

14. Марискевич О.Г. Вплив рекреаційного навантаження на ґрунтовий покрив лісової екосистеми / О.Г. Марискевич, І.М. Шпаківська // Науковий вісник НАУ : зб. наук. праць. – Сер.: Лісівництво. – К. : Вид-во НАУ. – 2001. – № 16. – С. 31-40.

15. Марискевич О.Г. Вплив рекреаційного навантаження на ґрунти гірського туристичного маршруту (НПП "Сколівські Бескиди", Українські Карпати) / О.Г. Марискевич, О.І. Леневиц // Наукові записки Терноп. нац. пед. ун-ту. – Сер.: Біологічна. – 2014. – № 2 (59). – С. 44-49.

16. Марфенина О.Е. Влияние нормированных рекреационных нагрузок на свойства бурых лесных почв / О.Е. Марфенина, Е.М. Жевелева, З.А. Зарифова и др. // Вестник МГУ : сб. науч. тр. – Сер.: Почвоведение. – 1984. – Вып. 17, № 3. – С. 52-58.

17. Марфенина О.Е. Последствия рекреационного воздействия на подстилку лесных (еловых) биогеоценозов / О.Е. Марфенина, Н.И. Гончарова, М.С. Розина // Экология : науч.-техн. журнал. – 1988. – № 2. – С. 7-12.

18. Кравців В.С. Науково-методичні засади реформування рекреаційної сфери / В.С. Кравців, Л.С. Гринів, М.В. Копач, С.П. Кузик. – Львів, 1999. – 236 с.

19. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв / Ф.Х. Хазиев. – М. : Изд-во "Наука", 1976. – 180 с.

20. Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного фітодетриту в природних екосистемах / Ю.М. Чорнобай. – Львів : Вид-во ДПМ НАН України, 2000. – 352 с.

21. Щербина В.Г. Зависимость биомассы лесной подстилки от степени рекреационной уплотненности почвы в субтропических буковых биогеоценозах / В.Г. Щербина // Экология та ноосферология : зб. наук. праць. – 2005. – Т. 16, № 3-4. – С. 145-149.

22. Prędki R. Ocena zniszczeń środowiska przyrodniczego Bieszczadzkiego Parku Narodowego w obrębie pieszych szlaków turystycznych w latach 1995-1999 – porównanie wyników monitoringu / R. Prędko // Roczniki Bieszczadzkie. – 1999. – Vol. 8. – S. 343-352.

23. Prędko R. Przemiany właściwości powietrzno-wodnych gleb w obrębie pieszych szlaków turystycznych Bieszczadzkiego Parku Narodowego / R. Prędko // Roczniki Bieszczadzkie. – 2000. – Vol. 9. – S. 225-236.

Леневиц О.И., Марискевич О.Г. Экологические критерии оценки туристических маршрутов в горном регионе (на примере Национального природного парка "Сколевские Бескиды", Украинские Карпаты)

Рассмотрено влияние рекреационной нагрузки на свойства лесной подстилки и гумусового горизонтов бурых лесных почв в пределах туристического маршрута "Сколе – Парашка" (НПП "Сколевские Бескиды"). Учитывая ширину тропы, запасы лесной подстилки и ее распределение в пределах исследовательских участков, плотность почвы и показатели физико-химических свойств почвы, а также биотической активности почвы, определены основные экологические критерии оценки воздействия туристов на почвенный покров в пределах горного туристического маршрута. По параметрам деградации природных компонентов в горной местности этот маршрут следует отнести к категории "путь под угрозой"

Ключевые слова: лесная подстилка, плотность почвы, биотическая активность почвы, туристический маршрут, НПП "Сколевские Бескиды".

Lenevych O.I., Maryskovich O.G. Ecological Criteria for Evaluation of Hiking Trails in the Mountain Region (for Example NPP "Skolivski Beskydy", the Ukrainian Carpathians)

The influence of recreational load on the properties of the forest litter and humus horizons of brown forest soils within the tourist route "Skole-Parashka" (NPP "Skolivski Beskydy") is considered. Considering the width of the trails, the forest litter reserves and its distribution in the range of research areas, the density of the soil and parameters physical-chemical properties of the soil and soil biotic activity, the basic criteria for environmental impact assessment of the tourists on the soil cover within the mountain tourist route are defined. The degradation of natural components in the highlands having been specified, the route should be classified as "endangered track".

