

УДК 504.064.3:502.72 (292.45)

А.Г. Савицька¹, С.І. Петруса²

**МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВЕДЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО
ФІТОЦЕНОТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ (НА ПРИКЛАДІ
ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА “БОЛОТО ЛЮТОШАРИ”)**

Савицькая А.Г., Петруса С.І. Методические подходы к ведению локального фитоценотического мониторинга (на примере гидрологического заказника "Болото Лютошары") // Науч. зап. Гос. природоведч. музея. – Львов, 2007. – Вип. 23. – С. 65-74.

Начато разработку методики локального фитоценотического мониторинга. На фитоценотическом трансекте апробированы основные подходы к качественному и количественному анализу ценопопуляций моховых, травяных, кустарничковых и древесных видов.

Savitskaya, A., Petrusa, S. The technique approaches to conducting local phytocenotic monitoring (taking hydrological object of protection regime "Moor Lutoshary" as a model) // Proc. of the State Nat. Hist. Museum. – Lviv, 2007. – 23. – P. 65-74.

Development of method of the local phytocenotic monitoring is begun. On phytocenotic transect basic approaches are approved to the high-quality and quantitative analysis of cenopopulations of mossy, grass, subbush and arboreal kinds.

Проблема збереження біотичного, екосистемного та ландшафтного різноманіття належить до пріоритетних завдань світової спільноти держав. В Україні її розв'язання передбачене Законами “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991), “Про природно-заповідний фонд України” (1992), “Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки” (2000), “Про екологічну мережу України” (2004). Ці законодавчі та інші нормативні документи зобов'язують до проведення екологічного моніторингу довкілля, рослинного та тваринного світу, що знаходяться під загрозою зникнення, тобто створення системи спостережень, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан довкілля та прогнозування його змін [6].

З методичної сторони, здійснення моніторингу біологічних об'єктів ще не має достатньої глибини розробки. Якщо окремими спеціалістами пропонуються індикаторні види для моніторингу довкілля і навіть побажання щодо структури збору та збереження даних моніторингових спостережень, то стосовно аналізу, узагальнення та порівняння цих матеріалів у фаховій літературі інформація практично відсутня.

Загальновідомо, що просторова організація біосистем різних ієрархічних рівнів залежить від неоднорідності середовища, специфіки компонентів, які її складають, взаємодіями між ними та впливом зовнішніх чинників [8]. З їхньою просторовою структурою тісно пов'язані такі фундаментальні особливості, як стабільність, самопідтримання та відновлення [3]. Очевидно, повноцінне пізнання та охорона біорізноманіття неможливі без детального аналізу стану природних комплексів, а також багатфакторного пізнання просторово-екологічних особливостей біоценозів та їхнього ценопопуляційного наповнення. Для цього достатніми є базові методи сучасної екології та фітоценології. Проте узагальнення цих матеріалів для

моніторингового порівняння все ж потребує розроблення відповідного методичного забезпечення. Тому, метою роботи було розроблення загальних методичних підходів до започаткування моніторингу змін фітоценотичних систем у залежності від окремих екологічних чинників, а також отримання узагальнень їхнього стану на основі комп'ютерної обробки даних спостережень.

Матеріал і методика досліджень

Об'єктом дослідження було обрано рідкісне угруповання сфагнового сосняка (*Pinetum sphagnosum*) на оліготрофному болоті гідрологічного заказника "Болото Лютошари" [1], що розташоване на землях Державного підприємства "Осмолодське лісове господарство" (Осмолодське л-во, кв. 6), площа якого становить 5 га. Внаслідок тривалого господарського освоєння ландшафтів передгір'я та гірських долин такі природні комплекси стали рідкісними у регіональному [7] та континентальному масштабах. Тому, охорона природних комплексів таких боліт передбачена Законом "Про охорону навколишнього природного середовища" (1991) та міжнародними зобов'язаннями України відповідно до положень Рамсарської конвенції 1971 р.

