

Робота, яка представлена на здобуття  
Державної премії України в галузі науки і техніки 2018 року

**РЕФЕРАТ**

**Екосистемні сервіси  
в умовах глобальних змін клімату  
та стійкий розвиток природничого  
потенціалу України**

2018

## **РЕФЕРАТ**

### **Вступ**

Сучасне вчення про біосферу – значне емпіричне узагальнення В. І. Вернадського (1923, 1926), відповідно до уявлень якого біосфера включає у себе не тільки область життя, а й інші структури Землі, генетично пов'язані із живою речовиною. Дещо загальні уявлення у галузі філософії біології початку ХХ століття набувають особливого значення у наш час, коли глобальні зміни клімату викликають синхронізовані зміни в живих системах різного ієрархічного рівня. Ноосфера, за визначенням академіка В. І. Вернадського, – результат дії двох найбільших революційних процесів сучасності в області наукової думки, соціальних і промислових відносин, що злилися в єдиний потік (Вернадский, 1991). Промислове виробництво призводить до повного руйнування ґрунтового покриву, а також знищує фіто-, зоо- та мікробоценотичний блоки біогеоценозу та агроєкосистем. Для розробки найефективніших і раціональних методів відновлення природного потенціалу велике значення має дослідження процесів природної та антропічної еволюції – відновлення рослинного покриву, а також тваринних угруповань як компонентів біогеоценозу та агроєкосистем. Структура ландшафтів у багатьох промислово розвинених і густонаселених областях України упродовж останніх десятиліть зазнала істотних змін. Неухильно зростає питома вага техногенних ландшафтів, спричинених виробничою діяльністю гірничорудних комплексів і переробних підприємств. Для техногенних ландшафтів характерне хаотичне поєднання елементів та форм рельєфу, «рукотворні» літології розкривних порід, яких раніше у вихідних природних ландшафтах не було. Техногенні ґрунти утворюються у процесі рекультивациі порушених земель у різних природно-кліматичних зонах України.

### **Проблема, яка підлягає розв'язанню**

Посилення антропогенного тиску на природу пов'язане зі скороченням біорізноманіття, порушенням природних комплексів і деградацією життєво важливих екосистемних функцій. Під екосистемними сервісами сучасна екологія розуміє матеріальні та нематеріальні блага та вигоди, які людина одержує від природних угруповань і окремих компонентів екосистеми. За умов збереження сучасних темпів деградації природи втрати екосистемних послуг можуть мати незворотній характер, що завдає значних економічних збитків і є реальною загрозою для життя та здоров'я людини. У більшості країн Європи концепція екосистемних сервісів – основа стратегічних планів національної політики збереження та відновлення природних ресурсів. Для запобігання подібних негативних наслідків антропогенної діяльності особливого значення набувають зоогенні механізми оптимізації довкілля, які є потужним чинником природної регуляції натуральних і трансформованих екосистем, зокрема середовищевірні функції тваринних угруповань, участь елементів зооценозу у процесах утилізації некроорганіки в екосистемах і натуралізації окремих компонентів екосистем,

тварини як елемент біорізноманіття. Найменше розвинена теорія та практика оцінювання екосистемних послуг, орієнтованих на підвищення якості довкілля, зокрема середовищевірної функції живої природи: підтримання біогеохімічних циклів; стабілізація кліматичних показників; формування стійкого гідрологічного режиму території та продуктивності ґрунтів, їх захист від ерозії; екологічно безпечна утилізація відходів; моніторинг окремих видів та угруповань, які мають господарське, медичне та естетичне значення тощо. Екосистемні сервіси – умови та процеси, завдяки яким природні екосистеми та види, які їх складають, підтримують і забезпечують життя людини.

Найважливіші екосистемні сервіси: запилення, природний контроль шкідників сільського та лісового господарства, підтримання родючості ґрунтів, охорона біологічного різноманіття та біотопів. Біологічне різноманіття та пов'язані екосистемні процеси забезпечують екосистемні сервіси.

