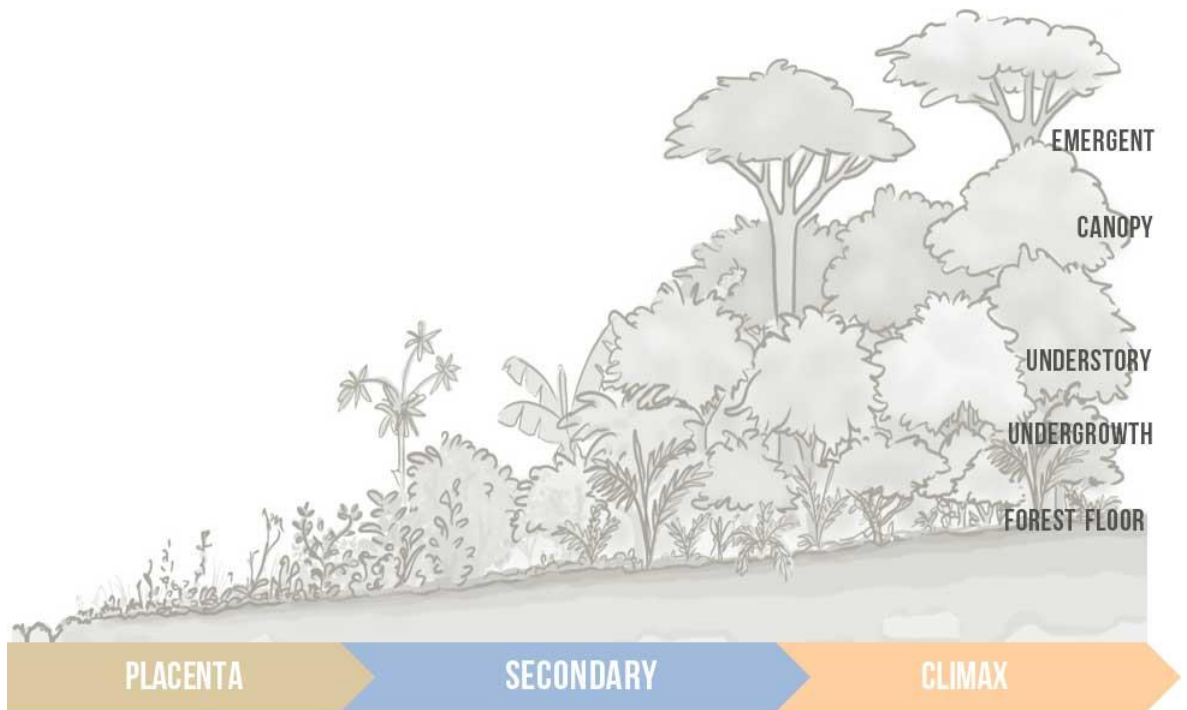
Рослини репеленти та їх властивості:

- часник (відлякує мух-квіткарку, капустяну совку, тлю, хрущика японського, павутинного кліща, пильщика персикових дерев; запобігає кучерявості персика та парші яблуні);
- цибуля (проти капустяної совки, ріпакового білана);
- цибуля-трибулька (проти морквяної мухи, попелиці, японського жука);
- полин (відлякує мурах, капустяну совку, весняну капустяну муху, морквяну муху, яблуневу плодожерку, земляних блішок, білокрилку, білана капустяного, білана ріпкового, мишей);
- чорнобривці (виділяють фітонциди, здатні запобігти розмноженню та росту хвороботворних бактерій; здатні захистити від довгоносика, совки, цибулевої мухи, капустяної білянки, попелиці, колорадського жука);
- настурції (відлякують гусениць, жуків, попелиць, метеликів, білокрилки, капустниці; застосування сухих стебел як наповнювача для теплої грядки допоможе запобігти захворюванню овочів фітофторозом, а закопування під деревами підвищує урожайність);
- нарциси (від кротів);
- лаванда (проти комарів, слимаків, попелиць, мурах, метеликів, молі);
- хризантеми (фермент перетрум допомагає у боротьбі з кліщами, блохами, вошами, хрущами, лусницями, клопами, нематодами), деревій (від слимаків);
- календула (здатна захистити від спаржевої тріщали, капустянки, гусениці бражника п'ятикрапкового, попелиці, колорадського жука, небезпечних нематод; стебло та листя використовують як компост або в теплих грядках, допомагає від фітофтори),
- герань (фенол, що міститься в ефірних оліях, має згубний вплив на комах, таких як міль, попелиця, павутинний кліщ, комарі, та грибки);
- селера (проти земляних блішок);

