

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

МАЛЬЦЕВ ЄВГЕН ІВАНОВИЧ



УДК 502.211:[582.279:631.872](212.6)(477.7)(043.3)

**ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АЛЬГОУГРУПОВАНЬ
ПІДСТИЛКИ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ
СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

03.00.16 – екологія

Автореферат
дисертації на здобуття
наукового ступеня кандидата біологічних наук

Дніпропетровськ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі екології та зоології Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Мацюра Олександр Володимирович,
Мелітопольський державний педагогічний
університет імені Богдана Хмельницького,
кафедра екології та зоології, завідувач

Офіційні опоненти – доктор біологічних наук, професор,
Царенко Петро Михайлович,
Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України,
відділ фікології, завідувач

доктор біологічних наук, професор,
Никифоров Володимир Валентинович,
Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського, перший проректор

Захист відбудеться «21» жовтня 2015 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук у Дніпропетровському національному університеті імені Олеся Гончара за адресою: 49010, МСП, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72, корпус 17, факультет екології, біології та медицини, ауд. 611.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72.

Автореферат розісланий «16» вересня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук, доцент



А. О. Дубина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Лісові біогеоценози України є цінним природним ресурсом, який потребує охорони, раціонального використання та всебічного дослідження. Значну роль у функціонуванні лісових біогеоценозів відіграє лісова підстилка (Зонн, 1954, 1995; Травлєєв, 1961; Сукачев, 1964; Карпачевский, 1977, 1983; Царик, 1977; Парпан, 1977; Чернобай, 1978, 2000; Дубина, 1987, 1997; Verb, 2001; Дідух, Гаврилов, 2007; de Groot, 2009; Цветкова та ін., 2011; Kitikidou, 2012; Чернявська, 2014 та ін.). Саме через підстилку й організми які її населяють проходить один із головних шляхів біогеоценотичного регулювання кругообігу речовин, що має вирішальне значення як для продуктивності лісової екосистеми, так і для еволюції ґрунтів. Найважливіші функції підстилок поєднуються у три блоки: біогеохімічні, інтегральні та системотвірні (Карпачевский, 1977; Богатырев, 1996). У складі останніх представлений біоценоз підстилки, сформований, передусім, різноманітними за таксономічною приналежністю видами, що здійснюють трансформацію органічних залишків, і дослідженню яких присвячено багато праць (Стриганова, 1980; Жуков, 2004; Звягинцев и др., 2005; Кулік, 2011; Szanser, 2011 та ін.). Проте лісова підстилка населена і водоростями, здатними до окисного фотосинтезу, а деякі й – до азотфіксації (Штина, Ройзин, 1966; Журавлев, 1984; Алексахина, Штина, 1984; Віннікова, 2002; Чорневич, Нікорич, 2008). Інформація про водорості підстилок лісових екосистем фрагментарна і неповна. Разом із тим, відомості щодо особливостей угруповань водоростей є важливими для з'ясування питань біологічної активності лісових підстилок, формування та функціонування біоценозів підстилки, а також для біодіагностики властивостей підстилки та змін їх внаслідок антропогенного впливу. Особливої актуальності ці питання набувають для лісів степової зони, які зростають в умовах географічної невідповідності, знаходяться під тиском процесів остепніння і потребують постійного моніторингу та оцінки стану.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності з науково-дослідними темами: «Оцінка стану природних та штучних екосистем північно-західного Приазов'я» (№ ДР 0113U002248), «Фіторізноманіття природних та антропогенних ландшафтів півдня України. Охорона, оптимізація і раціональне використання» (№ ДР 0107U012780) Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького.

Мета та завдання дослідження. Мета роботи – встановити екологічні особливості та специфіку альгоугруповань лісових підстилок природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони України та їхні біоіндикаційні ознаки.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Визначити структурно-функціональну організацію альгоугруповань підстилок природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони.
2. Встановити сезонну динаміку альгоугруповань підстилок лісових біогеоценозів.
3. Провести порівняльний аналіз альгоугруповань лісових підстилок хвойних і листяних порід.

4. Виділити особливості альгоугруповань лісових підстилок порівняно із іншими біогеогоризонтами лісового біогеоценозу.

5. Простежити зміни альгоугруповань лісових підстилок при рекреаційному навантаженні.

6. Проаналізувати зв'язок водоростей із мікроорганізмами різних еколого-трофічних груп та ферментативною активністю лісових підстилок.

7. Оцінити можливості використання водоростей лісової підстилки для біоіндикаційних досліджень.

Об'єкт дослідження. Угруповання водоростей підстилки лісових біогеоценозів степової зони України.

Предмет дослідження. Вплив екологічних факторів на структурно-функціональну організацію угруповань водоростей лісової підстилки.

Методи дослідження. Для збору інформації про склад водоростей та стан лісової підстилки використовували ґрунтово-альгологічні, молекулярно-генетичні, еколого-флористичні, геоботанічні, мікробіологічні методи, а також методи морфологічного, хімічного та біохімічного аналізу підстилки. Опрацювання фактичного матеріалу здійснювали шляхом узагальнень, аналітично-діагностичних, статистичних та біоінформаційних підходів.

Наукова новизна одержаних результатів:

Вперше:

- проведено комплексне системне вивчення альгоугруповань хвойних і листяних підстилок природних і штучних лісових біогеоценозів у степовій зоні України;

- сформовано цілісне уявлення про різноманіття водоростей лісових підстилок;

- встановлена відмінність альгоугруповань підстилки від угруповань водоростей аерофітону та безпосередньо ґрунтових горизонтів;

- виявлені закономірності розподілу водоростей за підгоризонтами хвойної та листяної підстилки;

- характеризовано зв'язки структурно-динамічних показників водоростевих угруповань із різними еколого-трофічними групами мікроорганізмів підстилки та її ферментативною активністю;

- проведена оцінка зв'язку альгоугруповань лісової підстилки із типологічними особливостями природних і штучних лісів, фізико-хімічними властивостями підстилок та виділені біоіндикаційні ознаки альгоугруповань.

Уточнені дані щодо впливу рекреації на склад і структуру угруповань водоростей підстилки.

Складено анотований список водоростей підстилки, кори та ґрунту хвойних і листяних лісових біогеоценозів степової зони України, що нараховує 124 таксони.

Доповнено відомості щодо діапазону рН місцезростань відмічених таксонів водоростей.

Практичне значення роботи. Результати досліджень доповнюють існуючі дані про видовий склад водоростей лісових біогеоценозів у степовій зоні України. Матеріали щодо змін лісової підстилки та її водоростевого населення можуть бути використані для експрес-оцінки деструктивних процесів у різних насадженнях міських парків і плануванні заходів їх оптимізації. Отримані данні впроваджені в

навчальний процес при читанні курсів «Екологія рослин і тварин», «Лісознавство», «Основи біоценології», «Екологія» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького, Херсонському державному університеті, Уманському державному педагогічному університеті імені Павла Тичини. Під час роботи над дисертацією створена колекція штамів водоростей, яка зберігається в лабораторії альгоекологічних досліджень наземних і водних екосистем кафедри ботаніки і садово-паркового господарства МДПУ імені Богдана Хмельницького і використовуються студентами при виконанні курсових та дипломних робіт. Визначені нуклеотидні послідовності п'яти штамів водоростей будуть депоновані у міжнародні бази даних.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є оригінальним дослідженням, виконаним особисто здобувачем. Автором проведені експедиційні виїзди, зібрано і опрацьовано весь матеріал, здійснено аналіз, узагальнення та інтерпретація одержаних результатів, сформульовано висновки. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, в дисертації використані лише ті ідеї та положення, які є результатом особистої праці здобувача. Права співавторів публікацій при написанні дисертації та автореферату не порушено.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на міжнародних конференціях: «Сучасні проблеми біології, екології та хімії» (Запоріжжя, 2012 р.), «Актуальные проблемы современной альгологии» (Київ, 2012 р.), «Актуальные проблемы ботаники и экологии» (Ужгород, 2012 р.), «Соціально-екологічні проблеми розвитку Азово-Чорноморського регіону» (Мелітополь, 2012 р.), «Біорізноманіття. Екологія. Адаптація. Еволюція» (Одеса, 2013 р.), «Актуальні проблеми дослідження довкілля» (Суми, 2013 р.), «Моніторинг і оцінка стану рослинного світу» (Мінськ, 2013 р.), «Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения» (Вітебськ, 2013 р.), «Проблемы развития биотехнологий», (Єкатеринбург, 2013 р.), «Молодь і поступ біології» (Львів, 2014 р.); «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге», (Борок, 2014 г.), а також на Міжнародній дистанційній конференції-конкурсі наукових робіт студентів, магістрантів і аспірантів ім. Лілії Хайбулліної «Сучасні аспекти вивчення екології рослин» (Уфа, 2013 р.).

Публікації. За дисертаційними матеріалами опубліковано 19 робіт, у тому числі 7 статей (у фахових виданнях України, які входять до переліку МОН України, – 2; у фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, – 3 (Ґрунтознавство, Чорноморський ботанічний журнал); у наукових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, – 1 (Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького); в іноземних виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних «Scopus» – 1 (International Journal on Algae) та 12 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел (291, з них 86 іноземною мовою) та 2 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 312 сторінок, основний зміст викладено на 160 сторінках. Робота містить 45 таблиць і 24 рисунки.