Актуальна наукова проблема – обґрунтування стійкого розвитку природничого потенціалу України як сукупності заходів відновлення екосистемних сервісів. Проблема оптимізації навколишнього середовища завжди була нині залишається надзвичайно важливою, особливо для промислових регіонів України. Сформовані техногенні ландшафти чинять негативний екологічний вплив на довкілля, зумовлюючи виникнення ланцюга незворотних і згубних наслідків для промислових регіонів. Основні чинники довгострокової проблеми стійкого розвитку природничого потенціалу – регіональна недостатність науково обґрунтованих, економічно доцільних технологій, що забезпечують високий екологічний і соціальний ефект. Важлива умова реалізації природовідтворення – перехід суспільства на екологічну парадигму розвитку. Варто провести глибокий і всебічний аналіз досягнень екології природовідтворення (спочатку в окремих регіонах країни), розробити філософію та методологію відновлювального природокористування, відібрати найефективніші методи, приділяючи істотну увагу економічним і соціальним аспектам проблеми, створити серію регіональних і національних програм і структури для їх реалізації. Значні площі порушених земель, їх негативний вплив на навколишнє середовище, людину, разом із низькими темпами та якістю відновлювальних робіт, як і відшкодування нанесеного збитку довкіллю, актуалізували проблему стійкого розвитку природничого потенціалу.

Актуалізація екосистемних сервісів – не тільки чинник забезпечення стійкості, екологічної збалансованості та збереження екосистем, а й чинником забезпечення безпеки життєдіяльності людини. З огляду на це, екологічна та соціально-економічна оцінка стійкого розвитку природничого потенціалу набуває дедалі більшої необхідності. Дедалі важливішим стає вибір напрямів актуалізація екосистемних сервісів відповідно до екологічних вимог і соціально-економічних потреб конкретного регіону. Функціональна роль екосистемних сервісів у збалансованому природокористуванні недооцінена, оскільки вона є не тільки частиною процесу відтворення, а й регулювання, впливає на процес ресурсоспоживання,

ресурсокористування, а також є заходом зі збереження природних ресурсів, у т.ч. ґрунтового покриву та земельних ресурсів.

### **Концепція активізації екосистемних сервісів як теоретична основа створення стійких екосистем на промислово порушених територіях**

Стрімкий розвиток технологій обробки просторово-координованих даних дозволив підійти з концептуально нових позицій до вирішення актуальних теоретичних проблем агроєкології та практичних завдань сільськогосподарського виробництва. Сільськогосподарське виробництво знаходиться в тісній залежності від природних умов і екологічної ситуації. У свою чергу аграрні комплекси значно впливають на стан навколишнього середовища, умови життя тварин, рослин, мікроорганізмів у їх безпосередньому середовищі, а також на великій території й відстані. Попадання промислових відходів у навколишнє середовище негативно впливає на якість сільськогосподарської продукції. Тому екологічна оцінка просторового аспекту міграції як техногенних поллютантів, так і ксенобіотиків, які є технологічними складовими традиційного сільськогосподарського виробництва, має соціо-екологічне значення. Порушення ґрунтового покриву в результаті техногенної діяльності людини спричиняє необхідність вирішення низки складних екологічних проблем під час рекультивації земель із метою їх повернення до циклу сільськогосподарського виробництва. Ієрархічний характер організації біосфери спричиняє існування специфічних властивостей, явищ і процесів, якими характеризуються різні рівні біосфери. При виділенні рівнів організації біосфери (тип ґрунту, ґрунтового покриву, географічних утворень) ключовий критерій – просторово-часова характеристика. Так, аналізуючи природні явища (на прикладі типу ґрунту як компонента біогеоценозу), виділяють найрізноманітніші їх масштаби: молекулярно-іонний, текстурний, ґрунтової структури, ґрунтового горизонту, педона, поліпедона, катени, ландшафту, регіону, континенту та глобальний рівень. Системний підхід постулює існування емерджентних властивостей систем більш високого рівня.

### **Екосистемні функції техногенних ґрунтів**

Багаторічними дослідженнями з рекультивації земель доведено, що визначальним у вирішенні цієї проблеми є наукове обґрунтування параметрів антропогенних едафотопів (техноземів). Одні з таких параметрів – фізичні властивості. Взаємодія біотичних і абіотичних компонентів агроєкології, що виражається у концепції *пертиненції*, обумовлює формування антропогенного профілю, визначає родючість технозему/літозему, різні його властивості, у тому числі його екологічні функції. Актуальна проблема – моніторинг стану формування едафотопу у процесі рекультивації, його фізичних і водно-фізичних властивостей, які перш за все характеризують найменшу міру деградації та екологічний стан відновлених земель. Особливості процесу ґрунтоутворення в техногенних ландшафтах діагностуються за змінами водно-фізичних і агрохімічних властивостей. Ці дина-

мічні показники залежать від технологічних операцій як на технічному, так і на біологічному етапах рекультивациі і є функцією біогеоценотичної пертиненції.

