

ЛАВРОВ В.В.¹, БЛІНКОВА О.І.²✉¹ Білоцерківський національний аграрний університет,
Україна, 09100, Київська область, м. Біла Церква, Соборна площа, 8/1,
e-mail: vitaliy.lavrov@gmail.com² Національний університет біоресурсів і природокористування,
Україна, 03143, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15
✉ elena.blinkova@gmail.com**МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БІОТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ АНТРОПОГЕННОЇ
ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА РІВНЯМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ**

Мета. Ціллю дослідження було виявити і систематизувати методологічні проблеми діагностики антропогенної трансформації лісів за рівнями організації життя. **Методи.** Теоретичні методи системно-структурного, ретроспективного та порівняльного аналізів, міждисциплінарного, екосистемного підходів, а також спеціальні методи лісознавства, синекології, ландшафтної екології, орнітології та мікології. **Результати та висновки.** У біодіагностиці лісових екосистем варто надавати перевагу дослідженням вищих рівнів організації життя, інтегральним характеристикам екосистем, що віддзеркалюють стан їх цілісності та розвиток. Дослідження на нижчих щаблях ієрархії рівнів без належної ув'язки зі структурою і станом вищих підсистем можуть призвести до помилкових висновків. Вивчення на основних рівнях організації стану живого дає змогу дотримуватися принципів емерджентності, функціональної інтеграції та ієрархічної організації біосфери і систем її гомеостазу.

Ключові слова: рівні організації життя, комплекс біологічних систем, лісова екосистема, трансформація.

Лісові екосистеми завдяки великій біомасі, ємності, пертиненційності, тривалості життєвого циклу та складності структури є найвпливовішим природним компонентом біосфери у регулюванні потоків речовини, енергії та інформації, у підтриманні природного стану, продуктивності і розвитку наземних екосистем, їх біорізноманіття, функцій, структурних взаємозв'язків та механізмів внутрішньої і зовнішньої взаємодії [1–6]. Розвиток лісової екосистеми є складним процесом реалізації у просторі і часі інтегрованої стратегії живої речовини лісу, що здійснюється через взаємодію властивостей біотичних та абіотичних компонентів екосистеми

завдяки сукупності, єдності, взаємозалежності зовнішніх і внутрішніх умов [6]. Вплив екотопу на лісові екосистеми – це комплексне поєднання екологічних чинників різного генезису, відмінних за адресністю, поширенням, механізмами, режимами і силою дії, які, взаємодіючи, можуть призводити до різних ефектів – синергічних, сумативних, нейтральних. Як показує аналіз наукових досліджень, ключовим впливом на лісові екосистеми все ж таки є антропогенний вплив, який спричинює послаблення та порушення екосистемних зв'язків, адаптацій популяцій екосистеми, зміну їхньої стійкості та продуктивності, що призводить до деструкції та фрагментації лісового покриву, погіршення умов існування біоти, зростання інших екологічних ризиків у ландшафтах [3, 7–11]. Для успішного аналізу негативних змін екосистем, зумовлених внутрішніми та/або зовнішніми чинниками, необхідно одночасно аналізувати всі ключові рівні організації живого [6, 7]. В науковій літературі тривають дискусії з приводу виділення рівнів організації біологічних систем. Загальна теорія біологічних систем вперше була сформована Л. фон Берталанфі у праці «Теорія відкритих систем», в якій живі організми розглянуто як системи, що постійно обмінюються з середовищем речовиною та енергією. Прихильники такої загальноприйнятої теорії виділяють молекулярний, клітинний, організменний, популяційно-видовий, біогеоценотичний та біосферний рівні [12]. Натомість, за М.А. Голубцем, основними рівнями організації біологічних систем є організменний, популяційний та екосистемний [13]. Всі інші живі системи автор вважає підпорядкованими, структурними ступенями організації живого. Ю. Одум послідовність рівнів організації називає біологічним спектром, виділяючи генетичний, клітинний, органний, організменний, популяційний та екосистемний