- петрушка (від спаржевих тріщалок);
 - редька (відлякує весняну капустяну муху, огіркових жуків);
 - салат (відлякує морквяну муху);
 - м'ята (проти білокрилки, попелиці, комарів, мух, мурах, блішок, а в сушеному вигляді – проти мишей);
 - чебрець (проти слимаків, комарів);
 - піжмо (пелюстки квітів виділяють специфічні ефірні олії: камфору, алкалоїди та туйон, різкий запах яких не переносять багато комах, в тому числі вогнівки, квіткоїди, плодожерки, тлі, мурахи, огірковий листоїд, ріпаковий білан, капустяний білан);
 - петунія (відлякує хрестоцвітних блішок, попелиць, квіткоїдів, спаржевих тріщало, томатного бражника);
 - базилік (проти слимаків, мух, комарів);
 - орегано (від огіркового листоїда, капустянки);
 - розмарин (проти моркв'яної мухи, совки капусної, зерновки, слимаків);
 - шавлія (від слимаків, тлей);
 - котовник (від тлі, земляних блішок, хрущиків японських);
- а також бергамот, фенхель, гірчиця, кріп та інші[60].

Додаток 5

Мал. 1 Природні процеси екологічної сукцесії (розміщення у часі) та стратифікації (розміщення у просторі).



Додаток 6



Мал. 1. Ферма «Olhos d'Água» Бразилія, штат Байя



Мал. 2. Ферма «Olhos d'Água» Бразилія, штат Байя

Додаток 6

Quinta das Abelhas Марка Лейбера в Португалії



Мал. 1. Quinta das Abelhas до закладки агролісу



Мал. 2. Quinta das Abelhas перші результати



Мал. 3. Quinta das Abelhas однорічники у міжряддях молодих дерев



Мал. 4. Quinta das Abelhas однорічники поміж молодих дерев



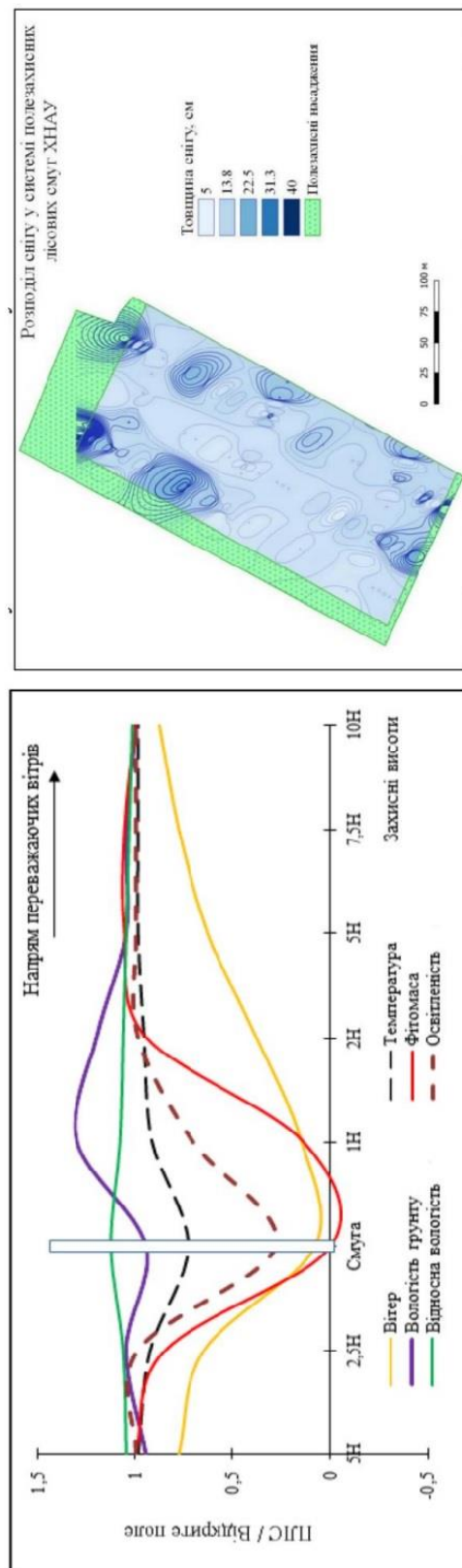
Мал. 5. Quinta das Abelhas однорічники вздовж молодих дерев