### **Просторова екологія як основа розробки практичних інструментів управління екосистемними сервісами**

Просторова неоднорідність екологічних систем, у тому числі й агроекосистем, є їх найважливішою властивістю, яка визначає стійкість, структурну та функціональну своєрідність. За результатами наших досліджень встановлено просторову неоднорідність біогеоценотичного покриву, який формується на техноземах ділянок рекультивациі земель. Геостатистичні процедури показали свою ефективність для виявлення просторових патернів фітомаси та оцінки характеру впливу едафічних факторів на первинну продуктивність екосистем, сформованих на техноземах. Активне впровадження методів просторової агроекології у практику наукових досліджень із метою прикладного застосування, зокрема у точному землеробстві, неможливе без вирішення проблеми отримання первинних просторово-координованих даних. Геоінформаційні системи за своїм призначенням мають здатність обробки надто великого обсягу інформаційних масивів. Однак отримання екологічних або едафічних характеристик за допомогою традиційних методик для вирішення завдань просторового моделювання ускладнюється через їх трудомісткість, витрату часу та брак коштів. У той же час традиційні показники мають значну теоретичну обґрунтованість і можуть бути змістовно інтерпретовані, щодо них накопичено великий обсяг експериментальних даних.

Розроблені технології дешифрування даних дистанційного зондування Землі дозволили створити алгоритм дослідження динаміки продукційного процесу в межах агроекосистеми *у просторі та часі*. Наземний спосіб отримання даних про врожайність у рамках системи точного землеробства володіє високою роздільною здатністю, але не дозволяє отримати дані про динаміку формування врожаю у просторі та часі. Встановлено, що індикатор рослинної біомаси NDVI в агроекосистемах знаходиться в тісній залежності від геоморфологічних де терміант, які також є похідними геоінформаційними шарами під час оброблення одного з продуктів дистанційного зондування Землі, цифрової моделі ре культивованого техногенного ландшафту.

### **Просторово-екологічний підхід для оцінювання екосистемних сервісів**

Просторово-екологічний підхід дозволив знайти функціональний зв'язок між едафічними властивостями ґрунтового покриву, геоморфологією території, на якій знаходиться агроекосистема, та її біологічною продуктивністю. Фітоіндикаторні шкали рослинності можуть виступати як показники просторової неоднорідності екологічних умов.

Для кожного рівня оцінювання на великому фактичному матеріалі показано особливості просторового розподілу параметрів досліджуваних екосистем, виділено основні фактори, що діють на кожному розмірному рівні, та зв'язок рівнів один з одним. Використані методи статистичного аналізу предмета досліджень

раніше в такому поєднанні не застосовувалися, тому вони формують самостійний методологічний інструментарій для розв'язання складних наукових і науково-практичних завдань, пов'язаних з оптимізацією та екологізацією агропромислового виробництва південного сходу України. Зростаюча інтенсивність експлуатації та неконтрольоване використання природних ресурсів, кризовий стан економіки в перехідний до ринкових умов період потребують розроблення та запровадження оптимальної еколого-економічної стратегії подальшого розвитку сільськогосподарства та вдосконалення структури екологічного управління у сільському господарстві, що розширить можливості управління ним, підвищить рівень екологічної безпеки. Сільське господарство – стратегічна галузь України, яка нині не вважається основним джерелом екологічної небезпеки для навколишнього середовища. Тому еколого-економічну сільськогосподарську діяльність досі не розглядають як одне з першочергових завдань, що починає проявлятися в не контролюваному використанні природних ресурсів і застосуванні окремих видів ресурсів, що забруднюють природу. Екосистеми різних рівнів мають обмежені можливості щодо забезпечення свого нормального функціонування та відтворення в умовах надмірного антропогенного впливу. Якщо не прийняти відповідних заходів, то з часом це може перейти у незворотний процес. Важливий крок у цьому напрямі – застосування системи екологічного менеджменту, який набуває дедалі більшого поширення на території України. В нашій державі екологічний менеджмент у сільському господарстві потребує вдосконалення та об'єктивної адаптації до існуючих соціально-економічних умов. Тому на сучасному етапі в Україні важливим напрямом підвищення якості екологічно безпечного виробництва сільськогосподарської продукції є становлення та розвиток якісно нової ідеології управління природоохоронною діяльністю на засадах пертинентної біогеоценології.