Keywords: forest litter, soil density, soil biotic activity, tourist route, NPP "Skolivski Beskydy".

УДК 574.6(477.63/64)

Проф. М.С. Мальований¹, д-р техн. наук;
проф. В.В. Никифоров², д-р біол. наук;

доц. О.В. Харламова², канд. техн. наук; ст. викл. О.Д. Синельников³

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В АКВАТОРІЯХ ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩ ВНАСЛІДОК НЕКОНТРОЛЬОВАНОГО РОЗВИТКУ ЦІАНОБАКТЕРІЙ

Проаналізовано проблему екологічної небезпеки, яка виникла внаслідок побудови комплексу гідроелектростанцій на Дніпрі, що стало причиною неконтрольованого розвитку ціанобактерій. Розглянуто загрози для навколишнього середовища, спричинені неконтрольованим розвитком ціанобактерій та їх біологічним розкладом. Проаналізовано ефективність застосування відомих методів пригнічення масового розвитку синьо-зелених водоростей. Оцінено вміст біогазу, який може бути синтезований із біомаси ціанобактерій Кременчуцького водосховища. Запропоновано стратегію уникнення екологічної небезпеки від неконтрольованого розвитку ціанобактерій та їх негативного впливу на довкілля.

Ключові слова: екологічна небезпека, ціанобактерії, синьо-зелені водорості, біогаз, біологічний розклад.

Постановка проблеми дослідження. Окрім очікуваного результату – виробництва дешевої електроенергії, побудова комплексу ГЕС на Дніпрі спричинила і загрозливий для екологічної безпеки України результат – значне погіршення екологічного стану Дніпра. Такі негативні для навколишнього природного середовища наслідки зумовлені двома головними причинами:

1. Затоплення водами новостворених водосховищ територій, де були розміщені населені пункти, сільськогосподарські угіддя, тваринницькі ферми, життєвий простір населення.
2. Значне зменшення швидкості течії Дніпра.

Загалом сумарна площа водосховищ ГЕС Дніпровського каскаду становить близько 7000 км², у цих водосховищах знаходиться близько 45 км³ води. Якщо врахувати, що річний стік Дніпра становить близько 50 км³ води, то стає зрозумілим, що об'єм води, який наповнює штучні водосховища Дніпра, близький за значенням до його річного стоку. Завдяки появі штучних водосховищ переріз русла ріки, який визначає швидкість неперервного потоку, став на порядок більшим, тому у водосховищах (зокрема у Кременчуцькому, яке є найбільшим) швидкість руху води настільки мала, що її можна вважати стоячою. Виходячи із цього, справедливим буде приймати сучасний стан Дніпра у середньому та нижньому руслах не як ріку, а як каскад проточних ставів великої площі акваторії та об'єму.

Зважаючи на наведену вище інформацію, найбільш методологічно правильним буде прийняття лімнологічного підходу для дослідження Дніпровської екосистеми. Величезні площі сільськогосподарських угідь, які знаходяться під водами новостворених водосховищ, спричинили насичення річкових вод органічними сполуками. Вміст цих сполук безперервно поповнюється із потраплян-

¹ НУ "Львівська політехніка";

² Кременчуцький НУ ім. Михайла Остроградського;

³ Вище професійне училище Львівського ДУ безпеки життєдіяльності

ням у Дніпро величезних мас муніципальних і промислових стоків, забруднених дощових стоків і талих снігових вод. Прибережні зони, на відміну від плавневих заростей Дніпра, в прадавні часи включені в інтенсивні рільничі технології, завдяки чому поверхневі води (які пізніше потрапляють в Дніпро) насичуються мінеральними та органічними добривами. Такі радикальні зміни (значне зменшення течії Дніпра у великих водосховищах аж до практично стоячого стану та збагачення органічними забрудненнями) у підсумку привели і до радикальної зміни біоти ріки. Результатом створення нових взаємозв'язків у новій біоті та створення нової біотичної ієрархії та став бурхливий неконтрольований розвиток синьо-зелених водоростей (ціанобактерій), які заповнили новостворені водосховища Дніпра [1, 2].

Залежно від гідродинамічних умов, форми берегової лінії, сили та напрямку вітру синьо-зелені водорості в різний час концентруються в різних частинах Дніпровських водосховищ. Цей факт і спричинив втрату Дніпром здатності до самоочищення, що зумовило прогресуючий неконтрольований розвиток синьо-зелених водоростей (рис. 1).