Фітоценози сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на сфагнових болотах в Карпатах, зокрема у Сколівських Бескидах та Горганах, трапляються дуже рідко. До хвойно-чагарникових належать торфовища з пригніченою *P. sylvestris*.

Угруповання є ценотично стабільним і належить до I-ї соціологічної категорії, ступінь загрози зникнення – II, тобто фітоценозів, які займають малу площу, збереглися в обмеженій кількості локалітетів, розташованих в господарських угіддях, де можливий антропогенний вплив [7].

Для опису трав'яного, чагарничкового та мохового покриву досліджуваного об'єкта, і його просторової організації використовували загальноприйняті геоботанічні методи [2]. Для дослідження заклали трансект довжиною 160 м і шириною 20 м (рис. 1), який розділили на квадрати розміром 10×10 м. В межах цих квадратів провели суцільний перелік дерев (з вимірюванням периметрів стовбурів дерев на висоті 1,3 м). По середній лінії трансекта через кожні 10 м від центру до краю болота заклали пробні ділянки круглої форми площею 4 м², на яких визначали характеристики ценопопуляцій: їхній видовий склад та рясність у балах за шкалою Друде [2]. Балам рясності було присвоєно такі цифрові значення: 1 – un (unicum), 2 – sol (solitariae), 3 – sp (sparsae), 4 – cop₁ (copiosae), 5 – cop₂, 6 – cop₃, 7 – soc (sociales).

Детально санітарний стан кожного дерева описували за типовими у лісівництві методиками. З метою подальшої комп'ютерної обробки застосовували таку шкалу категорій санітарного стану дерев: 1 – здорові, 2 – особини, на яких починає всихати хвоя, 3 – особини, що втратили близько 25% хвої, 4 – відмираючі, 5 – недавно відмерлі, 6 – давно відмерлі дерева. За цими показниками обчислювали розповсюдження та інтенсивність розвитку ушкоджень від захворювань.

Комп'ютерну обробку та побудову графічних матеріалів здійснено за допомогою стандартного програмного забезпечення Office – 2003. Глибина болота була виміряна шляхом механічного зондування Ю.В. Крамарцем та П.Р. Третьяком.

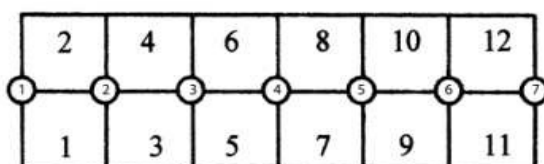


Рис.1. Вигляд гідрологічного заказника “Болото Лютошари” з космосу.
Примітки: білою лінією позначено місце розташування трансекта. Внизу подано схему розбивки трансекта на облікові квадрати та круглі ділянки для дослідження стану ценопопуляцій видів чагарничкового, трав'яного та мохового покриву.

Результати досліджень

У гідрологічному заказнику “Болото Лютошари” найглибше місце зафіксоване на відстані 20-40 м від центру болота і становить 3,2 м. Глибина торфового шару спадає до 80 см на краях болота (рис. 2. В).

Тут зростає *P. sylvestris* L. з домішкою *Betula pendula* Roth., *Picea abies* (L.) Karst та *Fagus sylvatica* L. У складі оточуючого лісу переважає *P. abies* з домішкою *B. pendula*, *F. sylvatica*, *Populus tremula* L. Потужність торф'яного горизонту в умовах болота значно впливає на ріст і стан деревної рослинності. Через значну глибину

торфу в центрі болота та ускладнення його мінералізації (внаслідок впливу високої вологості) створюються гірші умови для росту *P. sylvestris*. Тому, в центрі болота найнижча середня висота дерев та зімкнутість крон.