Подяка. Дисертант глибоко вдячний за цінні поради і консультації д.б.н., професору, член-кореспонденту НАН України А.П. Травлеєву, д.б.н., проф.

П.М. Царенко, д.б.н. О.М. Виноградовій. Щира подяка к.с-г.н. С.В. Дідович за консультацію і допомогу при вивченні мікробіологічної та ферментативної активності підстилки, д.б.н. А.М. Андрєєвій, к.б.н. М.С. Куліковському, к.б.н. М.М. Власюк – за консультації і допомогу при здійсненні молекулярно-філогенетичних досліджень, к.б.н. О.М. Патовій, к.б.н. Д.А. Давидову – за консультації при визначенні видів водоростей.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ВОДОРСТІ ЛІСОВИХ ПІДСТИЛОК (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі проаналізовані літературні дані, присвячені вивченню лісових підстилок та їх водоростевого населення. Аналізуються основні функції та параметри лісової підстилки. Зазначається, що лісова підстилка як біогеоценотичне утворення відіграє важливу роль у протіканні енергетичних процесів біологічного кругообігу у лісових біогеоценозах (Зонн, 1954, 1995; Травлєєв, 1961; Сукачев, 1972; Дубина, 1973, 1977; 1985; Зонн, Урушадзе, 1974; Карпачевський, 1977; Сапожников, 1977; Царик, 1977; Парпан, 1977; Чорнобай, 1978, 2000; Богатырев, 1989, 1996; Дідух, Гаврилов, 2007; Цветкова та ін., 2011; Рожак, Козловський, 2013; Чернявська, 2014 та ін.). Лісова підстилка характеризується своїми особливими фізико-хімічними рисами, складом мікроорганізмів. Зазвичай, основний акцент при вивченні підстилки робиться на організмах, які забезпечують деструкцію рослинних залишків (Стриганова, 1980; Цветкова, Бригадиренко, 2003; Жуков, 2004; Колосова, 2004; Звягинцев и др., 2005; Комаров, 2009; Кулік, 2011; Рахлєєва и др., 2011 та ін.). Дослідження фотосинтезуючих представників біоценозу підстилки – водоростей мають епізодичний характер (Штина, Ройзин, 1966; Алексахина, Штина, 1984; Журавлев, 1984; Черевко, 1996; Віннікова, 2002, 2003; Віннікова, Шеховцов, 2003, 2004; Мальцева, 2009; Чорневич, Нікорич, 2008). Здебільшого це пов'язано із особливостями методики відбору зразків для альгологічних досліджень у лісових екосистемах, обмежених верхнім шаром ґрунту. Враховуючи, що водорості є не тільки обов'язковою складовою комплексу організмів які населяють підстилку, але й можуть бути використані для біоіндикаційних досліджень (Штина, Голлербах, 1976, 1980; Кабиров, 1995 та ін.), важливість їх комплексного вивчення зростає. Дослідження у цьому напрямі дозволять отримати більш повне і цілісне уявлення про склад і функціонування біоценозу лісової підстилки у цілому.

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У даному розділі на основі літературних джерел наведені відомості щодо кліматичних та геоморфологічних умов регіону. Розглянуто особливості ґрунтового та рослинного покриву.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В основу роботи покладено матеріали, зібрані протягом 2010–2014 рр. на стаціонарних пробних площах у лісових екосистемах природного і штучного походження розташованих в адміністративних межах Запорізької і Дніпропетровської областей. Всього було відібрано 231 об'єднану пробу лісової підстилки, а також ґрунту і деревної кори. Лісова підстилка збиралася по підгоризонтах на відстані 1–1,5 м від стовбура дерева (Вишенська та ін., 2010): A0¹ (L) – свіжий опад, A0² (F) – опад, який вже зазнав руйнування, але окремі компоненти зберегли первинну структуру; A0³ – сильно розкладений опад. Кора

дерев відбиралась на висоті 1,3 м, ґрунт (А1) – до глибини 5 см. Об'єднані проби склалися із 5 індивідуальних зразків лісової підстилки площею 400 см² кожний та 50 см² у випадку зразків кори та ґрунту.

Підстилку відбирали під дубовими, сосновими та білоакацієвими деревостанами в різних місцезростаннях (заплава, надзаплавні тераси та плакор) Самарського, Старо-Бердянського та Алтагирського лісів. Також пробні площі розміщувалися у насадженнях із різним ступенем рекреаційної дигресії парків-пам'яток садово-паркового мистецтва м. Мелітополя: лісопарку «Лісопитомник» та Центральному парку культури та відпочинку ім. Горького (далі парк ім. Горького).

Підстилка характеризувалася за морфологічними (структура, склад, потужність) і хімічними показниками (рН, зольність) (Травлєєв, 1961; Дубина, 1987). Для деяких зразків підстилки визначали чисельність аминотрофів на КАА, амоніфікаторів на МПА, оліготрофів на ГА, целюлозоруйнівних мікроорганізмів на середовищі Гетчінсона, фосфатмобілізаторів на середовищі Муромцева, азотфіксаторів на середовищі Виноградського, мікроміцетів на середовищі Чапека та актиноміцетів на КАА (Волкогон та ін., 2010; Возняковская, 1982); активність каталаз, пероксидаз, поліфенолоксидаз, фосфатаз, інвертаз та інтенсивність виділення діоксиду вуглецю за допомогою біохімічних, фізико-хімічних та агрохімічних методик (Возняковская, 1987; Грицаєнко та ін., 2003) на базі відділу мікробіології Інституту сільського господарства Криму НААН.

Дослідження видового складу водоростей виконано в лабораторії альгоекотологічних досліджень наземних і водних екосистем кафедри ботаніки і садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького за допомогою культур із скельцями обростання, накопичувальних на агаризованих і рідких поживних середовищах та чистих культур (Кузяхметов, Дубовик, 2001, Костіков та ін., 2001). Використовували середовище Болда з нормальною та потроєною кількістю азоту, Громова та Дрю (Гайсіна и др., 2008). Визначення водоростей проводили на оптичному мікроскопі «XSP-128B» при збільшенні $\times 1000$ і застосуванні масляної імерсії. Уточнення таксономічного статусу окремих представників (4 штами *Nostoc*- та 1 штама *Chlamydomonas*-подібних водоростей) проводили молекулярно-генетичними методами дослідження кодуючих 16S, 5,8S рРНК та некодуючих ITS2 ділянок ДНК із використанням полімеразно-ланцюгової реакції (ПЛР) (Лукашев, 2009; Темралєєва та ін., 2014) реалізованими на базі лабораторії систематики і географії водних рослин Інституту біології внутрішніх вод ім. І.Д. Папаніна. Геномну ДНК виділяли використовуючи набір реагентів NucleoSpin® Plant II Mini kit (Macherey-Nagel, Німеччина). Продукти ПЛР очищували за допомогою набору BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit. Вирівнювання послідовностей, отриманих на секвенаторі ABI PRISM 3500, здійснювали у програмі CLUSTAL_W (Thompson et al., 1997). Для побудови філогенетичних дерев застосовували метод максимальної правдоподібності (Maximum Likelihood – ML) на основі програми MEGA v.6.06 та еволюційну модель K2 (G+I). Статистичну підтримку філогенетичного дерева здійснювали методом бутстепа (1000 бутстреп-реплік). Для створення моделей вторинної структури ITS2 використовували сервер The ITS2 Database

(<http://its2.bioapps.biozentrum.uni-wuerzburg.de>), візуалізацію вторинної будови ITS2 проводили в програмі PseudoViewer Web Application (<http://pseudoviewer.inha.ac.kr>).

Чисельність водоростей встановлювали методом прямого рахунку (Голлербах, Штина, 1969). Морфотипи водоростей визначали за класифікацією Ж. Ф. Пивоварової (Пивоварова, Факторович, 2001) із змінами.

Статистичний аналіз експериментальних даних проводили загальноприйнятими методами (Зайцев, 1984; Шмидт, 1984). Міру схожості флористичних списків визначали за коефіцієнтами Жаккара, Сьоренсена (Шмидт, 1984), встановлення коефіцієнтів кореляції, кластерний аналіз та ін. процедури статистичного аналізу здійснювали у програмі Statistica v6.0.

Таксономічна структура синьозелених водоростей (ціанопрокаріот) надана відповідно до робіт І. Комарека й К. Анагностідіса (Komárek, Anagnostidis, 1999, 2005; Komárek, 2013) із врахуванням зведення флори водоростей України (Tsarenko et al., 2006), робіт О.В. Коваленко (2009), О.М. Виноградової (2011, 2012). Система еукаріотичних водоростей подана згідно «Algae of Ukraine» (Tsarenko et al., 2006; 2009; 2011; 2014). Додатково аналізувалися електронні бази даних (<http://www.cyanodb.cz>; <http://www.algaebase.org>; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) та інформація щодо таксономії окремих груп водоростей, в тому числі, отримана методами молекулярно-філогенетичних досліджень (Baldisserotto et al., 2012; Fulnečková et al., 2012; Lee, Hur, 2012; Matsuzaki et al., 2012; Hoshina, 2014; Holzinger et al., 2014; Lemieux et al., 2014; Fučíková et al., 2014 та ін.).