Рис. 1. Скупчення синьо-зелених водоростей біля Кременчуцької ГЕС

Характер біологічного циклу життя та смерті синьо-зелених водоростей спричиняє їх домінуючу роль в екосистемі Дніпра. Оскільки синьо-зелені водорості не потребують зв'язку із ґрунтовим середовищем, на чисельність їхньої популяції не впливає глибина водосховища. Тому під впливом вітру синьо-зелені водорості (рис. 2) мігрують всією акваторією водосховища, що створює умови для їх прогресуючого розмноження. Питома густина ціанобактерій дещо менша від густини води, тому навіть після сильного шторму вони за незначний час спливають на поверхню та інтенсивно розвиваються, споживаючи сонячну енергію. Досить швидко утворюється щільний поверхневий шар із синьо-зеле-

них водоростей, який зменшує коефіцієнт відбивання сонячного проміння. Це, своєю чергою, спричиняє додаткове прогрівання поверхневого шару (де скупчені ціанобактерії), а отже, і прискорення розвитку водоростей – процес стає автоталітичним. Сприяє неконтрольованому розвитку ціанобактерій і відсутність біологічних видів, для яких вони були б кормом.

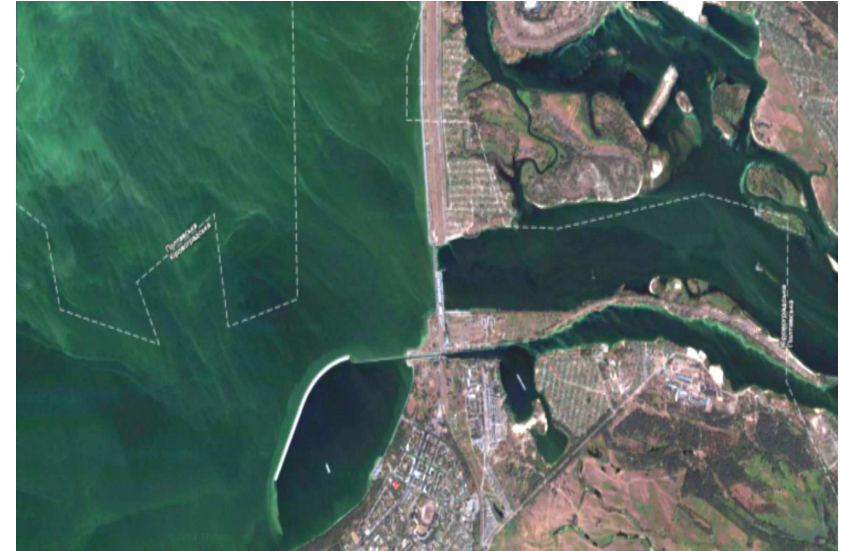


Рис. 2. Космічна світлина переміщення ціанобактерій Кременчуцьким водосховищем вітром

Наслідками неконтрольованого розвитку ціанобактерій у штучних водоймах Дніпра є перетворення води ріки в період розкладання синьо-зелених водоростей (з другої половини липня до кінця вересня) у брудну рідину із сильним неприємним запахом. Це робить неможливим очищення річкової води до вимог стандартів на питну воду на станціях первинного очищення водозаборів прибережних міст. Повітря атмосфери наповнюється нудотним запахом гниття, що спричиняє численні захворювання дихальних шляхів. Збіднення у процесі гниття ціанобактерій води Дніпра киснем спричиняє задуху цінних порід риб (судак, лящ, жерех, чехоня та ін.), завдаючи значної шкоди рибному господарству держави. Свідченням задухи є масове спливання загиблої риби на поверхню та її розкладання, що створює додаткову екологічну загрозу екосистемі. Катастрофічне зменшення вмісту кисню у воді підтверджується також результатами аналізів складу повітря над акваторією Рибінського водосховища у період його цвітіння. Серед компонент авторів [3] виявили метан, який утворюється у процесі анаеробного бродіння. Отже, під час розкладання синьо-зелених водоростей зменшення концентрації кисню в річковій воді настільки значне, що у поверхневому шарі створюються умови для їх безкисневої ферментації.