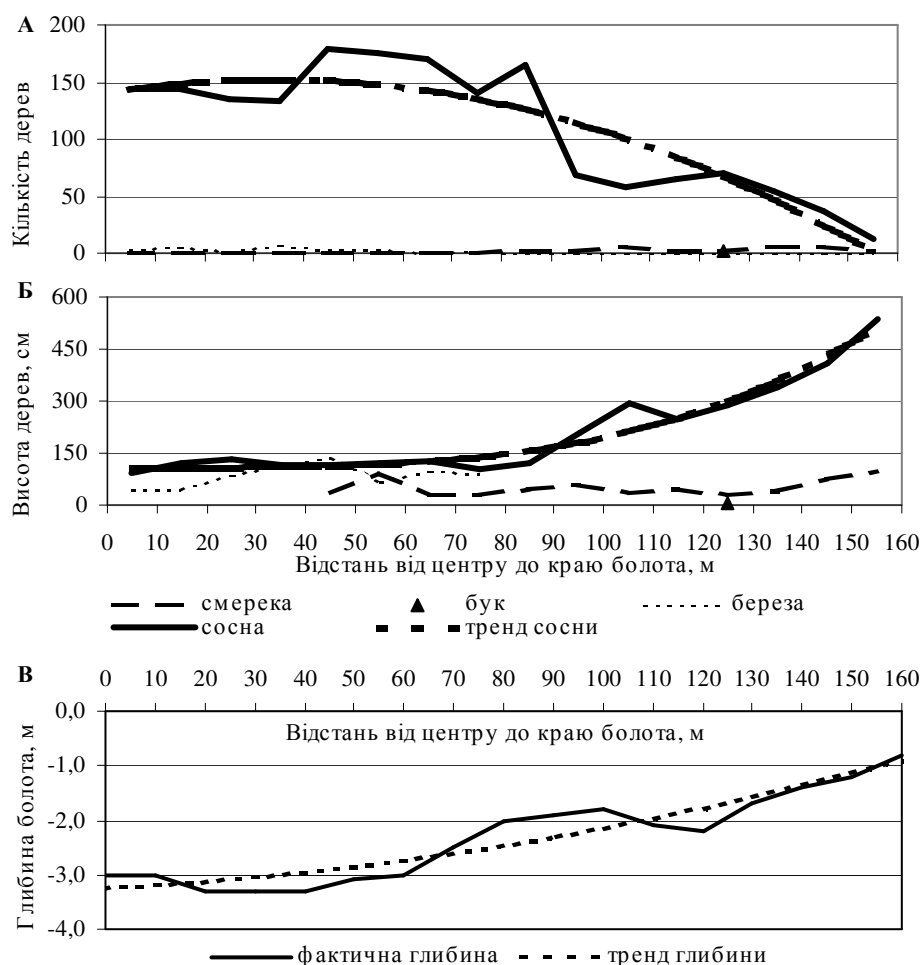


Рис. 2. Особливості розподілу кількості дерев (А) та їхньої усередненої висоти (Б) на трансекті в залежності від глибини болота (В) у напрямку від центру до краю болота.

На більшій частині трансекта, у межах глибини болота більше 2 м, середня висота дерев *P. sylvestris* сягає 1,2 м, *B. pendula* – 0,3-1,0 м. Відповідно кількість особин *P. sylvestris* 130- 170 особин на 100 м². Далі до краю болота, в міру зменшення його глибини, середня висота дерев *P. sylvestris* збільшується приблизно від 1,5 до 5 м (рис. 2 Б), а їхня кількість зменшується від 130 до 10 особин на 100 м².