### **Екоморфічна організація екосистем і екосистемні сервіси**

Нами обґрунтовано вивчення рослинних угруповань на відвалах за відкритого видобутку корисних копалин у Придніпровському регіоні та встановлення фітомеліоративного ефекту бобових і тонконогово-бобових агроекосистем. Екоморфічний аналіз рослинного покриву – основа пізнання явища пертиненції. Встановлено, що результативним є поширення ідей екоморфічного аналізу і на тваринне населення. Уперше виявлено високий рівень біологічного різноманіття угруповань ґрунтових безхребетних на рекультивованих територіях та їх просторової неоднорідності. Результативність відображення екологічних процесів в екологічному та регіональному просторах може бути продемонстрована за допомогою фітоіндикаційних оцінок, отриманих у процесі вивчення рослинності ділянок рекультивації. Фітоіндикаторні шкали дали можливість відобразити просторову мінливість таких властивостей біогеоценозів, сформованих на техноземах, як термоклімат, трофність, забезпеченість азотом, вологість і режим освітлення. Особливістю фітоіндикаційного картографування є отримання екологічно релевантних оцінок просторової мінливості едафічних властивостей. У такий спосіб встанов-

лено зв'язок між просторовою структурою техногенних едафотопів і продукційним потенціалом рослинності в агроєкосистемах.

### **Актуалізація ексистемних сервісів ґрунтоподібних тіл – техноземів**

Ґрунт, як основа сучасних наземних агроєкосистем, – багатовимірне тіло природи. Традиційно його вивчають у двовимірному просторі (вертикальний напрямок – класичний ґрунтовий профіль, у горизонтальному напрямку – структура ґрунтового покриву). Вивчення ґрунту у тривимірному просторі стикається з певними методичними труднощами і поза просторовою парадигмою екології не може відбутися. Навіть приблизний підрахунок показує, що для кількісного описання ґрунтового профілю необхідно відібрати десятки проб, для описання горизонтальної мінливості властивостей ґрунту – сотні проб, а для тривимірного відображення навіть одного педона – тисячі. Очевидно, без принципового перегляду стратегії кількісного опису ґрунтового тіла неможливо його пізнання як тривимірного об'єкта. Так, деякі методики, запозичені з геофізики, можна використовувати для тривимірного відображення ґрунту. Наприклад, тривимірне електричне профілювання, яке дозволяє отримати томограму ґрунту. Ця методика досить результативна для кількісного описання об'ємної динаміки міграційних процесів електролітів як у зональних ґрунтах, так і особливо на техноземах.

### **Просторова екологія як теоретична основа розвитку природничого потенціалу**

У нашій роботі показано, що збирання даних про твердість едафотопу дозволяє отримати уявлення про його тривимірну структуру. Твердість едафотопу – найважливіша екологічно релевантна характеристика техноземів, тому об'ємне відображення структури ґрунтового тіла за даними про твердість дозволяє дати тривимірну оцінку едафотопу як середовища існування організмів. Деякі з едафічних ознак через вертикальний напрямок переважаючого потоку речовин у ґрунті формують вертикально орієнтовані патерни, які сприймаються як «ґрунтові горизонти». Двомірна проекція ґрунтових глобул на горизонтальну поверхню техногенних утворень уявляється як межі педонів. Це дає змогу кількісно оцінити розмір, форму та взаємне розташування педонів у межах поліпедонної структури. Ідея фрактальності дозволяє перенести інструментарій, створений для оцінювання ландшафтного різноманіття, для кількісного описання педонної структури ґрунтового тіла. Такий підхід надав можливість показати організаційну своєрідність різних типів техноземів. Важливе теоретичне узагальненням екології – концепція екологічної ніші. Просторова екологія дає можливість конкретизувати це поняття та отримати його географічне відображення. Цей результат має важливе теоретичне та практичне значення, оскільки дозволяє кількісно оцінити роль вимірюваних показників у формуванні екологічного простору окремих видів живих організмів та їх угруповань. Очевидні прикладні переваги як для вирішення завдань збереження біорізноманіття в умовах агроєкосистем і складних техноєко-

систем, так і для створення теорії натуралізації культурбіогеоценозів у своєрідних екологічних умовах складних техноекосистем.

### **Біологічне різноманіття як основа стійкості екосистем**

Обґрунтоване положення про *біологічне різноманіття* як основу функціональної стабільності агроекосистем, що надає відповіді на принципові питання виробництва сільськогосподарські продукції на рекультивованих землях. Біологічне різноманіття на всіх просторових рівнях організації – надійний показник існування цілісної, збалансованої та стійкої агроекосистеми, у тому числі антропозованого біогеоценозу, за різних напрямів рекультивації, як у фітомеліоративний період так і за використання відновлених техногенних ландшафтів.