рівні [14]. Попри численні дослідження, досі в науковій літературі недостатньо висвітлено методологічну проблему біотичної діагностики антропогенної трансформації лісових екосистем за рівнями організації життя. Відкритими залишаються й деякі питання оцінки трансформації лісових екосистем на синекологічному рівні за фіто-, орніто- та мікокомпонентами тощо. Отже, з одного боку, методичні підходи в екологічних дослідженнях лісів відрізняються значним різноманіттям, масштабом і ступенем охоплення структурно-функціональних компонентів екосистеми, неоднаковою глибиною їх опрацювання. З іншого, стосуються здебільшого систематики біоти з недостатньою увагою до середовища її існування та взаємовпливів таксонів. Це іноді призводить до отримання неповної і навіть некоректної інформації, особливо в умовах впливу на лісову екосистему комплексу чинників різного походження, інтенсивності, адресності дії та небезпеки. Тому метою дослідження було виявити і систематизувати методологічні проблеми діагностики антропогенної трансформації лісів за рівнями організації життя.

Матеріали і методи

Інформаційною основою були результати аналізу та синтезу наукової літератури, у т. ч. власних досліджень із питань антропогенної трансформації структурно-функціональної організації лісових екосистем. Застосовано теоретичні методи системно-структурного, ретроспективного та порівняльного аналізів, міждисциплінарного, екосистемного підходів, а також спеціальні методи лісознавства, синекології, ландшафтної екології, орнітології та мікології.

Результати та обговорення

Як відомо, біотична діагностика антропогенних порушень у лісових екосистемах здійснюється на всіх рівнях організації живого за відповідними переліками біоіндикаційних методів дослідження. Основним завданням біотичної діагностики є виявлення чинників зміни природного довкілля на основі аналізу характеристик біоіндикаторів. Біодіагностика є ширшим поняттям порівняно з біоіндикацією і охоплює як біотичну індикацію, так і біотестування. В цьому контексті важливим є правильний підбір біоіндикатора (системи, яка підлягає оцінюванню) та біоіндикатора (біоіндикаторів) з урахуванням щільності їх взаємозв'язків та адекватне застосування відповідних методик.

Так, найнижчому рівні організації живого (на рівні макромолекул) численними дослідженнями показано зміни в концентраціях, будові та функціонуванні біологічних молекул за впливу різних екологічних чинників на ліси. Зокрема, молекулярно-генетичні маркери застосовують для вивчення змін у генетичній структурі популяцій дерев, пошкоджених аерополітантами (І.І. Korshikov et al., 2002; W. Prus-Glowacki et al., 2003) і патогенами, зокрема кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) (А.И. Протасов, К.Н. Задорожний, 1998). На рівні клітини та органу здійснюється оцінка змін у їх структурі та функціонуванні. Зокрема, у лісових екосистемах різних природних зон вже встановлено адаптивні можливості фотосинтетичного апарату едификаторів та трав'янистих рослин за посилення аридизації клімату (М.К. Николаева и др., 2017). Цікавими напрацюваннями на клітинному, тканинному та органному рівнях організації життя є дослідження динаміки CO₂-газообміну лісового покриву, стоку та емісії CO₂, CH₄ в лісових екосистемах та оцінка генетичного різноманіття C₃-C₄ видів рослин як критерію стійкості екосистеми. На цих рівнях організації живого особливо актуальними є наукові здобутки щодо: створення трансгенних стрес-толерантних рослин та дослідження механізмів їх стійкості; розробки технологій фіторемідації у лісових екосистемах, що зазнали техногенних катастроф; з'ясування ролі стресорних білків в адаптації та існуванні рослин лісу; регуляції експресії геному під час стресу; розробки теорії адаптаційного процесу; дослідження фізіологічних, біохімічних та молекулярних механізмів адаптації рослин до природних та антропогенних чинників тощо (П.Ю. Воронин и др., 2017; З.Ф. Рахманнулова и др., 2016; В.В. Кузнецов, 2010; Ю.Д. Белецкий и др., 1990). Переваги застосування біотичної діагностики на цих рівнях полягають у високій чутливості індикатора/індикатора (індикаторів) до порушень, що дає змогу досить швидко виявити навіть незначні відхилення у будові та фізіологічних процесах клітини навіть за відсутності видимих пошкоджень. Окрім того, саме на цих рівнях можна зафіксувати найсуттєвішу реакцію індикатора на вплив екологічного чинника. До числа недоліків слід віднести те, що дослідження біоіндикаторів-клітин і молекул потребують складної апаратури.