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАНЬ ВОДОРОСТЕЙ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ

У розділі розглянуті особливості альгоугруповань підстилок різних лісових біогеоценозів Самарського, Старо-Бердянського та Алтагирського лісів.

Загалом у лісовій підстилці різних лісових екосистем ідентифіковано 119 видів водоростей із 6 відділів: *Cyanoprokaryota* – 17 (14,3 %), *Eustigmatophyta* – 3 (2,5 %), *Xanthophyta* – 21 (17,7 %), *Bacillariophyta* – 7 (5,9 %) і *Chlorophyta* – 68 (57,1 %), *Charophyta* – 3 (2,5 %). У склад провідних увійшли: *Chlorococcaceae* (16 видів), *Chlamydomonadaceae* (12), *Pleurochloridaceae* (11), *Trebouxiaceae* (9), *Nostocaceae* (6), *Pseudanabaenaceae* (5), *Phormidiaceae* (5), *Choricystidaceae* (4), *Gloeobotrydaceae* (4), *Prasiolaceae* (4).

Для уточнення видової приналежності ряду штамів водоростей, виділених із лісової підстилки, були проведені молекулярно-генетичні дослідження. При порівнянні нуклеотидних послідовностей ділянки гену 16S РНК довжиною 605-620 пн., виявилось, що штами, віднесені за морфологічними ознаками до роду *Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault, не ідентичні і мають різну подібність із послідовностями представленими у NCBI. Враховуючи морфологічні ознаки та результати аналізу 16S РНК штам MZ 1 був визначений як *Nostoc* cf. *commune* (мав схожість 98 % із послідовністю 16S РНК штаму *Nostoc commune* НК-02 (AB694927)); штам MZ 93.1 – як *Nostoc punctiforme* (подібність 99 % із штамом *Nostoc punctiforme* SAG 71.79 (KM019939)), штам MZ 148.1 – як *Nostoc calcicola* (схожість 100 % із штамом *Nostoc calcicola* VI (AJ630448)), штам MZ 99 – як

Desmonostoc muscorum (подібність 99 % із штамом *Desmonostoc muscorum* SAG 57.79 (KM019934)).

Аналіз послідовності нуклеотидів 5,8S та ITS2 штаму *Chlamydomonas* sp. 6 MZ 148.2 показав максимальну подібність (77 %) із *Chlamydomonas reinhardtii* SAG 54.72 (AJ749624) із бази даних NCBI. Особливості вторинної будови базальної частини другої шпильки ITS2, виявлені морфологічні особливості клітин у різному віці підтвердили належність штаму до класу *Reinhardtinia* (Nakada et al., 2008).

Альгоугруповання лісових підстилок насаджень відрізняються (рис. 1).

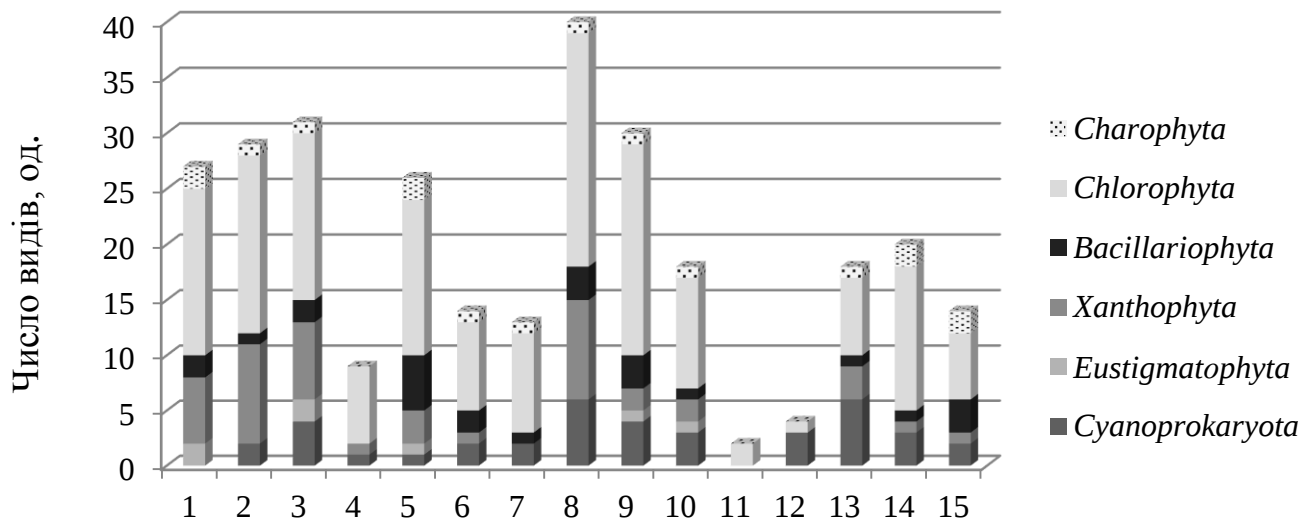


Рис. 1. Розподіл видового складу водоростей у лісовій підстилці різних природних і штучних лісових біогеоценозів за відділами. По горизонталі – номери пробних площ.

Самарський ліс: 1 – сосновий бор (друга надзаплавна тераса); 2 – діброва (притерасна заплава); 3 – діброва (центральна заплава); 4 – білоакацієве насадження (плакор); **Старо-Бердянський ліс,** насадження: 5 – соснове (друга надзаплавна тераса); 6 – дубове (заплава); 7 – білоакацієве (третя надзаплавна тераса); **Алтагирський ліс,** насадження: 8 – соснове із домішкою листяних порід; 9 – дубове; 10 – білоакацієве (всі на другій надзаплавній терасі); **Центральний парк культури та відпочинку ім. Горького м. Мелітополя,** насадження: 11 – соснове; 12 – дубове; 13 – білоакацієве (всі на плакорі); **Лісопарк «Лісопитомник» м. Мелітополя,** насадження: 14 – соснове; 15 – білоакацієве (всі на другій надзаплавній терасі).

У Самарському лісі у підстилці різних природних і штучних лісових біогеоценозів знайдено 69 видів водоростей: *Cyanoprokaryota* – 6 (8,7 %), *Eustigmatophyta* – 2 (2,9 %), *Xanthophyta* – 18 (26,1 %), *Bacillariophyta* – 2 (2,9 %), *Charophyta* – 2 (2,9 %), *Chlorophyta* – 39 (56,5 %). Найбільше число видів у підстилці всіх насаджень представлені зелені водорості – від 48,3 % до 77,8 % загального різноманіття. Особливістю альгоугруповання соснової підстилки є відсутність синьозелених водоростей. Гетероцитні синьозелені із родів *Nostoc* та *Trichromus* (Ralfs ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagnostidis були відмічені лише у підстилці дібров. Досить збіднений видовий склад водоростей підстилки білоакацієвого насадження – 9 видів, проти 27-31 в інших насадженнях.

Різноманіття водоростей підстилки листяних і хвойних штучних насаджень Старо-Бердянського лісу складає 38 видів: *Cyanoprokaryota* – 5 (12,8 %), *Eustigmatophyta* – 1 (2,6 %), *Xanthophyta* – 3 (7,7 %), *Bacillariophyta* – 5 (12,8 %), *Chlorophyta* – 23 (59,0 %), *Charophyta* – 2 (5,1 %). Порівняно із складом водоростей

інших лісів помітно зменшення різноманіття жовтозелених водоростей. Переважаючими у всіх насадженнях є зелені водорості (53,8-69,2 % загального числа видів). У підстилці білоакацієвого насадження із синьозелених більш різноманітні були види роду *Phormidium* Kütz. ex Gomont. Особливістю підстилки насадження сосни кримської було високе різноманіття діатомових водоростей (*Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow in cleve et Grunow, *Luticola nivalis* D.G. Mann in Round et al., *L. mutica* (Kütz.) D.G. Mann in Round et al та ін.).

У підстилці хвойних і листяних штучних насаджень Алтагирського лісу відмічені 64 види водоростей із шести відділів: *Cyanoprokaryota* – 10 (15,6 %), *Eustigmatophyta* – 2 (3,1 %), *Xanthophyta* – 10 (15,6 %), *Bacillariophyta* – 4 (6,2 %), *Chlorophyta* – 37 (57,8 %), *Charophyta* – 1 (1,7 %). Особливістю складу водоростей підстилки лісового масиву є високе різноманіття синьозелених із родів: *Phormidium*, *Trichromus*, *Nostoc*, *Desmonostoc* Hrouzek et Ventura, *Jaaginema* Anagn. et Komárek, *Leptolynbya* Anagn. et Komárek. Проте основу видового багатства альгоугруповань визначають зелені водорості.