### **Екоморфічні матриці**

Методологія екологічних матриць – розвиток концепції екоморф-біоморф Акімова – Бельгарда (Акімов, 1948; Бельгард, 1950), вона створює основу аналізу екологічного різноманіття, структури та стійкості угруповань живих організмів. Екоморфи відбивають ставлення живих організмів до екологічних факторів. За Вільямсом (1939), до космічних факторів належать світло та тепло, а до наземних – вода та їжа. Відношення до космічних факторів відбивають клімаморфи, термоморфи, геліоморфи рослин і тварин, а також трофоценоморфи та топоморфи тварин. Ставлення до наземних факторів відбивають трофоморфи та гігроморфи. Гігроморфи характеризують преференції організмів до градацій режиму зволоження ґрунту, а трофоморфи (трофоценоморфи тварин) – до градацій трофності едафотопу. Гігроморфи та трофоценоморфи виділяються за допомогою вивчення горизонтальної диференціації живого покриву. Спектри гігроморф, трофоценоморф, топоморф і трофоморф дозволяють одержати уявлення про екологічне різноманіття угруповання. Ці ознаки дозволяють установити стосунки розбіжності або подібності між видами тварин, що утворюють угруповання. Міри квадратичної або інформаційної ентропії надають інтегральну оцінку екологічного різноманіття угруповань. Сукупність таких характеристик угруповання як спектри екоморф, індекси екологічного різноманіття та організації, індекси видового різноманіття та функціональні ознаки угруповань становлять основу екоморфічної матриці.

### **Екоморфічний аналіз екосистемних сервісів**

Консорції виникають як скупчення функціональної активності живих істот у екологічному гіперпросторі, діяльність яких безпосередньо пов'язана з виконанням біологічного кругообігу речовин і потоком енергії. Біологічний кругообіг визначає особливості структури біогеоценозів, а також хід і напрям процесів ґрунтоутворення. Відповідно до основних типів кругообігу речовин відбувається структурне оформлення функціональних комплексів живих організмів у вигляді ценоморфічних угруповань, які є найважливішими консортивними об'єднаннями. В умовах степової зони у зональних, азональних та інтразональних біогеоценозах



це степові, лучні, лісові та болотні ценоморфи. Консорції ценоморфічного рангу є певним чином дискретними у функціональному сенсі утвореннями, але в реальному просторово-часовому континуумі формують різноманітні строкати утворення. Моноценотичні комплекси найбільш властиві степовим зональним біогеоценозам, тоді як азональні та інтразональні біогеоценози в аспекті функціональної організації угруповань ґрунтових тварин мають переважно псевдомоноценотичну або амфіценотичну структуру. Якісна своєрідність тваринного населення як активного учасника процесу ґрунтоутворення формується внаслідок кількісної комбінації ценоморфічних консорцій. Кожна ценоморфа як утворення консортивного рівня має якісні та кількісні особливості кругообігу речовин, трансформації органічних залишків, просторової спрямованості основної активності. Ці особливості проявляють себе, тобто можуть бути визначені та кількісно оцінені на практиці, у трофічній, топічній, форичній, ценотрофоморфічній структурах. Консорція – екосистема, яка є результатом внутрішньосистемних взаємодій та зазнає впливу навколишнього середовища.

### **Просторова екологія як основа прогнозу чисельності шкідників у контексті глобальних змін клімату**

Проблема динаміки популяцій шкідників упродовж тривалого часу залишається провідною проблемою екологічних досліджень багатьох наукових напрямів. Особливо актуальні дослідження екологічних закономірностей динаміки популяцій, як основи біологічного (екологічного) прогнозування. Встановлено, що ландшафтно-екологічне різноманіття та його динаміка впливають на стан і динаміку чисельності шкідників сільськогосподарських культур. Ландшафтно-екологічне різноманіття визначає умови, за яких найбільш вірогідне різке зростання чисельності шкідників. Низький рівень ландшафтно-екологічного різноманіття відображає екологічну обстановку, за якої ризики спалахів чисельності шкідників найбільші. Аналіз продуктів MODIS (MCD12Q1) дозволив встановити, що рівень ландшафтно-екологічного різноманіття передусім визначається співвідношенням агроекосистем до ландшафтних комплексів інших типів. Дослідження просторово-часової динаміки популяцій шкідників дозволило встановити, що мінливість їх чисельності – композиція декількох (двох або трьох) головних трендів. Ці тренди, які мають кількісне вираження у формі багатомірних факторів, мають не залежну генезу та можуть бути описані у термінах ландшафтно-екологічного різноманіття. Для прогнозування чисельності шкідників необхідний етап – декомпозиція динаміки на ключові складові частини.