На рівні організму за біотичної діагностики враховують реакції певних, зазвичай найура-

зливіших організмів (А.В. Андреев, 2002; В.П. Ворон та ін., 2011). Організмений рівень є найчутливішим і швидкодіючим щодо певних впливів, характеризується перебудовою фізіології організму в межах генетично зумовленої норми реакції. Саме на організаційному рівні можливе дослідження анатомо-морфологічних ознак, яке не потребує великих матеріальних витрат та має особливе практичне значення для експрес-оцінювання інтенсивності техногенного впливу. На цьому рівні можна подолати негативні наслідки дії токсикантів за відносно невисокого рівня забруднення, використовуючи, наприклад, стійкіші види (С.С. Барінова та ін., 2000; В.П. Ворон та ін., 2011). Істотним компонентом загального адаптаційного механізму біоти є фізіологічні адаптації. Багато авторів вважають, що коректна індикація нижче від організаційного рівня неможлива, адже будь-які зміни середовища все одно з часом проявляться саме на цьому рівні організації життя (U. Arndt, 1992; I.E. Spellenberg 2002; В.Д. Туровцев, 2005; Я.П. Дідух, 2012). Тому вони дотримуються думки, що біоіндикація, як сукупність методів, буде давати якісну картину змін лише на організаційному, популяційно-видовому, біоценотичному та біосферному рівнях (Я.П. Дідух, 2012). В науці уже накопичений багатий аутокологічний матеріал про зв'язки видів із певними умовами. Різні дослідники, систематизуючи дані, створювали певні класифікації або описували лише окремі елементи цих взаємодій різних структурних елементів фітоценозів між собою та з зовнішнім середовищем (Л.Г. Раменский, 1938; Л.Г. Раменский и др., 1956; И.А. Цаценкин и др., 1974; E. Landolt, 1977; H. Ellenberg, 1979). У результаті цієї роботи сформувався погляд про існування екологічних груп рослин.

На популяційно-видовому рівні досліджують динаміку чисельності індикаторних видів у порушених та інтактних оселищах (habitats) лісів. На цьому рівні організації життя діагностика змін можлива за більшої інтенсивності впливу екологічних чинників, коли включається захисний механізм вищого рівня порівняно з організмом. У популяціях із високими темпами розмноження і короткими генераціями можливі швидкі перебудови з утворенням мутантних форм, більш резистентних до впливу екологічного чинника. Для популяцій із тривалими циклами розвитку, з уповільненою зміною поколінь (для одного мікроеволюційного переходу зазвичай потрібно 30–50 генерацій) більш хара-

ктерні заміни чутливих форм на близькоспоріднені та резистентні. Саме у межах популяції відбуваються головні адаптаційні та мікроеволюційні процеси, виникають внутрішньопопуляційні, міжпопуляційні, внутрішньовидові і міжвидові зв'язки, починаються будь-які зміни рослинного покриву (Р.І. Бурда та О.А. Ігнатюк, 2012). Йдеться про дослідження просторової організації популяції, її структури (генетичної, статевої, онтогенетичної, вікової, розмірної, віталітетної) та динаміки. Успіхи популяційної генетики дали змогу дослідити стійкість деревних рослин на популяційному рівні, а також ризики зміни ареалів едифікаторів тощо (В.Т. Ярмишко, 2012).