У підстилці насаджень лісопарку м. Мелітополя відмічені 28 видів водоростей: *Cyanoprokaryota* – 3 (10,7 %), *Xanthophyta* – 2 (7,2 %), *Bacillariophyta* – 3 (10,7 %), *Chlorophyta* – 17 (60,7 %), *Charophyta* – 3 (10,7 %); парку ім. Горького – 21 вид: *Cyanoprokaryota* – 7 (33,3 %), *Xanthophyta* – 3 (14,3 %), *Bacillariophyta* – 1 (4,8 %), *Chlorophyta* – 9 (42,8 %), *Charophyta* – 1 (4,8 %). Число видів водоростей в угрупованнях коливалася від 2-4 до 14-20 і найменшою була в сосновому і дубовому насадженнях парку ім. Горького, які активно використовуються населенням міста для відпочинку. Найбільш різноманітні у підстилці різних насаджень *Chlorophyta*.

СЕЗОННА ДИНАМІКА СКЛАДУ ТА ЧИСЕЛЬНОСТІ ВОДРОСТЕЙ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ

Лісова підстилка характеризується високою динамічністю змін потужності та складу за сезонами (Травлєєв, 1961; Дубина, 1985; Якуба, 2004; Цветкова, Крикун, 2006 та ін.), що зумовлює певну специфіку існування водоростей. Більш виразні зміни числа видів за сезонами спостерігаються у листяних насадженнях порівняно із хвойними. Найчастіше максимальне видове багатство та чисельність водоростей (табл. 1) відмічаються в підстилці восени та навесні. У хвойній підстилці більші показники чисельності відмічені для зелених і діатомових водоростей, а у листяній – для синьозелених і зелених. У цілому зміна видового багатства та чисельності водоростей пов'язана як із сезонними змінами температури та вологості, так і з особливостями біогеоценотичних процесів які відбуваються у підстилці і пов'язані із різними етапами надходження та деструкції рослинного опаду.

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ АЛЬГОУГРУПОВАНЬ ЛІСОВИХ ПІДСТИЛОК

Шляхом кластерного аналізу встановлено, що провідну роль у формуванні специфічних ознак угруповань водоростей підстилки відіграє її склад (хвойний або листяний) та трансформація внаслідок рекреації (рис. 2).

Порівняльна характеристика альгоугруповань хвойної і листяної підстилки

Лісова підстилка досліджених соснових насаджень досягає товщини 6,5 см, складається із двох або трьох підгоризонтів. Найбільш потужними є підгоризонти

Таблиця 1

**Динаміка чисельності водоростей і різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів
у підстилці досліджених насаджень за сезонами***

Сезон	Еколого-трофічні групи мікроорганізмів, КУО/г абсолютно сухої підстилки, М±m _м								Водорості, тис. клітин/г абсолютно сухої підстилки, М±m _м		
	Аміно- трофи, 10 ⁵	Амоніфі- катори, 10 ⁵	Оліго- трофні, 10 ⁴	Азот- фіксуючі, 10 ⁴	Фосфат- мобілізуючі, 10 ⁵	Целюлозо- руйнівні, 10 ²	Мікро- міцети, 10 ³	Актино- міцети, 10 ⁵			
									<i>Cyanoprokaryota</i>	<i>Chlorophyta</i> **	<i>Bacillariophyta</i>
Насадження <i>Quercus robur</i> L.											
Весна	945±75,4	132±26,1	189±153,7	309±44,7	145±44,7	417±46,4	12±0,2	23±11,6	82,0±3,6	90,4±2,7	6,5±0,2
Літо	375±80,3	518±14,3	75±0,4	683±107,1	64±32,7	3254±327,3	2±0,4	26±1,7	1,7±0,2	25,0±2,1	-
Осінь	88±35,6	144±43,5	1008±52	268±7,1	68±5,2	266±45,5	43±7,8	0,9±0,2	182,5±8,7	150,4±7,1	-
Насадження <i>Pinus pallasiana</i> D. Don											
Весна	216±134,6	63±38,6	23±7,0	64±39,2	35±10,5	801±193,1	3±0,4	40±17,6	-	145,0±11,8	5,9±0,5
Літо	147±32,0	506±76,8	88±20,3	217±30,7	85±36,5	1299±44,8	5±1,8	22±3,2	-	22,4±1,7	-
Осінь	9±3,4	792±66,2	131±2,7	305±2,6	197±24,1	26±8,9	26±0,8	<10 ⁴	19,9±1,8	124,3±10,8	58,0±5,1
Насадження <i>Robinia pseudoacacia</i> L.											
Весна	530±165,3	74±3,9	23±4,6	138±52,4	150±46,7	1316±51,3	8±1,1	51±5,7	107,8±7,1	120,5±6,7	5,6±0,3
Літо	265±16,3	281±32,8	113±4,7	468±312,4	123±3,3	1460±237,9	4±4,6	33±1,9	24,5±1,5	10,8±0,7	-
Осінь	28±9,5	133±21,0	429±18,9	739±11,2	86±10,5	203±77	49±6,3	4±1,4	202,7±12,4	219,0±8,5	12,4±0,3

* Дані достовірні при p=0,05; **враховані разом із *Charophyta*, *Xanthophyta*, *Eustigmatophyta*, що зумовлено можливостями використаного методу прямого підрахунку клітин.

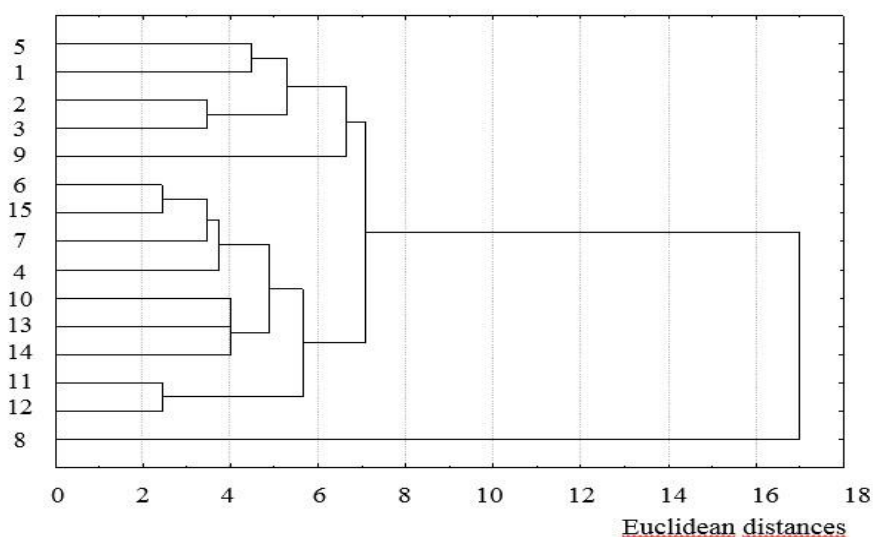


Рис. 2. Дендрограма відносної схожості альгоугруповань лісової підстилки різних насаджень на основі числа видів за відділами (міра схожості – евклідова відстань). По вертикалі – номери пробних площ згідно рис. 1.

ферментації $A0^2$ (F) та гуміфікації $A0^3$ (H). Зольність підстилки від верхніх шарів до нижніх зростає, рН змінюється від 3,91 до 4,98.

Угрупування водоростей лісової підстилки соснових насаджень Самарського і Старо-Бердянського лісу, де у підліску відсутні листяні породи, формує 41 вид водоростей із відділів: *Cyanoprokaryota* – 1 (2,4 %), *Eustigmatophyta* – 2 (4,9 %), *Xanthophyta* – 8 (19,5 %), *Bacillariophyta* – 5 (12,2 %), *Chlorophyta* – 23 (56,1 %), *Charophyta* – 2 (4,9 %). При збагаченні хвойної підстилки опадом листяних порід, як відмічено на прикладі соснового насадження з підліском із дубу звичайного і каркаса західного у Алтагирському лісі, різноманіття синьозелених водоростей зростає і може досягати 15,4 % загального видового багатства. У цілому у різних соснових насадженнях відмічені 66 видів водоростей: *Cyanoprokaryota* – 7 (10,6 %), *Eustigmatophyta* – 2 (3,0 %), *Xanthophyta* – 14 (21,2 %), *Bacillariophyta* – 6 (9,1 %), *Chlorophyta* – 35 (53,1 %), *Charophyta* – 2 (3,0 %).

Характерною ознакою хвойної підстилки є нерівномірне заселення водоростями її різних підгоризонтів. Найбільше число видів зосереджено у підгоризонті $A0^2$ (F). Особливо виразно в ньому зростає різноманіття *Xanthophyta* та *Chlorophyta*.

Лісова підстилка листяних насаджень (дубових та білоакацієвих) характеризувалась потужністю 5-6,5 см, складалась із двох підгоризонтів, із яких більш розвинений – ферментаційний. Для листяної підстилки, на відміну від хвойної, характерні більш високі значення рН (4,71-6,83). Найменш кислою є підстилка білоакацієвих насаджень. Значення рН збільшуються у напрямі від верхнього до нижнього підгоризонту підстилки. Зольність листяної підстилки (особливо дубової) більша ніж хвойної.

