

Міністерство освіти і науки України  
Дніпропетровський національний університет  
імені Олеся Гончара

**ШЕХОВЦЕВА ОЛЬГА ГЕННАДІЇВНА**



УДК 628.516:582.26/.5(477.62)

**ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕДАФОТОПІВ УРБООКОСИСТЕМ  
МІСТА МАРІУПОЛЯ**

03.00.16 — екологія

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Дніпро – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі ботаніки і садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університеті імені Богдана Хмельницького.

Науковий керівник доктор біологічних наук, професор  
**Мальцева Ірина Андріївна**  
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, кафедра ботаніки і садово-паркового господарства, завідувач.

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор  
**Цвєткова Ніна Миколаївна**  
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, кафедра геоботаніки, ґрунтознавства та екології, професор;

кандидат біологічних наук,  
**Щербина Валентина Вікторівна**  
Таврійський державний агротехнологічний університет, кафедра екології та охорони навколишнього середовища, старший викладач.

Захист відбудеться «07» грудня 2016 р. о 14-00 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, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 72, корпус 17, факультет біології, екології та медицини, ауд. 711.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий « 03» листопада 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат біологічних наук, доцент



А.О. Дубина

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Висока інтенсивність техногенного навантаження на міські екосистеми загострила проблему підтримання їх стабільності та попередження деградації. Особливо актуальним питанням для урбанізованих територій є трансформація ґрунтового покриву, зміна біологічної активності ґрунтів і, відповідно, можливостей виконувати в повному обсязі екологічні функції. Під час аеротехногенного забруднення ґрунт виступає в ролі депо поллютантів, накопичуючи їх у різних формах упродовж десятиріч. Тому питання екологічного моніторингу ґрунту привертають увагу науковців різних країн світу та України зокрема (Хоружая, 2002; Медведєва, 2004; Волкова и др., 2005; Цветкова та ін., 2008, 2009, 2016; Jonansen, 2001; Linde et al., 2007 та ін.). У сучасних наукових розробках при оцінці процесів, що відбуваються у ґрунтах урбоекосистем, значна увага приділяється проблемам їх фізичної і хімічної трансформації, змінам інтенсивності мікробіологічних процесів і активності ферментів (Вовк, 2004; Долгова, Филина, 2004; Цветкова, Клименко, 2005; Девятова, 2006; Горбов, Безуглова, 2013; Reichman, 2002; Speir, Van Schaik, 2003, Degryse et al., 2008 та ін.). Поряд із цим відбувається пошук нових підходів і показників, інтеграція класичних фізико-хімічних показників із біоіндикаційними з метою збільшення інформативності та об'єктивності оцінки стану ґрунтового покриву міських систем та вирішення задач його охорони, попередження деградації і підтримання біорізноманіття урбоекосистем у цілому. Для комплексної оцінки антропогенно-порушених ґрунтів пропонується залучати дані стосовно різноманіття та чисельності ґрунтових водоростей, які знайшли широке використання при біоіндикації та різних змін ґрунтового покриву і характеризуються значним різноманіттям у міських ґрунтах (Москвич, 1972; Кабиров, 2007; Аксенова, 2010; Кондакова, Висич, 2011; Трухницька та ін., 2008, 2011; Edwards, 1992; Hargreaves, Carnol, 2001 та ін.).

Місто Маріуполь займає друге місце в Україні з об'ємів викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами (Статистичний щорічник ..., 2013). У структурі промислового потенціалу міста переважають екологічно-небезпечні виробництва, що разом з іншими наслідками урбанізації негативно позначаються на всіх природних складових, у тому числі ґрунтах і ґрунтовій біоті. Особливої актуальності набуває всебічний аналіз екологічного стану ґрунтового покриву м. Маріуполя на основі комплексного підходу із застосуванням широкого спектру фізико-хімічних та біоекологічних показників, що дозволить деталізувати процеси які відбуваються в урбоекосистемах та застосувати їх для вирішення задач із охорони довкілля й забезпечення екологічної безпеки.