Окремо варто зосередити увагу на питаннях дендроіндикації. Найвідомішим методом є дендрохронологічний аналіз приросту річних кілець дерев, який застосовується для дослідження динаміки стоку річок, льодовиків, змін клімату тощо (В.Е. Рудаков, 1964; Б.А. Колчин и др., 1977; С.И. Ларин, 1988; Г.Е. Комин, 1996; В.П. Ворон та ін., 2011). Зокрема, в роботі М.В. Ловеліуса (М.В. Ловеліус, 1979) показано залежність між інтенсивністю росту хвойних дерев на межі поширення видів та сонячною і геомагнітною активністю. Загалом аналіз радіального приросту дерев використовується для оцінки впливу як природних чинників (С.Г. Шиятов, 1986; P. Nojd and P. Kauppi, 1995; В.Т. Ярмишко, 1997), так і антропогенних (А.В. Пугачевский, 1983, 1992; В.Ф. Цветков и И.В. Цветков, 2003; В.В. Горшков и др., 2006; В.П. Ворон та ін., 2011). Дослідження радіального приросту є важливими не тільки з погляду оцінки продуктивності лісових екосистем, але і як фактична основа для досліджень на популяційно-видовому рівні, зокрема, для виявлення внутрішньопопуляційної диференціації особин за ступенем їхньої стійкості до дії екологічних чинників. Основними прогалинами такого методу є те, що деякі види не мають чітко виражених щорічних шарів приросту; він також неприйнятний у кліматичних умовах із невираженою зміною сезонів. Окрім того, досі методи збору та обробки дендрохронологічної інформації істотно відрізняються, що є завадою для порівняння і систематизації даних. У міру збільшення кількості негативних чинників різного генезису, динаміки і характеристик дії стає все складніше відокремити частку природних змін радіального приросту дерев від змін радіального приросту, зумовлених антропогенним впливом.

На ценотично-екосистемному рівні враховується видовий склад угруповань, співвідношення чисельності видів, зміни функціональних показників угруповань тощо. Особливу увагу дослідники приділяють трофічній структурі та сукцесійним змінам у лісових екосистемах (І.Я. Капрусь, 1995; И.Э. Смелянский, 1993; В.В. Маврищев, 2005).

Дослідження на організменному, популяційно-видовому та ценотично-екосистемному рівнях у різних фітоценозах дали змогу сформулювати окремий напрям біоіндикації – фітоіндикацію. Однією із засадних робіт із фітоіндикації є монографія Ф. Клементса (F.E. Clements, 1920). Нині існує багато фітоіндикаційних шкал, які дають можливість оцінити інтенсивність та режими впливу екологічних чинників. Найповніше вони опубліковані у роботах Л.Г. Раменського, 1956; И.А. Цаценкина и др., 1978, 1983; Д.Н. Цыганова, 1976, 1983; E. Landolt, 1977; H. Ellenberg, 1979; D. Frank and S. Klotz, 1988; G. Fekete and B. Zolyomi, 1966; G. Fekete, 1975; тощо. Застосування цього методу є актуальним для встановлення зв'язків між рослинністю та елементами рельєфу (В.Д. Утехин, 1977; В.Н. Федорчук, 1987; Я.П. Дідух та П.Г. Плюта, 1994; А.Д. Булохов, 1996; В.В. Корженевский и А.А. Ключин, 2000), рослинним покривом і тваринним світом (А.П. Шенников, 1950; К.С. Ходашова, 1960), питань лісової типології (В.С. Ипатов и Т.Н. Тархова, 1969; Б.В. Виноградов, 1964; Е.С. Мигунова, 1993, 2014); техногенних забруднень (К.С. Бурдин, 1985; Ярмишко, 2004; М.Д. Уфимцева и Н.В. Терехина, 2005; А.А. Кулагин и Ю.А. Шагиева, 2005; В.П. Ворон та ін., 2011; тощо) [1, 2, 10].

Усі шкали дають змогу визначити максимальні та мінімальні значення амплітуди толерантності видів або характеристику екоморфи, проте на сьогодні єдиної загальноприйнятої класифікації не існує, оскільки навіть уніфіковані шкали мають певний перелік недоліків (Т.К. Горышина, 1979; Ю. Одум, 1975; И.М. Культиасов, 1982). Результати аналізу цієї проблематики узагальнені в багатьох роботах (Е.Г. Мяло и И.Н. Горяинова, 1976; С.В. Виктор и А.Г. Чикишев, 1990; В.И. Артамонов, 1989; Я.П. Дідух, 2012; Г.С. Розенберг, 2013; тощо). Більшість екологічних шкал дають змогу проводити діагностику на основі кількісних оцінок (інтервалів толерантності). Окремо варто зосередити увагу на синфітоіндикації – методі індикації впливу екологічних чинників на осно-