Внаслідок коливань рівня води у штучних водосховищах досить часто проходить затоплення широких прибережних смуг Дніпра, на затоплені аквато-

рії (плавні, озера, рукави та стариці Дніпра) потрапляють ціанобактерії. Результат – замулення і практично повна загибель відомих піщаних Дніпровських пляжів – гордості та окраси Дніпра, відомих рекреаційних зон. Неприємний нудотний запах водоростей, які розкладаються, значно зменшив популярність та масовість водного туризму, а сама акваторія ріки у літню пору перетворюється на джерело небезпечного мікробіологічного забруднення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Варто звернути увагу на позитивний досвід відновлення озерних вод Канади [4] – істотне зниження евтрофності Великих озер (оз. Ері – 25,8 тис. км², 458 км³; оз. Онтаріо – 190 тис. км², 1638 км³), що виникла в 1960-1970 рр. у зв'язку зі зростанням населення і спричиненого цим забруднення водойм речовинами, живильними для розвитку небажаної флори, зокрема ціанобактерій. За чотири десятиліття (1930-1970 рр.) стрімко зростало забруднення Великих озер, що призвело до утворення в них зон, бідних на кисень. Зазначимо дві важливі обставини: величезні об'єми відновленої, хоч би частково, якості питної води; об'єктом відновлення були трансформовані антропогенним забрудненням водойми природного походження, тобто водойми, що мають досить потужні механізми самоочищення; ефект оздоровлення басейнів Великих озер був досягнутий завдяки блокуванню джерел їх забруднення, зокрема вилученню фосфору зі складу широко вживаних населенням мийних засобів.

За результатами наших спостережень та аналізу можна констатувати, що каскад Дніпровських водосховищ істотно відрізняється як від озер Канади, так і від потужних штучних станцій очищення стічних вод, а отже, не існує можливості безпосередньо скористатися досвідом відновлення якості води, накопиченого в цих проектах [1, 5].

Постановка завдання. Мета дослідження – встановлення ступеня екологічної небезпеки від неконтрольованого розвитку ціанобактерій, встановлення міри їх негативного впливу на навколишнє середовище та оцінювання перспектив використання зібраних ціанобактерій для виробництва енергоносіїв.

Виклад основного матеріалу. Для пригнічення масового розвитку синьо-зелених водоростей на особливу увагу заслуговують механічні, фізико-хімічні, екологічні та біологічні методи (рис. 3).

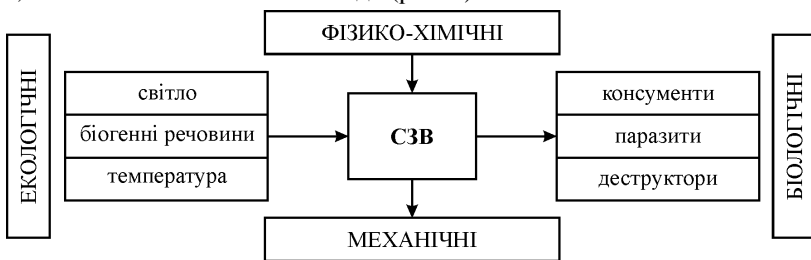


Рис. 3. Методи пригнічення масового розвитку синьо-зелених водоростей

До найбільш дієвих фізико-хімічних методів потрібно віднести аерацію води та застосування альгіцидів. Але застосування цих методів хоча й призводить до різкого зниження чисельності ціанобактерій, але вони мають й істотні

недоліки. Аерація великих об'ємів води повітрям економічно не вигідне (65-90 коп./м³), а використання альгіцидів можливе тільки у водоймах, не призначених для господарсько-питного або рибогосподарського застосування, а також у системах зворотного водопостачання. Перспективним є збір ціанобактерій із подальшою їх утилізацією (виробництвом біогазу, ліпідів, добрив). Серед наявних технологій перероблення ціанобактерій можна виділити варіант побудови біостанції з отримання біогазу, добрива та інших цінних для промисловості і сільського господарства продуктів.

В основу способу отримання біогазу покладено метод очищення поверхневих вод від синьо-зелених водоростей внаслідок збирання та використання її концентрованої біомаси як субстрату для отримання біогазу шляхом біотехнології метанового "бродіння" та забезпечення належного рівня якості води в каскаді водосховищ за умови економії енергоресурсів. Вихід біогазової суміші за температури +28°C за добу становив 200 мл із 1 дм³ субстрату. Аналіз спектра полум'я біогазу дав змогу зробити висновок про значне переважання відсоткової частки метану в досліджуваній суміші газів [6]. Економічна та екологічна ефективність використання ціанобактерій для отримання біогазу (на прикладі Кременчуцького водосховища з площею водного дзеркала 2250 км²) оцінюють так: за умови збирання сестону об'ємом до 50 кг/м³ [1] з об'єму 828 млн м³ води мілководдя його біомаса становитиме 4,14·10⁷ т за вегетаційний період. Піддавши цю біомасу ферментації у процесі метанового "бродіння", можна отримати до 30 млн м³ біогазу (18,8 млн м³ метану), що еквівалентно 20 тис. т нафти або 17 тис. т дизельного палива.