Про незадовільні умови розвитку молодих дерев *P. sylvestris* в центрі болота свідчить вкорочена хвоя, невеликі прирости пагонів та в 1,5-2 рази зменшені розміри шишок. У напрямі до краю болота спостерігається збільшення висоти дерев,

зменшення їхньої питомої чисельності на одиниці площі та зімкнутості їхніх крон, що свідчить про меншу глибину болота та його надмірні запаси вологи (рис. 2 А)

Під час проведення опису санітарного стану деревної рослинності (рис. 3) виявилось, що в умовах урочища спостерігається масове поширення хвороби шютте хвої, збудником якої є гриби – *Lopohodermium pinastri* (Schrad) Chevall та *L. seditiosum* Minter, Staley et Millar. На низько схилених гілках дерев *P. sylvestris* та *P. abies* і підrostі розвивається бура сніжна плісень хвої, збудником якої є *Herpotrichia juniperi* (Duby) Petrak.

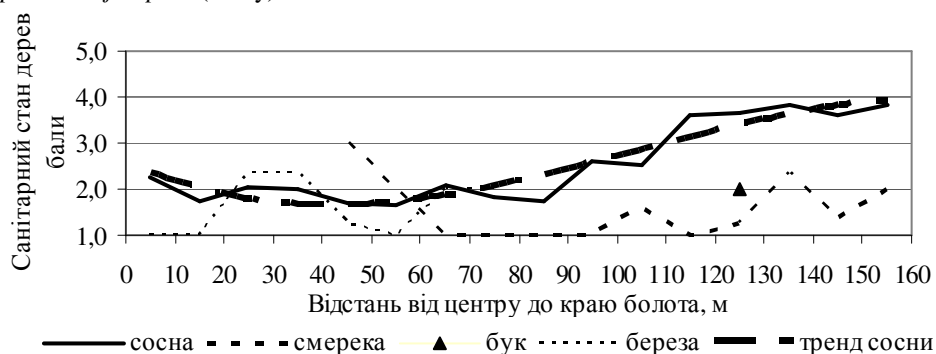


Рис. 3. Залежність розподілу дерев на трансекті за санітарним станом від центру до краю болота.

У результаті перезволоження відбувається відмирання корневих систем, що призводить до всихання сосни. Всихаючі дерева *P. sylvestris* заселяють вусачі – *Trypodendron lineatum* Ol, *Calidium violaceum* L., а також деякі види роду *Monohamus* та ін. Також доволі рідко трапляються комахи-фітофаги – пагонов'юн смолівщик (*Petrova resinella* L.) та пагонов'юн зимовий (*Rhyacionia buoliana* Den. et Shiff.). Ці види поширені на сосні гірській, що зростає у високогір'ї. Незважаючи на сприятливий світловий режим в центрі болота, в умовах високої вологості повітря шкідливий вплив пагонов'юнів виявився незначним.

Гідрологічний заказник “Болото Лютошари” – єдине місце в Карпатах, де на *P. sylvestris* досить часто трапляється біатореловий рак. Зазвичай він спостерігається у пригнічених соснових лісах віком 10-80 рр., що зростають у несприятливих умовах з надлишковим зволоженням. По краю болота значна кількість дерев уражена біатореловим раком, що й призводить до погіршення санітарного стану болота від центру до краю. Розвиток раку носить хронічний характер, і через 5-10 років може розпочатися процес відмирання дерев.

Видове різноманіття трав'яного та чагарничкового ярусу болота представлене такими видами: *Eriophorum vaginatum* L., *Empetrum nigrum* L., *Drosera rotundifolia* L., *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Oxycoccus palustris* Pers., *Vaccinium myrtillus* L., *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror (рис. 4 А).