ві аналізу рослинних угруповань. На відміну від фітоіндикаційних досліджень, які проводяться на популяційно-видовому рівні, за застосування цього методу враховується специфічна амплітуда кожного виду: від стенобіонту до еврибіонту. Основними методами синфітоіндикації є метод засічок і обмежень (Л.Г. Раменский, 1956) та метод середніх арифметичних (H. Ellenberg, 1979; Д.Н. Цыганов, 1976, 1983). Дослідженнями встановлено, що оптимальний розвиток за наявності та відсутності конкуренції може відбуватись у різних екологічних умовах. Найсприятливішою є ситуація, коли синекологічний та аутоекологічний оптимуми збігаються. Аналіз закономірностей розподілу оптимумів у межах діапазону толерантності показав, що розподіл є нормальним уздовж градієнта фактора (Я.П. Дідух, 2012). Таким чином, відповідно до методики синфітоіндикації, кожен вид має індикаторне значення, але індикацію можна здійснити лише за результируючим розподілом видів, які складають лісовий фітоценоз. Варто зауважити, що коректна діагностика змін природного довкілля за індикаторними видами можлива лише за тісного кореляційного зв'язку рослинності і ґрунту.

Діагностика стану екосистеми на рівні угруповань можлива також на основі структурних параметрів угруповань, зокрема на базі оцінки біотичного різноманіття: індекси видового багатства, домінування, вирівненості тощо. Застосування цих методів є зручним для з'ясування стану екосистеми на основі аналізу видів різних трофічних груп. Зокрема, йдеться про дослідження консортивних зв'язків деревних рослин із дендрофільними птахами та дереворуйнівними грибами. Вже відомо, що варіації певних характеристик лісової екосистеми, сформованих за антропогенного впливу, дають можливість виявити зв'язки між фітоценотичними параметрами, видовим різноманіттям та щільністю гніздування птахів (MacArthur et al., 1961; R. Conner, 1981). Отримані нами дані щодо наявності відповідних зв'язків збігаються з результатами інших авторів (О.І. Blinkova and Т.В. Shupova, 2017). Зокрема, було встановлено, що існує тісний зв'язок між вертикальною структурою лісу, вертикальним розподілом листя та видовим різноманіттям птахів. Також було доведено, що ліси зі складною структурою та флористичним багатством мають високе різноманіття угруповань птахів. Багато дослідників підкреслюють, що зміна кількості видів птахів,

а також формування угруповань птахів залежать від типу лісу і вертикальної гетерогенності (W.E. Easton and M. Andk, 2002; B.O. Poulsen, 2002; M.F. Wilson, 1974; M.F. Wilson et al., 1994). Авторами виявлено прямопропорційну залежність між структурами орнітокомплексу та впливом лісогосподарської практики. Наші дані свідчать про залежність структур як рослинних угруповань, так і угруповань птахів від інтенсивності антропогенного впливу. Зокрема, показано, що залежно від трансформації довкілля, змінюються показники фіто- та орніторізноманіття (О.І. Блінкова and Т.В. Шупова, 2017). Виявлено, що видовий склад птахів пов'язаний із флористичним різноманіттям, що знаходить підтвердження у роботі Р.Л. Кейт et al. (Р.Л. Кейт et al., 2015). Структура угруповань птахів, що гніздяться, змінювалася у напрямі їх синантропізації шляхом елімінування видів, що гніздяться у густих лісах, та видів відкритих просторів.