Угрупування водоростей підстилки листяних насаджень формують 80 видів водоростей: *Cyanoprokaryota* – 10 (12,5 %), *Eustigmatophyta* – 3 (3,75 %), *Xanthophyta* – 14 (17,5 %), *Bacillariophyta* – 3 (3,75 %) і *Chlorophyta* – 48 (60,0%), *Charophyta* – 2 (2,5 %). Переважають зелені та жовтозелені. Більш різноманітні на

відміну від хвойних підстилок синьозелені і менш різноманітні діатомові водорості. Альгоугруповання лісової підстилки дубових насаджень більш багаті на види ніж білоакацієвих. Підгоризонти листяної підстилки порівняно із хвойною рівномірно заселені видами водоростей.

Зміни альгоугруповань підстилки при рекреаційному навантаженні

Рекреаційне навантаження на лісові насадження супроводжується перетиранням і руйнуванням лісової підстилки. Рівень рекреаційної трансформації, визначений на основі частки площі під стежками (%), у досліджених насадженнях м. Мелітополя (лісопарк «Лісопитомник» та парк ім. Горького) змінювався від II до IV стадії. У насадженнях із II стадією рекреаційної дигресії у структурі підстилки залишається два підгоризонти, проте їх потужність зменшується у 1,3-1,6 разів у хвойних та у 1,1-2,5 разів у листяних насадженнях порівняно із нетрансформованими рекреацією територіями. При IV стадії дигресії підстилка на підгоризонти не поділялась, її потужність зменшувалася у 4,3-6,5 разів. Видове багатство водоростей при рекреаційних змінах лісової підстилки зменшується. Найбільш чутливою групою є жовтозелені водорості. Провідну роль в альгоугрупованнях відіграють види зелених водоростей (табл. 2). У цілому із посиленням рекреаційних змін відбувається прогресуюча втрата характерних для хвойних і листяних лісових підстилок структурних ознак на рівні відділів та інших таксонів, складі домінантів та морфотипів водоростей.

Таблиця 2

Видовий склад водоростей підстилки насаджень із різним ступенем рекреаційної дигресії за відділами, од.

Відділ	Лісопарк «Лісопитомник»						Парк ім. Горького				
	Насадження та стадія дигресії										
	Соснове			Білоакацієве			Соснове	Дубове	Білоакацієве		
	II			II			IV	IV	II		
	Підгоризонти підстилки		Разом	Підгоризонти підстилки		Разом	A0	A0	Підгоризонти підстилки		Разом
	A0 ¹ (L)	A0 ² (F)		A0 ¹ (L)	A0 ² (F)				A0 ¹ (L)	A0 ² (F)	
<i>Cyanoprokaryota</i>	2	3	3	2	2	2	-	3	6	5	6
<i>Xanthophyta</i>	-	1	1	-	1	1	-	-	3	-	3
<i>Bacillariophyta</i>	1	1	1	1	3	3	-	-	1	-	1
<i>Charophyta</i>	1	2	2	2	1	2	-	-	1	-	1
<i>Chlorophyta</i>	6	12	13	4	4	6	2	1	7	-	7
Разом	10	19	20	9	11	14	2	4	18	5	18

Вертикальний розподіл водоростей за біогеогоризонтами лісового біогеоценозу (за Ю.П. Бяловичем, 1973)

Альгоугруповання лісової підстилки у вертикальній структурі лісового біогеоценозу формуються між угрупованнями водоростей аерофітону й ґрунту.

Наскільки склад водоростей підстилки відрізняється від ґрунтових і аерофітних угруповань з'ясовували на прикладі насаджень Старо-Бердянського лісу. Для цього вивчали водорості кори, лісової підстилки й ґрунту насаджень дубу, сосни й білої акації протягом трьох сезонів.

У складі альгоугруповань різних біогеогоризонтів лісових екосистем переважають *Chlorophyta*. Специфічною ознакою аерофітних угруповань є відсутність представників *Bacillariophyta* і *Eustigmatophyta*. Аналіз видового складу водоростей підстилки, аерофітону та ґрунту показав, що альгоугруповання підстилки не утворюють окремої групи і проявляють більшу подібність із угрупованнями водоростей ґрунту в межах відповідного лісового біогеоценозу. При цьому більшою схожістю відзначаються підгоризонти підстилки між собою, а вже потім проявляють подібність із ґрунтовим шаром. Відособлену групу формують угрупованнями водоростей кори (рис. 3).

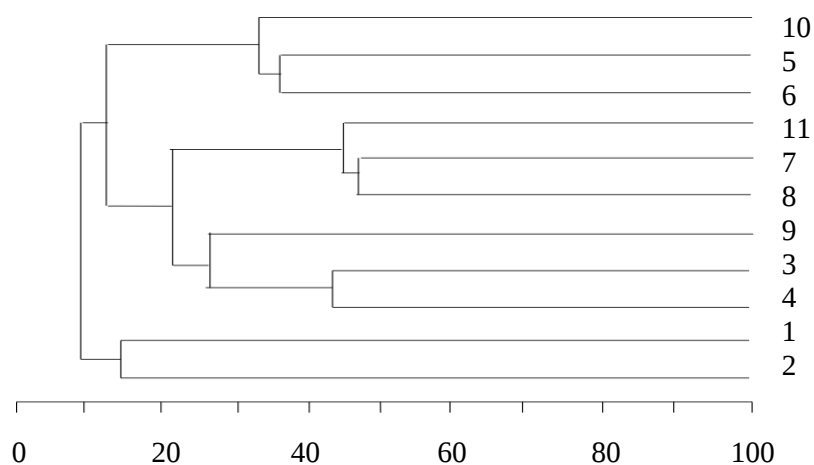


Рис. 3. Дендрограма відносної схожості між альгоугрупованнями різних біогеогоризонтів насаджень Старо-Бердянського лісу. По вертикалі – номер біогеогоризонта; по горизонталі – значення коефіцієнта Жаккара (%).

Біогеогоризонти: 1 – кора *P. pallasiana*; 2 – кора *R. pseudoacacia*; 3 – підстилка насадження *Quercus robur* (A0¹); 4 – A0²; 5 – підстилка насадження *P. pallasiana* (A0¹); 6 – A0²; 7 – підстилка насадження *R. pseudoacacia* (A0¹); 8 – A0²; 9 – ґрунт насадження *Q. robur* (A1); 10 – ґрунт насадження *P. pallasiana* (A1); 11 – ґрунт насадження *R. pseudoacacia* (A1).

Зв'язок водоростей із різними групами мікроорганізмів та ферментативною активністю лісових підстилок

Лісова підстилка у науковій літературі найчастіше розглядається з позиції особливостей протікання біологічного кругообігу пов'язаного із функціонуванням організмів які забезпечують трансформацію і деструкцію органіки. Водорості, як правило, залишається поза увагою, що позбавляє можливості цілісного представлення функціонування біоценозу лісової підстилки. Нами була здійснена спроба з'ясувати наявність і характер взаємозв'язків між водоростями та мікроорганізмами різних еколого-трофічних груп, які населяють підстилку, та активністю деяких ферментів у підстилці. Дослідження проводили на прикладі різних насаджень Старо-Бердянського лісу на протязі трьох сезонів, які репрезентують надходження свіжого опаду та різні етапи деструкції рослинних залишків.

Встановлено, що мікроміцети, а також оліготрофні та азотфіксувальні мікроорганізми (крім насадження дубу) найбільш чисельні восени, коли підстилка збагачується свіжим опадом. В цей же період спостерігається максимальний розвиток водоростей всіх відділів (табл. 1).

Навесні після чергування процесів, що сприяють абіотичній трансформації рослинного опаду (відтаювання/проморожування (Богатырев, 1996)), фіксується зростання чисельності аминотрофів та актиноміцетів, у листяних насадженнях також фосфатмобілізуючих організмів. Чисельність водоростей знижується, крім зелених у сосновій підстилці. Влітку у підстилці активізується розвиток амоніфікаторів, азотфіксаторів та целюлозоруйнівних мікроорганізмів, досить чисельними залишаються актиноміцети. Кількість водоростей різко зменшується, переважають зелені водорості.

Шляхом кореляційного аналізу з'ясовано, що збільшення чисельності мікроміцетів у підстилці співпадає із великою кількістю оліготрофів ($r=+0,79$) та водоростей ($r=+0,89$). У періоди інтенсивного розвитку актиноміцетів чисельність мікроміцетів зменшується ($r=-0,79$), а активний розвиток целюлозоруйнівних бактерій негативно позначається на чисельності водоростей ($r=-0,68$).

Зміна біологічної активності підстилки добре простежується через активність ферментів й інтенсивність виділення вуглекислого газу. Збагачення лісової підстилки новим рослинним опадом восени супроводжується найбільшими порівняно із іншими сезонами показниками дихання (до 43,2 мг/г CO_2 за добу) та активності ферментів групи оксидаз: каталаз (до 31,3 мл $\text{O}_2/\text{хв.}$), поліфенолоксидаз (до 5,368 мл $\text{KJO}_3/100$ г підстилки). Навесні найбільша активність характерна для інвертаз (до 40,90 мл глюкози/г підстилки/діб), а влітку – для фосфатаз (24,2 мг P_2O_5 на 100 г підстилки).