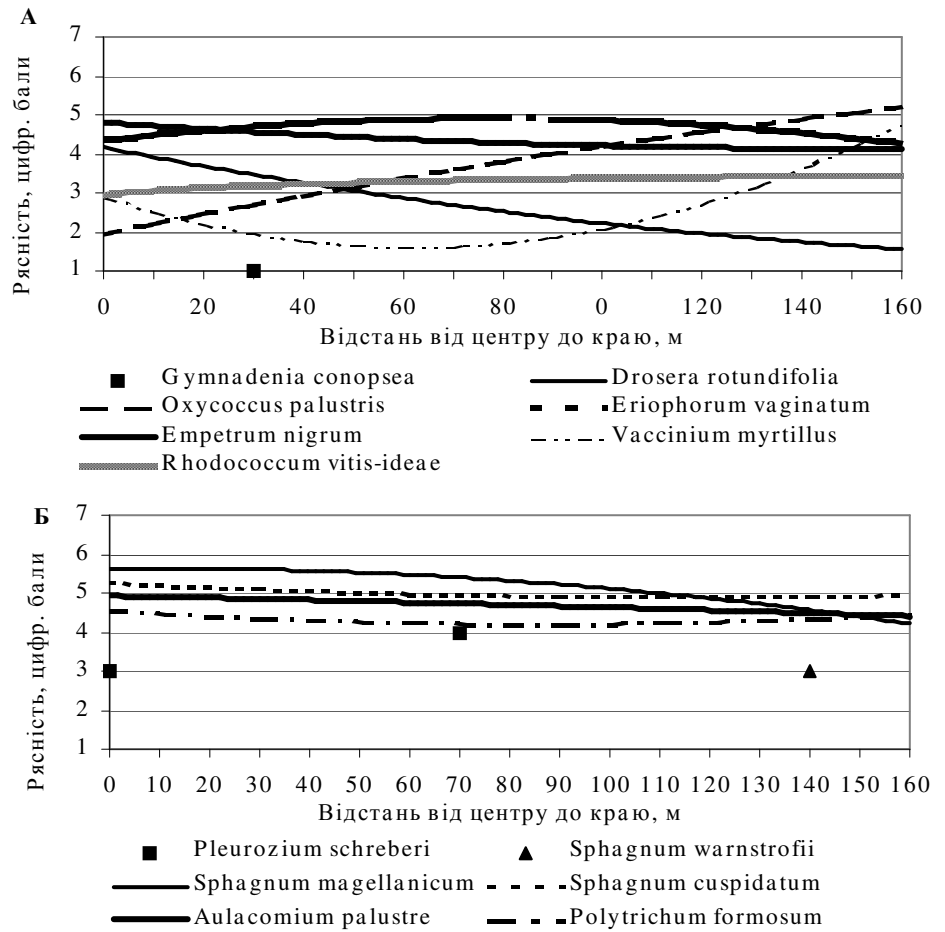


Рис. 4. А. Тренди розподілу на трансекті ценопопуляцій видів трав'яного, чагарничкового (А) та мохового ярусу (Б) за ряєністю в залежності від глибини болота у напрямку від центру до його краю.

Моховий покрив формують такі види: *Polytrichum formosum* (Hedw.) G. L. Smith, *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Aulacomium palustre* (Hedw.) Schwaegr., *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex. Hotfm., *S. warnstroffii* Russ., *S. magellanicum* Brid. (рис. 4 Б). Це переважно болотні та вологолюбні бореальні та суббореальні види.

Такий видовий склад та просторова структура дослідженого фітоценозу дає підстави умовно віднести його до формації *Sphagneta (fusci) depressipinetosa* [4] або точніше до асоціації *Pinetum (sylvestris) empetrosum (nigre) – sphagnosum* [5]. Як вбачається з наведених вище матеріалів, екологічні характеристики болота визначають особливості росту та санітарного стану пригніченого деревостану, а

також просторові та якісні характеристики ценопопуляцій чагарничкових та мохових видів. Таким чином, зміни видового спектра та просторової організації рослинного покриву мають індикаторне значення, що відображає зміни локальних гідрологічних та екологічних умов

Збільшення рясності вологолюбних видів свідчить про зростання надмірних запасів вологи та про тенденцію подальшого заболочення. Наприклад, вологішою є центральна частина болота, що сприяє інтенсивному розвитку *S. magellanicum* саме у центрі болота. Це є субконтинентальний вид і зростає переважно на зволжених та значно зволжених територіях [10]. В міру віддалення до краю і, відповідно, зменшення вологості, рясність цього виду спадає (рис. 4 Б). З наведених графіків вбачається, що такі види, як *Drosera rotundifolia*, *Empetrum nigrum*, найбільш чітко індикують такі екологічні умови. Інші види *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium myrtillus* є індикаторами зворотного ефекту.