### **Діагностика техноземів і прогноз трансформації екосистемних сервісів з урахуванням глобальних змін клімату**

Зоологічний метод діагностики ґрунтів створений М. С. Гіляровим для вирішення складних питань ґрунтознавства. Діагностика техноземів, як штучно створених ґрунтоподібних тіл, викликає певні труднощі та потребує свого наукового розв'язання. Розробка принципів екоморфічного аспекту зоологічної діагностики

техноземів – актуальна наукова проблема. Техногенні едафотопи, сформовані у процесі рекультивациі, значно відрізняються від зональних ґрунтів рівнем родючості (трофності), фізичними, фізико-хімічними, агрохімічними та іншими екологічно важливими показниками. Це викликає необхідність розроблення методів, що дають змогу своєчасно виявити ступінь деградації, встановити тривалі тенденції та буферну здатність антропоічних екосистем до негативних факторів, а також дозволяють виявити позитивні тренди розвитку зоологічної складової та створити прогноз щодо швидкості відновлення екологічного потенціалу створених біогеоценозів. Зоологічна діагностика ґрунтів – встановлення відповідності та інформаційного зв'язку між типологічними характеристиками рекультивованих земель і емерджентними властивостями тваринного населення антропоічних зональних едафотопів. Ґрунтово-зоологічні дослідження дають змогу використовувати ґрунтових тварин для характеристики ґрунтових умов, їх зміни від техногенного або господарського впливів. Ґрунтові тварини беруть безпосередню участь у процесах ґрунтоутворення, в чому і полягає причина їх діагностичного значення. Перевагою зоологічного методу в діагностиці ґрунтів є швидкість реакції організмів на зміни умов існування. Характерні для типу ґрунтів сумарна чисельність мезофауни та чисельність окремих груп безхребетних. Екологічне різноманіття можна кількісно оцінити на основі принципів екоморфічного аналізу. Спектри екоморф дають можливість провести діагностику істотних властивостей і природних біогеоценозів і техногенно трансформованих ландшафтів.

### **Просторова екологія: принципи та напрямки практичного застосування**

Вирішення завдання стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва потребує розробки нових міждисциплінарних наукових підходів на перетину аграрної, біологічної, екологічної науки та державного управління. Ключова ідея полягає у досягненні зростання агропромислового потенціалу України за рахунок управління природним екологічним потенціалом, який знаходить своє відображення у такому явищі, як пертиненція. Сільськогосподарське виробництво відбувається за умов значної варіабельності зонально-географічних та ландшафтно-екологічних умов і знаходиться під впливом трендів глобальних змін клімату. Значна техногенна трансформація сільськогосподарських угідь також стає джерелом просторової варіабельності агроекологічних умов та режимів. У цьому зв'язку нами розроблено методи та принципи просторової агроекології, які є найважливішим інструментом управління процесами у агросфері на тактичному та стратегічному рівні.

Концепція пертиненції як об'єкта управління стає дієвим інструментом за умов її формалізації. Екоморфічні матриці – методологічний інструмент, який дозволяє перейти до кількісних і якісних оцінок пертиненції на різних ієрархічних рівнях просторової структури агроекосистем. Таким чином, просторова агроекологія – наукова основа пертиненції в техногенних ландшафтах південного сходу України, яка повною мірою може бути використана агросферою.

### Автори

**ПАХОМОВ Олександр Євгенійович** – доктор біологічних наук, завідувач кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, професор

**БУЛАХОВ Валентин Леонтійович** – кандидат біологічних наук, професор кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, професор

**ПИСАРЕНКО Павло Вікторович** – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова Полтавської державної аграрної академії, професор

**ЖУКОВ Олександр Вікторович** – доктор біологічних наук, професор кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, доцент

**КУНАХ Ольга Миколаївна** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, доцент

**ГОЛОБОРОДЬКО Кирил Костянтинович** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, доцент

**ГАСО Віктор Якович** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, доцент

**БРИГАДИРЕНКО Віктор Васильович** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, доцент