Збільшення у підстилці чисельності водоростей, мікроміцетів й оліготрофних мікроорганізмів відповідає періодам високої каталазної активності (коефіцієнти кореляції: $r=+0,80$; $r=+0,91$; $r=+0,95$). У періоди зменшення каталазної активності збільшується чисельність актиноміцетів ($r=-0,67$). Активність поліфенолоксидаз позитивно корелює з чисельністю у підстилці мікроміцетів ($r=+0,68$) та негативно із чисельністю у підстилці актиноміцетів ($r=-0,86$) й аминотрофів ($r=-0,69$).

Чисельність водоростей та мікроміцетів зменшується у періоди активізації фосфатаз ($r=-0,92$ та $r=-0,80$), а целюлозоруйнівних мікроорганізмів – збільшується ($r=+0,75$). Зростання інтенсивності виділення вуглекислого газу не корелює із зміною чисельності водоростей.

Аналіз біоіндикаційних ознак угруповань водоростей лісової підстилки. В основі принципу біологічної діагностики та індикації лежить уявлення про те, що середовище існування становить єдину систему із організмами, що населяють його. Лісова підстилка разом із біотою, також може бути використана для характеристики й оцінки її властивостей та процесів, які відбуваються в ній та біогеоценозі у цілому.

Серед ознак, які можуть прямо чи опосередковано впливати на склад і структуру угруповань водоростей підстилки слід виділити: склад (хвойний, листяний), потужність, структура та хімічні властивості лісової підстилки, які, в свою чергу, пов'язані із типологічними особливостями лісових біогеоценозів.

Для хвойних підстилок характерно переважання як за різноманіттям так і чисельністю зелених та жовтозелених водоростей, значна участь діатомових; для

листяних – зелених, жовтозелених і значна участь синьозелених. У листяній підстилці водорості рівномірно розподілені за її підгоризонтами, у хвойній – зосереджені у ферментаційному підгоризонті. У хвойних підстилках переважають одноклітинні кокоїдні водорості які не утворюють слиз та *Chlamydomonas*-подібні водорості. У листяних підстилках склад морфотипів водоростей збагачується на представників кокоїдних із слизом, трихальних та колоніальних трихальних. Ці ж морфотипи водоростей з'являються у хвойній підстилці при наявності в ній опад листяних порід.

Рекреаційне навантаження проявляються через зміну пропорцій між таксонами та морфотипами водоростей, характерними для відповідного складу лісової підстилки, та приводить до випадіння більшості з них при значно виражених дигресивних явищах.

Помітний вплив на водоростеві угруповання підстилки чинить її кислотність та вміст зольних елементів. Зменшення кислотності підстилки від рН 3,91 до 6,83 та збільшення її зольності позитивно впливає на різноманіття видів водоростей (коефіцієнт кореляції від $r=+0,87$ до $r=+1,00$).

Спільний аналіз результатів дослідження водоростевих і мікробних угруповань та ферментативної активності хвойної й листяної підстилки дозволив виявити деякі закономірності внутрішніх процесів які відбуваються у такій складній системі як біоценоз підстилки. Результати кореляційного аналізу підтвердили, що активність ферментів і мікроорганізмів різних груп у підстилці, прямо або опосередковано створюють специфічні умови існування водоростей, що проявляється у структурно-функціональних характеристиках альгоугруповань.

ВИСНОВКИ

Проведено дослідження структурно-функціональної організації альгоугруповань лісових підстилок природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони України, виділені їх екологічні особливості та біоіндикаційні ознаки.

1. У підстилці природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони України ідентифіковано 119 видів водоростей із 6 відділів: *Cyanoprokaryota* – 17 (14,3 %), *Eustigmatophyta* – 3 (2,5 %), *Xanthophyta* – 21 (17,7 %), *Bacillariophyta* – 7 (5,9 %) і *Chlorophyta* – 68 (57,1 %), *Charophyta* – 3 (2,5 %). Провідну роль відіграють родини: *Chlorococcaceae* (16 видів), *Chlamydomonadaceae* (12), *Pleurochloridaceae* (11), *Trebouxiaceae* (9), *Nostocaceae* (6), *Pseudanabaenaceae* (5), *Phormidiaceae* (5), *Choricystidaceae* (4), *Gloeobotrydaceae* (4), *Prasiolaceae* (4). Роль окремих видів, співвідношення основних відділів, склад провідних родин, родів, домінантів і морфотипів водоростей в альгоугрупованнях підстилки різних лісових біогеоценозів відрізняється. Анотований список водоростей містить дані про 124 таксони водоростей лісової підстилки, кори дерев та ґрунту природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони України: *Cyanoprokaryota* – 18 (14,5 %), *Eustigmatophyta* – 3 (2,4 %), *Xanthophyta* – 22 (17,7 %), *Bacillariophyta* – 7 (5,7 %) і *Chlorophyta* – 71 (57,3 %), *Charophyta* – 3 (2,4 %).

2. Угруповання водоростей лісової підстилки соснових насаджень природного й штучного походження формують 66 видів водоростей: *Cyanoprokaryota* – 7 (10,6 %), *Eustigmatophyta* – 2 (3,0 %), *Xanthophyta* – 14 (21,2 %),

Bacillariophyta – 6 (9,1 %), *Chlorophyta* – 35 (53,1 %), *Charophyta* – 2 (3,0 %). Переважають види зелених і жовтозелених водоростей. Різноманіття синьозелених зростає при збагаченні хвойного опаду листяним за рахунок дерев підліску. Підгоризонти хвойної лісової підстилки нерівномірно заселені водоростями. Найбільше число видів зосереджено у підгоризонті A0² (F). Серед морфотипів водоростей переважають одноклітинні кокоїдні водорості, які не утворюють слиз, та *Chlamydomonas*-подібні водорості. При наявності у хвойній підстилці опаду листяних порід спектр морфотипів водоростей збагачується на представників кокоїдних із слизом, трихальних та колоніальних трихальних.

3. Угрупування водоростей лісової підстилки листяних насаджень формують 80 видів водоростей: *Cyanoprokaryota* – 10 (12,5 %), *Eustigmatophyta* – 3 (3,75 %), *Xanthophyta* – 14 (17,5 %), *Bacillariophyta* – 3 (3,75 %), *Chlorophyta* – 48 (60,0 %), *Charophyta* – 2 (2,5 %). Основу альгоугруповань складають зелені, жовтозелені й синьозелені водорості. Більш різноманітними є водорості підстилки дубових насаджень (66 видів) порівняно із білоакацієвими (30 видів). Особливістю листяної підстилки є відносно рівномірне заселення водоростями її різних підгоризонтів. Серед морфотипів водоростей представлені одноклітинні кокоїдні водорості, які не утворюють слиз, *Chlamydomonas*-подібні водорості, кокоїдні із слизом, трихальні та колоніальні трихальні.

4. Рекреаційне навантаження на лісові екосистеми супроводжується скороченням видового багатства водоростей лісової підстилки, втратою характерних для хвойних і листяних підстилок структурних ознак альгоугруповань на рівні різних таксономічних одиниць, складі домінантів та спектрі морфотипів водоростей. Водоростеві угруповання хвойних і листяних насаджень другої стадії рекреаційної дигресії складають 14-20 видів водоростей, серед яких переважають *Chlorophyta* (39-65 % від загального видового багатства), менш різноманітні *Cyanoprokaryota* (15-33 %) та *Bacillariophyta* (6-21 %). Найменше видове багатство водоростей (2-4 види) представлене лише *Cyanoprokaryota* та *Chlorophyta* відмічені у підстилці хвойних і листяних насаджень четвертої стадії рекреаційної дигресії.

5. Видове багатство і чисельність водоростей у лісові підстилки змінюються за сезонами і максимальних показників досягає у весняний та осінній періоди. Найбільшим різноманіттям у всі сезони характеризувалися зелені водорості. Для жовтозелених встановлено збільшення числа видів восени, для діатомових - навесні.

6. Збільшення чисельності мікроміцетів у підстилці співпадає із великою кількістю оліготрофів (коефіцієнт кореляції: $r=+0,79$) та водоростей ($r=+0,89$). У періоди інтенсивного розвитку целюлозоруйнівних бактерій чисельність водоростей зменшується ($r=-0,68$). Збільшення у підстилці чисельності водоростей, а також мікроміцетів та оліготрофних мікроорганізмів відповідає періодам високої каталазної активності (коефіцієнти кореляції: $r=+0,80$; $r=+0,91$; $r=+0,95$ відповідно). Натомість, у періоди активізації фосфатаз та інвертаз чисельність водоростей, а також мікроміцетів зменшується ($r=-0,92$; $r=-0,80$ та $r=-0,72$; $r=-0,84$ відповідно).

7. Альгоугруповання лісової підстилки за структурно-функціональними ознаками відрізняються від угруповань водоростей аерофітону та ґрунту. Більша схожість відмічена між альгоугрупованнями підгоризонтів підстилки та у другу

чергу – із угрупованнями водоростей ґрунту в межах одного лісового біогеоценозу. Відособлену групу формують угруповання водоростей аерофітону.