Річний приріст дерев свідчить про те, що зімкнутість крон деревостану може зростати. Проте патології дерев вказують і на поступове відмирання окремих особин і звільнення світлового простору. Крім цього, у залежності від змін природно-кліматичних умов, кількості опадів, загального рівня ґрунтових запасів вологи та їхнього відтоку можуть змінюватися гідрологічні умови. У комплексі ці процеси можуть визначати напрями дифузних змін у просторовій структурі чагарничково-мохового рослинного вкриття. Тому, з точки зору потреби пізнання розвитку цих явищ й моніторингового контролю їх, вбачається доцільною потреба у математичному аналізі станів рослинного покриву в залежності від локальної екологічної ситуації [9]. У найбільш узагальненому вигляді це можна зробити з використанням ліній трендів, описавши їх відповідними математичними залежностями.

Стосовно об'єкта дослідження шляхом експериментального підбору (рис. 2-4) знайдено найзручніші математичні вирази, які наведені у таблицях 1, 2. Загалом, розподіл абсолютних значень рясності на графіку має доволі широкий осциляторний характер. Експериментальним підбором кривих трендів встановлено, що найбільш характерним рівнянням тренду вирівняної кривої відповідає поліноміальний тип лінії тренду другого або третього ступеня. В узагальненому вигляді останній можна описати таким математичним виразом:

$$R = k_1 \cdot L^3 + k_2 \cdot L^2 - k_3 \cdot L + k_4,$$

де k_1, k_2, k_3, k_4 коефіцієнти, R – рясність у балах, L – відстань у метрах від центру болота до його краю.

Коефіцієнти k_1, k_2, k_3 , визначають загальну тенденцію кривої. Їхнє зростання веде до збільшення рясності у напрямку від центру до краю болота, а зменшення коефіцієнтів визначає зворотну тенденцію. Коефіцієнт k_4 визначає загальний рівень рясності. Його зростання вказує на загальне зростання рясності ценопопуляції в цілому в межах дослідженої території незалежно від відстані від краю до центру, тобто від глибини болота чи висоти деревостану *P. sylvestris*. Аналогічно впливають відповідні коефіцієнти на характер кривизни та положення кривої поліному другого ступеня.

Таблиця 1

Рівняння ліній тренду залежності ступеня рясності (R) ценопопуляцій видів рослин на трансекті від відстані в напрямку від центру до краю болота (L)

Вид	Рівняння лінії тренду
<i>Eriophorum vaginatum</i>	$R = -0,0095L^2 + 0,1669L + 4,2059$
<i>Drosera rotundifolia</i>	$R = 0,0053L^2 - 0,258L + 4,4152$
<i>Oxycoccus palustris</i>	$R = -0,0035L^2 + 0,2661L + 1,6765$
<i>Empetrum nigrum</i>	$R = 0,003L^2 - 0,0951L + 4,8971$
<i>Vaccinium myrtillus</i>	$R = 0,0332L^2 - 0,4817L + 3,361$
<i>Rhodococcum vitis-ideae</i>	$R = 2,9598L^{0,0575}$
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	$R = -0,0018L^3 + 0,0515L^2 - 0,4438L + 6,0358$
<i>Sphagnum magellanicum</i>	$R = 0,0001L^3 + 0,0019L^2 - 0,2009L + 6,5968$
<i>Aulacomium palustre</i>	$R = -0,0036L^3 + 0,088L^2 - 0,5555L + 5,4412$
<i>Polytrichum formosum</i>	$R = -0,0018L^3 + 0,0519L^2 - 0,431L + 5,1907$