Дослідження [8] свідчить, що перспективним є виробництво із зібраних водоростей біодизелю та біогазу. Вміст ліпідів у зібраній культурі синьо-зелених водоростей є незначним (1,27%), і тому методом екстрагування можна вилучити лише незначну частину енергії, що міститься в біомасі. Вплив кавітаційного поля (гідродинамічної кавітації) внаслідок руйнування клітинних стінок ціанобактерій і збільшення поверхні масопередачі дає змогу значно підвищити ефективність екстрагування ліпідів та об'єм добутого біогазу.

На основі аналізу даних досліджень [8] розроблено стратегію уникнення екологічної небезпеки від неконтрольованого розвитку ціанобактерій та їх негативного впливу на довкілля, яка вхоплює послідовну реалізацію таких стадій: збір ціанобактерій та транспортування їх до біостанцій ⇒ оброблення біомаси в полі гідродинамічної кавітації ⇒ концентрування біомаси ⇒ екстрагування із біомаси ліпідів ⇒ біорозклад біомаси із отриманням біогазу ⇒ використання відпрацьованої біомаси як біодобрива.

Висновки. На основі проведеного аналізу джерел екологічної небезпеки в акваторіях Дніпровських водосховищ Кременчуцького територіально-виробничого комплексу встановлено, що одним із визначальних її чинників є неконтрольований розвиток синьо-зелених водоростей та їх негативний вплив на довкілля. Науково обґрунтовано доцільність отримання біогазу із біомаси синьо-зелених водоростей. Встановлено ефективність попереднього оброблення біомаси

ціанобактерій у полі гідродинамічної кавітації для збільшення повноти розкладу біомаси.

Література

1. Приймаченко А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ / А.Д. Приймаченко. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1981. – 278 с.
2. Сиренко Л.А. Растительность и бактериальное население Днепра и днепровских водохранилищ / Л.А. Сиренко, И.А. Корелява, Л.Е. Михайленко и др. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1989. – 231 с.
3. Дзюбан А.Н. Сезонная динамика микробиологического цикла метана в воде прибрежных мелководий Рыбинского водохранилища / А.Н. Дзюбан // Гидробиологический журнал : сб. науч. тр. – 2006. – Т. 42, № 6. – С. 47-51.
4. Валлентайн Дж. Восстановление озерных вод Канады / Дж. Валлентайн // Наука и человечество : науч.-техн. журнал. – 1978. – С. 123-134.
5. Никифоров В.В. О методах подавления массового развития синезелёных водорослей / В.В. Никифоров // Вісник проблем біології та медицини : зб. наук. праць. – 2002. – Вип. 4. – С. 27-31.
6. МакКинерни М. Основные принципы анаэробной ферментации с образованием метана / М. МакКинерни, М. Брайтонт // Биомасса как источник энергии : сб. науч. тр. – М. : Изд-во "Мир", 1985. – С. 246-265.
7. Никифоров В.В. О природоохранных и энергосберегающих перспективах использования синезелёных водорослей / В.В. Никифоров // Промышленная ботаника : сб. науч. тр. – 2010. – Вып. 10. – С. 193-196.
8. Мальований М.С. Оптимальні умови отримання енергії із ціанобактерій / М.С. Мальований, О.Д. Синельников, О.В. Харламова, А.М. Мальований // Хімічна промисловість України : наук.-виробн. журнал. – 2014. – № 5. – С. 39-43.

Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова Е.В., Синельников А.Д.

Оценка экологической опасности в акваториях Днепровских водохранилищ вследствие неконтролируемого развития цианобактерий

Проведен анализ проблемы экологической опасности, которая возникла в результате построения комплекса гидроэлектростанций на Днепре, что стало причиной неконтролируемого развития цианобактерий. Рассмотрены угрозы для окружающей среды, вызванные неконтролируемым развитием цианобактерий и их биологическим разложением. Проведен анализ эффективности применения известных методов угнетения массового развития сине-зеленых водорослей. Сделана оценка содержания биогаса, который может быть синтезирован с биомассы цианобактерий Кременчугского водохранилища. Предложена стратегия избежания экологической опасности от неконтролируемого развития цианобактерий и их отрицательного влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: экологическая опасность, цианобактерии, сине-зеленые водоросли, биогас, биологическое разложение.