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

**Мета та завдання дослідження.** На основі вивчення фізико-хімічних

властивостей ґрунтів, аналізу їх біологічної активності та основних показників угруповань ґрунтових водоростей здійснити еколого-біологічну оцінку різних едафотопів Маріуполя.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести вивчення фізико-хімічних властивостей ґрунтів територій різного призначення міста Маріуполя та фонових територій на прикладі заказника «Азовська дача» й відділення Українського степового природного заповідника «Кам'яні могили».

2. Установити зміни ферментативної й мікробіологічної активності ґрунтів урбоекосистем Маріуполя порівняно з фоновими територіями.

3. Визначити склад видів, морфотипів водоростей, домінанти та систематичну структуру альгоугруповань фонових територій та різних зон міста Маріуполя.

4. Установити особливості сезонної динаміки водоростей фонових територій та урбоекосистем.

5. Провести комплексний аналіз із використанням кореляційно-регресійних залежностей між змінами фізико-хімічних властивостей ґрунтів, їх біологічною активністю та складом і чисельністю ґрунтових водоростей.

6. Здійснити оцінку змін еколого-біологічних властивостей ґрунтів міста Маріуполя внаслідок урбанізації на основі інтеграції різних груп діагностичних показників.

*Об'єкт дослідження* – ґрунти урбоекосистем Маріуполя.

*Предмет дослідження* – фізико-хімічні властивості ґрунтів, біологічна активність, склад та чисельність водоростей, як основа інтегральної оцінки екологічного потенціалу ґрунтів урбоекосистем.

*Методи дослідження.* У роботі для дослідження властивостей ґрунтів використані польові, ландшафтно-геохімічні, лабораторно-аналітичні методи; для вивчення ґрунтової біоти – ґрунтово-альгологічні, еколого-ценологічні, молекулярно-генетичні, мікробіологічні методи, також застосовували методи морфологічного, фізико-хімічного та біохімічного аналізу ґрунтів. Обробка отриманого матеріалу здійснювалася методами математичної статистики з використанням кореляційного, регресійного й кластерного аналізів, а також біоінформаційних підходів.

**Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:**

*вперше:*

- проведено комплексне дослідження екологічного стану, фізико-хімічних властивостей та показників біологічної активності едафотопів м. Маріуполя в порівнянні з фоновими біогеоценозами;
- показані зміни гранулометричного складу, вмісту гумусу, сполук Нітрогену, ВМ, а також рН під впливом техногенезу у ґрунтах різних функціональних зон міста;
- вивчено зміни ферментативної активності (на прикладі уреаз) та мікробіологічної активності у ґрунтах різних функціональних зон міста в порівнянні з фоновими територіями;

- встановлено кореляційний зв'язок накопичення валових форм Плюмбуму та Купруму у ґрунтах із біологічними, фізико-хімічними показниками ґрунтів: рН, гранулометричним складом, активністю уреаз, вмістом сполук Нітрогену, гумусу, чисельністю водоростей; вмісту хлорид-іонів і сульфат-іонів із кількістю опадів, біомасою водоростей;
- сформовано ряд міських територій за зменшенням величин коефіцієнта концентрації (Кс) Плюмбуму та Купруму наступної послідовності: санітарно-захисна зона > селітебна зона > ландшафтно-рекреаційна зона > транспортна зона;
- на території міста Маріуполь виявлено 81 вид ґрунтових водоростей, які належать до 38 родів, 29 родин, 19 порядків, 7 класів, 6 відділів, також проведено таксономічний та екологічний аналіз альгоугруповань;
- виділені специфічні ознаки водоростевих угруповань ґрунтів під деревною і трав'яною рослинністю в різних функціональних зонах міста;
- вивчена сезонна динаміка складу, чисельності та біомаси водоростей різних едафотопів м. Маріуполя;
- описані морфологічні особливості, а також здійснено молекулярно-генетичні дослідження штаму *Parietochloris* sp.;
- представлена комплексна еколого-біологічна оцінка едафотопів різних функціональних зон м. Маріуполя на основі досліджених показників.