Таблиця 2

Рівняння ліній тренду залежності якісних характеристик деревостану та глибини болота (R) на трансекті від відстані в напрямку від центру до краю болота (L)

Якісні характеристики	Рівняння лінії тренду
Кількість дерев сосни	$R = -0,0208L^2 + 1,4334L + 282$
Висота дерев сосни	$R = 0,0002L^3 - 0,0121L^2 + 0,4174L + 106,6$
Санітарний стан дерев	$R = -2E-06L^3 + 0,0008L^2 - 0,0499L + 2,5972$
Глибина болота	$R = 0,0063L^2 + 0,0337L - 3,2941$

Змінюючи охарактеризовані вище коефіцієнти, можемо моделювати зміни перебігу ліній трендів, які описують особливості залежності ступеня рясності видів у залежності від відстані від центру до краю болота тощо. Напрямок залежності рясності видів від цієї відстані, імовірно, свідчатиме про певні зміни екологічних умов їхнього зростання.

Експериментальним дослідженням зміни значень коефіцієнтів k_1 , k_2 , k_3 встановлено, що вони ілюструють вплив зменшення глибини болота і збільшення висоти деревостану на значення рясності ценопопуляцій. Оскільки глибина болота не змінюється, в останньому випадку може лише зростати висота деревостану. Якщо ж вона буде призводити до зростання коефіцієнтів k_1 , k_2 , k_3 , то може спостерігатися збільшення рясності у напрямку до краю болота. Відповідно за умови незмінної глибини болота може змінюватися середній рівень ґрунтових вод та їхніх питомих запасів, що у свою чергу може спричинювати зміни у співвідношенні ценопопуляцій. Проте дослідження такого напрямку потребує розроблення спеціальних гідрологічних методик.

Подібно можна зробити прогнози передбачення щодо біометричних характеристик деревної рослинності та її санітарного стану (табл. 2). Проте слід зробити і застереження, що патології дерев залежать не лише від глибини болота чи надмірних вологозапасів, але й від висоти дерев і, можливо, їхнього віку. Не

дивлячись на те, що у центрі болота особливо багато особин дерев, їхній санітарний стан набагато кращий ніж ближче до краю болота. Однак, у центрі зростають здебільшого молоді особини, висотою до 2-х м, які уже вступили в генеративну стадію розвитку. Біля краю болота висота сосен сягає 6-ти і більше метрів, проте їхній санітарний стан ледь задовільний. Тому, наведені математичні вирази описують, у першу чергу, не лише особливості розподілу чисельності та висоти дерев у залежності від глибини болота, але й залежність їхнього санітарного стану від віку особин. Експериментальне моделювання коефіцієнтів рівнянь цих залежностей також показує відповідні зміни санітарного стану та біометричних показників деревостану, які теж повинні бути предметом періодичного моніторингового контролю.

Однією з вимог моніторингу є постійність стеження. Для повноцінної оцінки екологічного стану рослинного покриву досліджуваного болотного природного комплексу необхідно регулярно проводити повторні моніторингові дослідження деревної рослинності, її санітарного стану, трав'яної та мохової рослинності. Періодичність таких спостережень могла б становити 5 або 10 років. Обов'язковою умовою цього має бути ідентичність методик та просторової локалізації вимірювань. Тому, описаний трансект на місцевості закріплено крайовими стовпами, координати положення яких зафіксовані з допомогою GPS технології.

Після кожного етапу періодичних моніторингових спостережень слід побудувати графіки вищеписаних залежностей та відповідні ідентичні типи ліній трендів та поліноміальних математичних виразів. Порівнювати необхідно відповідні коефіцієнти цих рівнянь. Зафіксувавши їх зміни, можна буде робити попередні висновки щодо екологічної ситуації та напрямів розвитку рослинного покриву. Проте лише тривалий ряд періодичних спостережень може дати остаточну відповідь на поставлені запитання.