Одержані результати дослідження організації консорцій (мероконсорція, холоконсорція, популяційна консорція, синузальна консорція) дерев та дереворуйнівної мікобіоти дали змогу виявити основні закономірності і функціональні особливості коеволуційної динаміки розвитку деревних рослин та ксилотрофних грибів: ксилотрофічний комплекс є невід'ємним компонентом лісової екосистеми, він має відповідну морфологічну, екологічну будову та формується разом із деревними рослинами за законами спільної динаміки розвитку; видова, систематична, трофічна, просторова структури ксилотрофних грибів природних лісів є збалансованими та відображають параметри розвитку, стану лісів, що свідчить про єдність та взаємозв'язок компонентів на всіх ієрархічних рівнях організації живого; структури ксилотрофічного комплексу напівприродних та модифікованих лісів відображають тільки фітосанітарну та вікову структури дерев-

них рослин, тісного зв'язку з віталітетом едифікатора не виявлено (О.І. Блінкова and О.М. Іваненко, 2018). Тому для поглиблення розуміння коеволуційної динаміки розвитку консорцій ми пропонуємо у систему діагностичних показників визначення ступеня антропогенної трансформації лісів включити стан консортивних зв'язків між рослиною-едифікатором та грибом-ксилотрофом (О.І. Блінкова and О.М. Іваненко, 2014, 2016, 2018).

Висновки

Загалом у біодіагностиці лісових екосистем варто надавати перевагу дослідженням за структурними та функціональними параметрами вищих рівнів організації життя, інтегральним характеристикам екосистем, що віддзеркалюють стан їх цілісності та розвиток, – структури, продуктивності, стійкості, динаміці. Фрагментарні дослідження на нижчих щаблях без належної ув'язки зі структурою і станом вищих підсистем можуть призвести до помилкових висновків. Це зумовлено тим, що з підвищенням ступеня ієрархії структури екосистем зростає складність їхньої організації та зв'язків із довкіллям, що істотно змінює значущість інформації, одержаної на елементарних рівнях, а також надає іншого контексту прямій, специфічній індикації змін за дії певних екологічних чинників. Крім того, вивчення на основних рівнях організації стану живого дає змогу дотримуватися принципів емерджентності, функціональної інтеграції та ієрархічної організації біосфери та систем її гомеостазу, тобто не порушувати цілісності природи. Такий екосистемний підхід дає можливість виявити зміни міжпопуляційних та внутрішньопопуляційних взаємовідносин, взаємовідносин абіотичної та біотичної складових певних екосистем, загалом – охарактеризувати трансформацію їхньої структури за впливу екологічних чинників.

Література

1. Мигунова Е.С. Леса и лесные земли (количественная оценка взаимосвязей). М.: Экология, 1993. 364 с.
2. Мигунова Е.С. Типы леса и типы природы. Экологические взаимосвязи. Palmarium Academic Publishing, Германия. 2014. 295 с.
3. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.: Гослесбумиздат, 1949. 455 с.
4. Сукачев В.Н., Дылис Н.В. Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. 567 с.
5. Фурдичко О.І., Лавров В.В. Лісова галузь України у контексті збалансованого розвитку: теоретико-методологічні, нормативно-правові та організаційні аспекти. К.: Основа, 2009. 424 с.
6. Лавров В.В. Системний підхід як методологічна основа для оцінки і зменшення загроз біорізноманіттю (лісові екосистеми) / Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України / відп. ред. Дудкін О.В. К.: Хімджест, 2003. С. 156–272.
7. Голубець М.А. Екосистемологія. Львів: Поллі, 2000. 316 с.
8. Фурдичко О.І., Гладун Г.Б., Лавров В.В. Ліс у Степу: основи сталого розвитку. К.: Основа, 2006. 496 с.

9. Лавров В.В. Методологія сталого розвитку лісової галузі України: теорія і практика: автореф. дис. ... док. с.-г. н. К., 2009. 44 с.
10. Ворон В.П., Лавров В.В., Бондарук М.А., Стельмахова Г.Ф. Діагностика та зонування пошкодження лісів України аеротехногенним забрудненням (методичні рекомендації). Харків: Укр. НДІЛГА, 2011. 53 с.
11. Лавров В.В., Блінкова О.І., Мірошник Н.В., Іваненко О.М. Синекологічні засади діагностики трансформації структурно-функціональної організації лісових екосистем в аспекті еволюції. *Фактори експериментальної еволюції*. 2016. Т. 18. С. 186–190.
12. Садовський В.Н., Юдин Э.Г. Исследования по общей теории систем: сборник переводов. М.: Прогресс, 1969. 82 с.
13. Голубець М.А. Три основні рівні організації живого на планеті. *Вісник АН УРСР*. 1977. № 3. С. 76–86.
14. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.