Мал. 6. Quinta das Abelhas молодий агроліс

Наукові дослідження в Україні

- Дисертація: Сидоренко С.В. (2021) АГРОЕКОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДУБОВИХ ПОЛЕЗАХИСНИХ СМУГ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ



Мал. 1. Вплив полезахисних лісових смуг на формування мікроклімату та Інтервальна карта-схема відкладання снігу на полі між основними лісовими смугами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. І.В. Федулова Вплив сільського господарства на екологію. <http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/21189/1/2.pdf>
2. Екологія / Пахомов О. Є. / Харків «Фоліо» 2014. с. 363-364
3. Офіційна сторінка United Nations Global perspective Human stories <https://news.un.org/en/story/2019/06/1040621>
4. Р. Фюкс Зелена революція. Економічне зростання без шкоди для екології Москва: АНФ. 2016. с. 201
5. Рейтингу країн за глобальним індексом продовольчої безпеки https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%0%B8%D0%B9_%D1%96%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%87%D0%BE%D1%97_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B8
6. А.К. Запольський, А.І. Салюк Основи екології Підручник для студентів технічно-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів Київ: Вища школа 2001. с. 27
7. офіційна сторінка United Nations Land Degradation and Improvements https://www.un.org/en/events/desertification_decade/value.shtml#a2
8. Міграція кліматичних зон на північ <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-iak-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini/>
9. Офіційний портал Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України <https://mepr.gov.ua/news/37618.html>
10. Розпорядження КМУ № 1024-р від 22.10.2014р. Про схвалення Концепції боротьби з деградацією земель та опустелюванням <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1024-2014-%D1%80#Text>
11. К. Ситник, В. Багнюк: Стан ґрунтів і майбутнє людства /Вісник НАН України, 2008, № 8 (с. 14, 16)
12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (с. 202-204)
13. [United Nations - Water](https://www.unwater.org/water-facts/climate-change/) 2021. – Режим доступу: <https://www.unwater.org/water-facts/climate-change/>

14. United Nations - Climate Change, 2021. – Режим доступу: <https://unfccc.int/ru/news/neobkhodimo-znachitelno-narastit-usiliya-po-borbe-s-izmeneniem-klimata-dlya-dostizheniya-celey>
15. О.С. Данильченко Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки) / Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. – Т.4. – с. 179-188
16. О.О. Винарчук Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейнів річок лівобережного лісостепу України за критеріями мінералізації води та забруднення компонентами сольового складу / Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 4 : Географія і сучасність. 2014. - №. 20. - с. 78-84
17. Javier Mateo-Sagasta (IWMI), Sara Marjani Zadeh (FAO) and Hugh Turrall More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture 2018 <https://www.fao.org/3/CA0146EN/ca0146en.pdf>
18. Р.А. Іванух, С.Л. Дусановський, Є.М. Білан Аграрна економіка і ринок Тернопіль, Збруч 2003 с. 104
19. М.А. Хвесик, В.М. Мандзик Водні ресурси – інвестиція сьогодення і перспектива майбутнього / Інвестиції: практика та досвід № 1, 2009 с. 4
20. Г.О. Білявський, Р. С. Фурдуй. І.Ю. Костіков Основи екології Підручник для студентів вищих навчальних закладів Друге видання Київ: Либідь 2005 (с. 21, 152, 153)
21. Report State of Knowledge of soil biodiversity FAO 2020 <https://www.fao.org/3/cb1928en/CB1928EN.pdf>
22. М.А. Свєргуненко Природниці науки. Біорізноманітність і її збереження с.4
23. Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992. <https://digitallibrary.un.org/record/168679>
24. Б. Моллісон Пермакультура. Керівництво для дизайнерів Махачкала: Вид-во Альфа 2019. с.13