Malovanyu M.S., Nikiforov V.V., Kharlamova O.V., Sinelnikov A.D. Assessment of Ecological Hazard in the Waters of the Dnieper Reservoirs due to Uncontrolled Development of Cyanobacteria

The ecological hazard that has emerged as a result of the construction of hydropower plants on Dnieper, which became the cause of uncontrolled development of cyanobacteria, is analysed. The environmental risks that are caused by the uncontrolled development of cyanobacteria and their biodegradability were studied. The efficiency of application of the known methods of suppression of mass development of the blue-green algae was analyzed. The amount of biogas that can be synthesized from biomass of cyanobacteria of Kremenchug reservoir was estimated. The strategy of avoiding the ecological disaster from the uncontrolled development of cyanobacteria and its negative impact on the environment was suggested.

Keywords: ecological hazard, cyanobacteria, blue-green algae, biogas, biodegrading.

УДК 630*2(477.43/44)

Аспір. М.В. Матусяк¹ – Вінницький НАУ

ФІТОІНДИКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ОСНОВНИХ ТИПІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ПОДІЛЛЯ

Досліджено особливості біотичного різноманіття, зокрема трав'яного покриву у штучно створених насадженнях Поділля. Встановлено видовий склад трав'яного покриву та його поширення. Досліджено особливості впливу породного складу деревостану на мікрокліматичні та ґрунтово-гідрологічні умови. За типами розвитку трав'яного проективного покриву та формуванням мікрокліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов виділено дві групи фітоасоціацій. Зокрема, до I групи увійшли такі асоціації: грабова, грабово-березова, ясенєво-модринова. До II групи віднесено асоціації дуба звичайного, дуба червоного, сосни звичайної. Зокрема, в асоціації дуба звичайного, дуба червоного та сосни звичайної відзначено тенденції до зростання кислотності та дещо вищої забезпеченості азотом. Визначено основні напрямки покращення породної структури та стану лісових насаджень в умовах Поділля.

Ключові слова: лісові насадження, фітоіндикація, екологічні фактори, породний склад, лісові екосистеми.

Вступ. Екологічні фактори є важливим компонентом існування лісових екосистем. Основними із них є абіотичні, зокрема кліматичні та ґрунтово-гідрологічні фактори впливу [4]. На основі фітоіндикації екологічних факторів базується сучасна лісова типологія [2-4]. Поряд із цим індикатори типів лісорослинних умов відображають також особливості мікроклімату, кислотності, сольового режиму ґрунту, вмісту поживних елементів та інших характеристик. Системний підхід до фітоіндикації дає змогу оцінювати не тільки статистичні властивості лісових екосистем, але й їх динаміку [5]. Особливості зміни мікрокліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов є надзвичайно важливими у процесі формування породного складу деревостанів. Це дає змогу ідентифікувати зміни середовища на всіх етапах розвитку та зміни його породної структури.

Мета роботи – дослідити біотичне різноманіття та динаміку мікрокліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов середовища в умовах зміни породного складу лісових екосистем.

Об'єкти досліджень – лісові фітоценози різного породного складу в умовах Ботанічного саду "Поділля" Вінницького національного аграрного університету, їх видовий склад, мікрокліматичні, ґрунтово-гідрологічні умови.

Методика досліджень. Дослідження проведено у лісових екосистемах різного породного складу однієї вікової групи. У лісових насадженнях закладено типові стаціонарні пробні площі, згідно зі загально прийнятою у лісовій таксації методикою [1]. Розраховано таксаційні показники. Трав'яний покрив визначено на тимчасово закладених ділянках. На ділянках визначено видове різноманіття та проективне вкриття. Формування мікрокліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов визначено за допомогою фітоіндикаційної шкали Циганова. У фітоіндикаційній екологічній таблиці [5] наведено екоморфи 2129 видів судинних рослин, які виражені через амплітуди толерантності відносно до режимів 10 чинників: терморезиму клімату (Tm), континентальності клімату (Kn), вологості клімату (Om), морозності клімату (Ct), зволоженні ґрунту (Hd), узагальне-

¹ Наук. керівник: проф. А.О. Бондар, д-р с.-г. наук