Для кращого пізнання особливостей розвитку рослинного покриву варто провести палеоботанічне дослідження профілю болота з відповідним радіовуглецевим датуванням його шарів.

Висновки

Розроблені загальні методичні підходи до ведення моніторингу змін фітоценотичних систем, на прикладі гідрологічного заказника "Болото Лютошари", в залежності від певних екологічних чинників, а також отримання узагальнень їхнього стану на основі комп'ютерного опрацювання матеріалів спостережень.

Рослинний покрив дослідженого болотного природного комплексу в межах трансекта є своєрідним природним еокліном [2], який представляє зміни просторової структури рідкісного угруповання *Pinetum (sylvestris) empetrosum (nigre)* – *sphagnosum* у напрямку від центру до краю болота, тобто від максимальної до мінімальної його глибини.

У межах цього еокліну рослинного покриву спостерігаються дифузні тенденції поширення ценопопуляцій спадного або зростаючого напрямів. Їх описано математичними виразами поліномів другого та третього ступенів. Вони дають можливість теоретично зафіксувати стани та моделювати зміни розвитку рослинного покриву на болоті. Проте вірогідність цього підходу можна буде оцінити лише після повторних моніторингових досліджень через 5, 10 і більше років.

1. Бродіс Є.М., Кузьмичов А.І., Андрієнко Т.Л., Батячов Є.Б. Торфово-болотний фонд УРСР, його районування та використання. – К.: Наук. думка, 1973. – 220. с.
2. Вальтер Г. Общая геоботаника: Пер. с нем. / Перевод и предис. А.Г. Еленевского. – М.: Мир, 1982. – 121 с.
3. Голубец М.А., Царик И.В. Некоторые аспекты стабильности и устойчивости фитоценозов // Проблемы устойчивости биологических систем: Тез. докл. Всесоюзн. школы, 15-20 октября 1990 г., Севастополь-Харьков: Б.И., 1990. – С. 205-207.
4. Зеленая книга Украинской ССР. Редкие, исчезающие и типичные, нуждающиеся в охране растительные сообщества / Под общ. ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко. – К: Наук. думка, 1987. – 216 с.
5. Зелена книга України: Ліси / Шеляг-Сосонко Ю.Р., Устименко П.М., Попович С.Ю., Вакаренко Л.П. – К.: Наук. думка, 2002. – 255 с.
6. Малишева Н.Р., Олещенко В.І., Кузнецова С.В., Красіліч Н.Д., Карамушка В.І. Правові засади впровадження в Україні конвенції про біорізноманіття. – К.: Хімджест, 2003 – С. 103-111.
7. Стойко С.М., Мілкіна Л.І., Ященко П.Т., Кагало О.О., Тасенкевич Л.О. Раритетні фітоценози західних регіонів України (Регіональна "Зелена книга").–Л: Поллі, 1997.– 90 с.
8. Царик И.В., Жилиев Г.Г., Малиновский К.А. Некоторые аспекты пространственной организации сообществ и популяции растений // Экология и ноосферология. – 1995. –Т 1, №1-2. – С. 91.
9. Boichuk I., Petrova L., Rozhko I., Senchina V., Tretyak P. Natural boundary “Turova dacha” – preserve of an international importance // Ways to solve interconnected problems of the natural environment and development of border tarrains in Ukraine, Poland, Slovakia. Collection of science and methodical papers. – Lviv, 1995. – V. 5. – P. 99-102.
10. Elenberg H., Dull R. Zeigerwerte von Laub und Lebermoosen // Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta geobot. Verlag. E. Gotze KG, D 3400 toffingen. – 1992. – S. 175-214.

¹Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів,
e-mail: savitskayt@museum.lviv.net

²Прикарпатський лісогосподарський коледж, м. Болехів, Івано-Франківська обл.