25. Eric Toensmeier Perennial Vegetables: From Artichokes to Zuiki Taro, a Gardener's Guide to Over 100 Delicious and Easy to Grow Edibles [file:///C:/Users/%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0/Documents/Permaculture/Perennial_Vegetables - Eric Toensmeier.pdf](file:///C:/Users/%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0/Documents/Permaculture/Perennial_Vegetables_-_Eric_Toensmeier.pdf)
26. О.І. Фурдичок Агролісівництво: еколого-збалансований розвиток / Навчальний посібник Київ 2019. с.27, 141, 142
27. О.І. Пилипенко, В.Ю. Юхновський, С.М. Дударець, В.М. Малюга Лісові меліорації / Підручник Київ Аграрна освіта 2010. с.3, 4, 38, 39
28. J. Russell Smith Tree Crops: A Permanent Agriculture http://www.journeytoforever.org/farm_library/smith/treecrops2.html
29. Міщенко З.А. Агрокліматологія Підручник Одеса: 2006. с.26-27
30. В.В. Москалець, Т.З. Москалець, О.В. Князюк, Л.А. Голунова Загальна екологія Вінниця ТОВ «Нілан –ЛТД» 2015. с. 66, 68,69
31. M. Sollen-Norrin, B.B. Ghaley, N.L.J. Rintoul; Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/17/7001/htm#B44-sustainability-12-07001>
32. Х.Х. Беннет Основи охрани ґрунтів Москва 1958. с. 412
33. В. Власов Д. Власов Глобальні водні ресурси та їх використання / Вісник Національної академії наук України 2011. № 10. с.18-28.
34. І.Ф. Калущий., В.С. Олійник Стихійні явища в гірсько-лісових умовах Українських Карпат (вітровали, паводки, ерозія ґрунту). Львів: Камула, 2007. с. 240
35. В.П. Ткач, В.В. Горошко, Н.П. Купріна оптимальна водоохоронна лісистість водозборів середньої течії річки Сіверський Донець / Лісівництво та Агролісомеліорація Харків УкрНДЛГА, 2008. №114 с.21
36. О.В. Врублевська, І.Є. Кульчицький-Жигайло Кількісне та економічне оцінювання продуктивності водоохоронної функції лісу / Науковий вісник 2007. №17.6 с. 58-64

37. Eric Toensmeier, Hans Herren The Carbon Farming Solution : A Global Toolkit of Perennial Crops and Regenerative Agriculture Practices for Climate Change Mitigation and Food Security 2016. p.83,84

38. R. Meier, J. Schwaad, S.I. Seneviratne and other Empirical estimate of forestation-induced precipitation changes in Europe https://www.nature.com/articles/s41561-021-00773-6.epdf?sharing_token=CK-F2NtW-3YBdNvXHkhhc9RgN0jAjWel9jnR3ZoTv0OeHJfwwSOq1_10Z67XsZgPyLca5Omx9XzkKV_yoyomUnu8iRCIKBq6SCJrrV_RquDb02VDF5t_wPXR0hS3gPcxSo8e2Cj0Q8IVs4lFSbB73E9c4GAyMunDaPPCE8xPSlacLAmSK6KwOaKsG6Ju89JV_F9FEU9oObrcAU04QZ-JSUQ%3D%3D&tracking_referrer=www.bbc.com

39. Т. Казанце, О. Халаїм, О. Василюк, В. Філіпович, Г. Крилова Адаптація до зміни клімату: зелені зони міста на варті прохолоди. Київ, 2016. с.8,9

40. Ж.З. Гуральчук Дія арбускулярних мікориз на надходження елементів живлення і стійкості рослин до несприятливих чинників довкілля / Грунтова мікробіологія с. 7, 8

41. M. Wilson; S.T. Lovell Agroforestry -The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture. Sustainability 2016 p.8

42. G. Bentrup J. Hopwood, N.L. Adamson, M. Vaughan, Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. Forests 2019 10, 981 p.13