References

1. Migunova E.S. Forests and forest land (quantitative assessment of relationships). Moscow: Ecology, 1993. 364 p.
2. Migunova E.S. Types of forests and types of nature. Ecological relationships. Palmarium Academic Publishing, Germany. 2014. 295 p.
3. Morozov G.F. Studies of the forest. Moscow: Goslesbumizdat, 1949. 455 p.
4. Sukachev V.N., Dyls N.V. Fundamentals of forest biogeocenology. Moscow: Nauka, 1964. 567 p.
5. Furdychko O.I., Lavrov V.V. Forestry of Ukraine in the context of sustainable development: theoretical and methodological, regulatory and organizational aspects. Kyiv: Basis, 2009. 424 p.
6. Lavrov V.V. System approach as a methodological basis for assessment and reduction of threats to biodiversity (forest ecosystems) / Assessment and directions of reduction of threats to biodiversity in Ukraine / ed. Dudkin O.V. Kyiv: Khimzhest, 2003. P. 156–272.
7. Golubets M.A. Ecosystemology. Lviv: Polly, 2000. 316 p.
8. Furdychko O.I., Gladun G.B., Lavrov V.V. The forest of Steppe: the basis of sustainable development. Kyiv: Osnova, 2006. 496 p.
9. Lavrov V.V. Methodology of sustainable development of forestry in Ukraine: theory and practice: dissertation abstract of doctor's thesis. Kyiv, 2009. 44 p.
10. Voron V.P., Lavrov V.V., Bondaruk M.A., Stelmakhova T.F. Diagnostics and zoning of damage of forests of Ukraine by aerotechnogenic pollution (methodical recommendations). Kharkiv: Ukr. NDILGA, 2011. 53 p.
11. Lavrov V.V., Blinkova O.I., Miroshnyk N.V., Ivanenko O.M. Synecological principles of the diagnostics of the transformation of the structural and functional organization of forest ecosystems in the aspect of evolution. *Factors of experimental evolution*. 2016. Т. 18. P. 186–190.
15. Sadovsky V.N., Yudin E.G. Studies on the general theory of systems: a collection of translations. Moscow: Progress, 1969. 82 p.
16. Golubets M.A. The three main levels of biological organization on the planet. *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*. 1977. № 3. P. 76–86.
17. Odum Y. Fundamentals of ecology. Moscow: Mir, 1975. 740 p.

LAVROV V.¹, BLINKOVA O.²

¹ Biloserkivskyy National Agrarian University,

Ukraine, 09100, Kiev region, Bila Tserkva, Cathedral Square, 8/1, e-mail: vitaliy.lavrov@gmail.com

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

Ukraine, 03041, Kyiv, Heroyiv Oborony str., 15, e-mail: elena.blinkova@gmail.com

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF BIOTIC DIAGNOSTICS OF ANTROPOGENIC TRANSFORMATION OF FOREST ECOSYSTEMS AT THE LEVELS OF ORGANIZATION OF LIFE

Aim. The purpose of the study was to identify and systematize the methodological problems of the diagnosis of anthropogenic transformation of forests by the levels of organization of life. **Methods.** Theoretical methods of system-structural, retrospective, comparative analysis were combined with special methods of forestry, synecology, mycology, ornithology. **Results and conclusions.** The study of higher levels of biological organization, integral characteristics of ecosystems, reflecting the state of their integrity and development should be given priority in bio-diagnostics of forest ecosystems. Studies at lower levels of the hierarchy of levels without proper alignment with the composition and state of higher subsystems can lead to false conclusions. Studying at the basic levels of biological organization gives the opportunity to adhere to the principles of emergence, functional integration and hierarchical organization of the biosphere and its homeostasis systems.

Keywords: biological organization, complex of biological structures, forest ecosystem, transformation.