8. Специфічні риси альгоугруповань підстилки лісових біогеоценозів степової зони пов'язані із такими параметрами лісової підстилки, як склад (хвойний, листяний), потужність, вертикальна і морфологічна структура, щільність, ферментативна і мікробіологічна активність, ступінь рекреаційної дигресії, зольність, рН.

9. Структурно-функціональні особливості альгоугруповань підстилки, їх просторова організація, сезонна динаміка знаходяться у зв'язку із типологічними особливостями природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони України і, перш за все, із складом лісотвірних порід та умовами місцезростання. Якісні та кількісні характеристики альгоугруповань пов'язані із біогеоценологічними процесами досліджених лісових біогеоценозів, відображають їх особливості та можуть використовуватися із біоіндикаційною метою.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в іноземних виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних «Scopus»

1. Amino acid content of benthic macroscopic growths of algae and sediments in hypersaline water bodies / A.N. Solonenko, V.A. Khromyshev, **E.I. Maltsev**, A.G. Bren // International Journal on Algae. – 2014. – Vol. 16. – P. 392-401. *(Здобувачем здійснено аналіз літературних даних, узагальнення первинних матеріалів та оформлення для публікації).*

Статті у фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних

2. Мальцев Є.І. Альгофлора лісової підстилки насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Лісопитомник» / **Є.І. Мальцев**, Д.М. Негруля // Ґрунтознавство. – 2013. – Т. 14, № 3-4. – С. 98-105. *(Здобувачем проведено збір матеріалу, культивування та визначення водоростей, аналіз та узагальнення даних, оформлення матеріалів для публікації).*

3. Мальцев Є.І. Екологічні особливості альгоугруповань лісових підстилок заплавних дібров степової зони України / **Є.І. Мальцев** // Ґрунтознавство. – 2013. – Т. 14, № 1-2. – С. 70-77.

4. Мальцев Є.І. Водорості лісової підстилки штучних листяних насаджень Запорізької області / **Є.І. Мальцев** // Чорноморський ботанічний журнал. - 2014. –Т. 10, №1. – С. 84-89.

Статті у фахових виданнях України, які входять до переліку МОН України

5. Мальцев Є.І. Водорості лісових підстилок різних насаджень Старо-Бердянського лісу / **Є.І. Мальцев** // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2013. – № 2. – С. 133-141.

6. Мальцев Є.І. Особливості фітоєдафону різних типів лісу степової зони України // **Є.І. Мальцев**, А.М. Солоненко, Н.М. Туровцева // Питання степового

лісознавства та лісової рекультивації земель. Збірник наукових праць – 2014. – № 43. – С. 24-29. *(Здобувачем проведено обробку матеріалу та аналіз результатів).*

*Статті у наукових виданнях України, які входять до
міжнародних наукометричних баз даних*

7. Мальцев Є.І. Екологічні особливості альгоугруповань лісової підстилки соснових насаджень різних типів ландшафтів степової зони України / **Є.І. Мальцев** // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького. – 2013. – Т. 3, № 3. – С. 330-339.

Матеріали наукових конференцій

8. Мальцев Є.І. Водорості лісових підстилок соснових насаджень Самарського лісу: матеріали міжнар. наук. конф. молодих вчених [«Актуальні проблеми ботаніки і екології»], (Ужгород, 19-23 вересня 2012 р.) / **Є.І. Мальцев**, М.Ю. Волгін. - Ужгород: Вид-во ФОП Бреза А.Е., 2012. – С. 37-38. *(Здобувачем проведено збір та обробку матеріалу, аналіз та узагальнення даних, оформлення матеріалів для публікації).*

9. Мальцев Є.І. Водорості підстилок акацієвих насаджень Старо-Бердянського лісництва: матеріали III міжнар. конф., присвяч. 25-річчю біолог. фак-ту [«Сучасні проблеми біології, екології та хімії: Збірка матеріалів»], (Запоріжжя, 11–13 трав. 2012 р.) / **Є.І. Мальцев**, С.Ю. Мальцева, О.В. Мацюра. – Запоріжжя: Сору Art, 2012. – С. 31-32. *(Здобувачем проведено збір та обробку матеріалу, аналіз та узагальнення даних, оформлення матеріалів для публікації).*

10. Мальцев Е.И. К вопросу об изучении водоростей подстилок лесных биогеоценозов: материалы IV междунар. конф. [«Актуальные проблемы современной альгологии»], (Киев, 23–25 мая 2012 г.) / **Е.И. Мальцев**. – К.: Альгология, 2012. – С. 187-188.

11. Мальцев Е.И. Численность и биомасса водорослей в лесных подстилках разных насаждений Старо-Бердянского леса (Запорожская область, Украина): материалы междунар. дистанционного конференции-конкурса науч. работ студентов, магистрантов и аспирантов [«Современные аспекты изучения экологии растений» им. Лилии Хайбуллиной] / **Е.И. Мальцев**. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – С. 85-89.

12. Мальцев Є.І. Особливості видового складу водоростей лісової підстилки деревних насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Лісопітомник» (м. Мелітополь, Запорізька область), як одного із показників їх стійкості: матеріали міжнар. наук. конф. [«Роль ботанічних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій»], (Київ, 28–31 травня 2013 р.) / **Є.І. Мальцев**. – Київ. – С. 238-239.

13. Мальцев Є.І. Водорості як тест організми при оцінці токсичності важких металів: матеріали VI міжнар. конф. молодих вчених [«Биоразнообразие. Экология. Адаптация. Эволюция», посвященная 150-летию со дня рождения известного ботаника В.И. Липского], (Одеса, 13–17 травня 2013 р.) / **Є.І. Мальцев**, В.О. Решетило. – Одеса: Печатный дом, 2013. – С. 36-37. *(Здобувачем проведено експеримент, обробку та аналіз отриманих результатів).*

14. Мальцев Є.І. Альгоугруповання лісової підстилки заплавної діброви Самарського лісу: матеріали V міжнар. наук. конф. [«Актуальні проблеми

дослідження довкілля»], (Суми, 23-25 травня 2013 р.) / **Є.І. Мальцев**, М.Ю. Волгін. – Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2013. – С. 301-303. *(Здобувачем проведено збір та обробку матеріалу, аналіз та узагальнення даних, оформлення матеріалів для публікації).*

15. Мальцев Е.И. Альгофлора лесной подстилки сосновых насаждений степной зоны Украины: материалы IV междунар. науч. конф. [«Мониторинг и оценка состояния растительного мира»], (Минск, 30 сентября – 4 октября 2013 г.) / **Е.И. Мальцев**. – Минск: ГУ «БелИСА», 2013. – С. 132-133.

16. Мальцев Е.И. Влияние рекреационной нагрузки на альгосообщества лесной подстилки: материалы междунар. науч.-практич. конф. [«Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения»], (Витебск, 21–22 ноября 2013 г.) / **Е.И. Мальцев**, Д.Н. Негруля. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2013. – С. 281-283. *(Здобувачем проведено збір та обробку матеріалу, аналіз та узагальнення даних, оформлення матеріалів для публікації).*

17. Мальцев Е.И. К вопросу о составе водорослевых группировок в ризосфере сельскохозяйственных культур: материалы междунар. науч.-практич. конф. [«Актуальные проблемы развития биотехнологий»], (Екатеринбург, 23–24 мая 2013 г.) / **Е.И. Мальцев**, И.А. Мальцева, М.Ю. Волгін. – Екатеринбург: Урал. аграр. изд-во, 2013. – С. 137-138. *(Здобувачем проведено експеримент, обробку та аналіз отриманих результатів).*

18. Мальцев Е.И. Водоросли лесных подстилок искусственных насаждений Запорожской области: материалы III междунар. науч. конф. [«Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге»], (Борок, 24–29 августа 2014 г.) / **Е.И. Мальцев**, Д.Н. Негруля. – Ярославль: Филигрань, 2014 – С. 78-80. *(Здобувачем проведено збір та обробку матеріалу, аналіз та узагальнення даних, оформлення матеріалів для публікації).*

19. Мальцев Є.І. Епіфітні водорості лісів степової зони України: матеріали X міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів [«Молодь і поступ біології»], (Львів, 8–11 квіт. 2014 р.) / **Є.І. Мальцев**, Д.М. Негруля. – Львів: СПОЛОМ, 2014. – С. 69-70. *(Здобувачем проведено збір зразків, культивування та визначення водоростей, аналіз та узагальнення даних та оформлення матеріалів для публікації).*

АНОТАЦІЯ

Мальцев Є.І. Екологічні особливості альгоугруповань підстилки лісових біогеоценозів степової зони України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена дослідженню екологічних особливостей альгоугруповань підстилок природних і штучних лісових біогеоценозів степової зони України. Встановлено, що альгофлора хвойних і листяних підстилок включає 119 видів водоростей із 6 відділів: *Cyanoprokaryota* – 17 (14,3 %), *Eustigmatophyta* – 3 (2,5 %), *Xanthophyta* – 21 (17,7 %), *Bacillariophyta* – 7 (5,9 %) і *Chlorophyta* – 68 (57,1 %), *Charophyta* – 3 (2,5 %). Відмічені види відносяться до 8 класів, 19 порядків і 36 родин. Показано, що провідну роль відіграють родини: *Chlorococcaceae*,

Chlamydomonadaceae, *Pleurochloridaceae*, *Trebouxiaceae*, *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae*, *Phormidiaceae*, *Choricystidaceae*, *Gloeobotrydaceae*, *Prasiolaceae*. На основі порівняльного аналізу видового багатства водоростей підстилок в різних за складом насадженнях, встановлено, що хвойний опад характеризується меншим видовим різноманіттям водоростей у порівнянні із листяним. Описаний характер розподілу водоростей за підгоризонтами лісової підстилки. Наслідки рекреаційного навантаження на лісові екосистеми показані у зменшенні видового різноманіття водоростей, зміні пропорції між морфотипами водоростей, що характерні для відповідного складу лісової підстилки, за відсутності дигресивних явищ. Досліджено сезонну динаміку альгоугруповань лісових підстилок, отримані дані щодо вертикального розподілу водоростей за біогеогоризонтами лісового біогеоценозу. Встановлена кореляція між структурно-динамічними показниками водоростевих угруповань та різними еколого-трофічними групами мікроорганізмів підстилки та її ферментативною активністю. Зроблена оцінка зв'язку альгоугруповань лісової підстилки із типологічними особливостями природних і штучних лісів, фізико-хімічними властивостями підстилок та виділені біоіндикаційні ознаки альгоугруповань.