43. Стратегію біорізноманіття ЄС до 2030 року: Повернення природи у наше життя. Звернення Комісії до Європейського Парламенту, Ради, Європейського Економічно-Соціального Комітету та Комітету Регіонів. Чернівці ДрукАрт 2020. с. 7, 16-17 <https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/10/Stratehiia.pdf>

44. Toby Hemenway Gaia's Garden: A Guide to Home-Scale Permaculture [http://permabox.ressources-permaculture.fr/1-PERMACULTURE/LIVRES/BOOKS_Permaculture-\(english\)/BOOK_Gaia-s-Garden---A-Guide-to-Home-Scale-Permaculture_by-Toby-Hemenway.pdf](http://permabox.ressources-permaculture.fr/1-PERMACULTURE/LIVRES/BOOKS_Permaculture-(english)/BOOK_Gaia-s-Garden---A-Guide-to-Home-Scale-Permaculture_by-Toby-Hemenway.pdf)

45. Robert Hart Forest Gardening [https://www.agrifs.ir/sites/default/files/Forest%20Gardening%20%7BRobert%20Hart%7D%20%5B9781900322027%5D%20\(1996\).pdf](https://www.agrifs.ir/sites/default/files/Forest%20Gardening%20%7BRobert%20Hart%7D%20%5B9781900322027%5D%20(1996).pdf)

46. Офіційний сайт Syntropic Agriculture Ернста Гьотча <https://agendagotsch.com/en/>
47. https://consumoconsciente.blog/2018/03/09/feira-sintropica-de-agrofloresteiros-luta-por-equidade-de-genero-na-roca/?fbclid=IwAR0VTawRd7ws4kzURz_nLctT0xxSudCHICmbEm4giDXP5cWNom_fSQ-IR8k
48. Офіційний сайт Fazenda da Toca <https://fazendadatoca.com.br/fazenda-da-toca-um-polo-de-producao-organica-em-larga-escala-2019/>
49. Golicz, K.; Ghazaryan, G.; Niether, W.; Wartenberg, A.C.; Breuer, L.; Gattinger, A.; Jacobs, S.R.; Kleinebecker, T.; Weckenbrock, P.; Große-Stoltenberg, A. The role of small woody landscape features and agroforestry systems for national carbon budgeting in Germany. *Land* 2021, 10, 1028.
50. Aertsens, J.; De Nocker, L.; Gobin, A. Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land Use Policy* 2013, 31, 584–594.
51. Joffre, R., and Rambal, S. How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands. *Ecology*. 1993.
52. Dave Jacke with Eric Toensmeier *Perennial Edible forest gardens*. 2005.
53. Проект Quinta das Abelhas <https://www.renature.co/projects/quinta-das-abelhas-portugal/>
54. Стратегія удосконалення механізму управління у сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 413 від 07.06.2017р.
55. Голоднюк А.Й. Полезахисні лісосмуги вже більш як двадцять років самі потребують захисту. Правові аспекти проблеми. *Актуальні проблеми політики*. 2013р. Вип.49. с. 231.
56. Н. Ю. Висоцька, А. О. Калашніков, С. В. Сидоренко, С. Г. Сидоренко, В. А. Юрченко *Екосистемні послуги полезахисних лісових смуг*

як основа компенсаційних механізмів їхнього створення та утримання. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2021. Вип. 22. с. 199-207.

57. Kate MacFarland Alley Cropping An agroforestry Practice. Agroforestry notes. 2017.

58. Mareike Jäger Agroforestry Systems Combine tall-stem trees, wild and deciduous fruit trees with cultivated plants. 2017.

59. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%97>

60. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD,%_%D1%89%D0%BE_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D1%83%D1%8E%D1%82%D1%8C_%D1%88%D0%BA%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%96%D0%B2

61. І. А. Фоліс Курсовий проект «Розробка облаштування навчально-демонстраційного центру пермакультури у екопарку «Добропарк». 2022.

62. Н. В. Дудяк Стале землекористування як складова розвитку аграрного сектору національної економіки. Вісник Хмельницького національного університету. № 2. 2020. с. 282.