Ключові слова: водорості, лісова підстилка, лісовий біогеоценоз, степова зона, мікроорганізми, ферментативна активність, біоіндикаційні ознаки, сезонна динаміка.

АННОТАЦИЯ

Мальцев Е.И. Экологические особенности альгогруппировок подстилки лесных биogeоценозов степной зоны Украины. – На правах рукописи. Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности – 03.00.16 – экология. Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена исследованию экологических особенностей альгогруппировок подстилок природных и искусственных лесных биogeоценозов в степной зоне Украины. Установлено, что альгофлора хвойных и лиственных подстилок включает 119 видов водорослей из 6 отделов: *Cyanoprokaryota* – 17 (14,3 %), *Eustigmatophyta* – 3 (2,5 %), *Xanthophyta* – 21 (17,7 %), *Bacillariophyta* – 7 (5,9 %) і *Chlorophyta* – 68 (57,1 %), *Charophyta* – 3 (2,5 %). Отмеченные виды относятся к 8 классам, 19 порядкам и 36 семействам. Показано, что ведущая роль принадлежит семействам *Chlorococcaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Trebouxiaceae*, *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae*, *Phormidiaceae*, *Choricystidaceae*, *Gloeobotrydaceae*, *Prasiolaceae*.

Альгофлора лесной подстилки сосновых насаждений естественного и искусственного происхождения сформирована 66 видами водорослей. Преобладают виды зеленых и желтозеленых водорослей. Разнообразие синезеленых возрастает при обогащении хвойного опада лиственным за счет деревьев подлеска. Подгоризонты хвойной лесной подстилки неравномерно заселены водорослями: A0¹ (L) содержит 42,4 % видов от общего количества, A0² (F) – 80,3 %, A0³ (H) – 46,9 %.

Альгогруппировки лесной подстилки лиственных насаждений формируют 80 видов водорослей, их основу составляют зеленые, желтозеленых и синезеленые водоросли. Более разнообразны водоросли подстилки дубовых насаждений (66

видов) по сравнению с белоакациевыми (30 видов). Особенностью лиственной подстилки является более равномерное заселение водорослями ее различных подгоризонтов.

Рекреационная нагрузка на лесные экосистемы, помимо перетирания и разрушения подстилки, также сказывается и на составе и структуре альгогруппировок. Так, альгофлора подстилок соснового и белоакациевого насаждений второй стадии рекреационной дигрессии состоит из 14-20 видов водорослей, среди которых преобладают представители *Chlorophyta* (39-65% от общего видового богатства), менее разнообразны *Cyanoprokaryota* (15-33%) и *Bacillariophyta* (6-21%). В подстилке соснового и дубового насаждений четвертой стадии рекреационной дигрессии найдено только 6 видов водорослей: *Cyanoprokaryota* – 3, *Chlorophyta* – 3.

При исследовании сезонной динамики альгогруппировок лесной подстилки установлено, что наибольшая стабильность видового богатства в разные сезоны характерна для зеленых водорослей. Для желтозеленых установлено увеличение разнообразия осенью, для диатомовых – весной.

В разные сезоны года в подстилке меняется интенсивность выделения углекислого газа, активность ферментов, численность различных экологотрофических групп микроорганизмов и водорослей. Максимальные показатели численности водорослей зафиксированы в осенне-весенний период, при этом в хвойной подстилке более многочисленны зеленые и диатомовые, а в лиственной – синезеленые и зеленые. Увеличение численности микромицетов в подстилке совпадает с большей численностью олиготрофов (коэффициент корреляции: $r = +0,79$) и водорослей ($r = +0,89$). В периоды интенсивного развития актиномицетов численность микромицетов уменьшается ($r = -0,79$). Активное развитие целлюлозоразрушающих бактерий негативно сказывается на численности водорослей ($r = -0,68$). Увеличение в подстилке численности водорослей, а также микромицетов и олиготрофных микроорганизмов соответствует периодам высокой каталазной активности (коэффициенты корреляции: $r = +0,80$; $r = +0,91$; $r = +0,95$). Численность водорослей, а также микромицетов уменьшается в периоды активизации фосфатазы ($r = -0,92$; $r = -0,80$ соответственно) и инвертазы ($r = -0,72$; $r = -0,84$).

В составе альгогруппировок хвойных подстилок, согласно классификации морфотипов водорослей Ж.Ф. Пивоваровой (с изменениями), преобладают одноклеточные кокцидные водоросли, которые не образуют слизи и *Chlamydomonas*-подобные водоросли. В лиственных подстилках спектр морфотипов водорослей обогащается представителями кокцидных со слизью, трихальных и колониальных трихальных. Эти же морфотипы водорослей появляются в хвойной подстилке при добавлении в нее опада лиственных пород.

Структурно-функциональные особенности альгогруппировок подстилки, их пространственная организация, сезонная динамика находятся в связи с типологическими особенностями природных и искусственных лесных биогеоценозов степной зоны Украины и, прежде всего, с составом лесообразующих пород и условиями местопроизрастания. Качественные и количественные характеристики альгогруппировок связаны с биогеоценологическими процессами исследованных лесных экосистем, отражают их особенности и могут использоваться с биоиндикационной целью.

Ключевые слова: водоросли, лесная подстилка, лесной биогеоценоз, степная зона, микроорганизмы, ферментативная активность, биоиндикационные признаки, сезонная динамика.

SUMMARY

Maltsev Ye.I. Ecological features of algae communities in forest floor of forest biogeocenosis of the steppe zone of Ukraine. – Manuscript.

Thesis for academic degree of candidate of biological sciences by speciality – 03.00.16 – ecology. Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, 2015.

The dissertation is devoted to study of ecological features of algae communities in forest floor of natural and artificial forest biogeocenosis steppe zone of Ukraine. Established that algal flora coniferous and deciduous forest floor includes 119 species of algae from 6 divisions: *Cyanoprokaryota* – 17 (14,3 %), *Eustigmatophyta* – 3 (2,5 %), *Xanthophyta* – 21 (17,7 %), *Bacillariophyta* – 7 (5,9 %) i *Chlorophyta* – 68 (57,1 %), *Charophyta* – 3 (2,5 %). Found species belong to 8 classes, 19 orders and 36 families. Shown that the leading role played by the family: *Chlorococcaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Trebouxiaceae*, *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae*, *Phormidiaceae*, *Choricystidaceae*, *Gloeobotrydaceae*, *Prasiolaceae*. Based on comparative analysis of species diversity of algae in plantings with different composition, found that pine forest floor characterized by lower species diversity of algae compared to deciduous. The dissertation described the distribution of algae by subhorizons of forest floor. The effects recreational load on forest ecosystems shown in reduce of the species diversity of algae, changing proportions between algae morphotypes, which characterized to the relevant part of the forest floor, where there are no digression phenomenon. Studied the seasonal dynamics of algae communities in forest floor, obtained data on the vertical distribution of algae by biogeocenotic horizons in forest ecosystems. Established connections structural dynamic parameters of algae communities with different ecological and trophic groups of microorganisms in forest floor and its enzymatic activity. We have made communication evaluation algae forest floor with typological features of natural and artificial forests, physico-chemical properties of forest floor and marked bioindication signs of algae communities.

Key words: algae, forest floor, forest biogeocenose, Steppe zone, microorganisms, enzyme activity, bioindication signs, seasonal dynamics.

Підписано до друку 07.09.2015. Формат 60х84 ¹/16.
Друк RISO. Папір офсетний. Наклад 100 примірників.
Умов. друк. аркушів 0,9
Замовлення №354

Видавець і виготовлювач ПП Верескун В.М.
Видавничо-поліграфічний центр «Люкс»
м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10, тел.: (0619)44-45-11

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
До Державного реєстру видавців, виробників
і розповсюджувачів видавничої продукції
від 11.06.2002 р. серія ДК № 1125