*Подальшого розвитку набули:*

- наукові засади вивчення біоти ґрунтів урбоєкосистем;
- принципи інтегрального підходу для оцінки трансформаційних змін ґрунтів урбоєкосистем.

*Поглиблено уявлення щодо:*

- біологічних та екологічних особливостей ґрунтового покриву урбанізованих територій;
- застосування комплексного підходу для еколого-біологічної оцінки ґрунтів урбанізованих територій.

**Практичне значення роботи.** Результати досліджень доповнюють існуючі дані про фізико-хімічні властивості ґрунтів Маріуполя, їх біологічну активність та видовий склад і кількісні показники ґрунтових водоростей. Вони можуть бути використані для еколого-біологічної оцінки та моніторингу едафотопів різних функціональних зон м. Маріуполя. Отримані дані впроваджені в навчальний процес при читанні курсів «Екологія рослин і тварин», «Основи біоценології», «Урбоєкологія та фітомеліорація» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького, «Основ профмедицини та екології», «Медичної біології» у Бердянському медичному коледжі. Дані використовуються Екологічною інспекцією в Донецькій області для оцінки впливу підприємств на природне середовище регіону.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертація є особистою науковою працею автора. Підбір та опрацювання літературних джерел, концептуальна розробка програми досліджень, відбір проб, проведення лабораторних фізико-хімічних, ґрунтового-альгологічних, мікробіологічних та біохімічних досліджень, математична

обробка експериментального матеріалу, аналіз і узагальнення отриманих результатів, теоретичне обґрунтування матеріалу, а також формулювання висновків проведено автором особисто упродовж 2007-2015 рр. Молекулярно-генетичні дослідження здійснювалися під керівництвом к.б.н. Є.І. Мальцева на базі лабораторії систематики і географії водних рослин Інституту біології внутрішніх вод ім. І.Д. Папаніна. Права співавторів публікацій при написанні дисертації та автореферату не порушено.

**Апробація результатів дисертації.** Результати роботи були представлені й розглянуті під час міжнародних наукових конференцій та симпозіумів: «Сахаровські читання: екологічні проблеми XXI століття» (Мінськ, 2011); «Екологія мегаполісів: фундаментальні основи й інноваційні технології» (Москва, 2011); «Регіональні екологічні проблеми» (Одеса, 2012); «Фіторізноманіття природних й антропогенних ландшафтів» (Мелітополь, 2012); «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Ужгород, 2012; Щолкіно, 2013); на Всеукраїнських наукових конференціях: «Екологічні проблеми регіонів України» (Одеса, 2012); «Біорізноманітність і стійкий розвиток» (Сімферополь, 2012; 2014).

**Публікації.** За дисертаційними матеріалами опубліковано 17 наукових праць (13 із них самостійних), у тому числі 9 статей, з них: у фахових виданнях України, які входять до переліку МОН України (2); у фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних (4); у наукових виданнях України, які входять до наукометричних баз даних (1); в іноземних виданнях (2), у т.ч. що входять до міжнародної наукометричної бази даних «Scopus» (1) та матеріали міжнародних та Всеукраїнських симпозіумів і наукових конференцій (8).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи – 385 сторінок, з них основний текст на 152 сторінках, робота ілюстрована 30 таблицями та 23 рисунками. Список цитованих джерел включає 335 найменувань, у тому числі 72 іноземною мовою.

**Подяки.** Автор щиро вдячна за допомогу, цінні поради та рекомендації надані при виконанні роботи науковому керівникові професору, доктору біологічних наук І.А. Мальцевій та члену-кореспонденту НАН України, доктору біологічних наук, професору А.П. Травлєєву.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ҐРУНТІВ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

Проведено аналітичний огляд літературних джерел, присвячених вивченню урбоєкосистем. Розглянуто сучасний стан проблеми, особливості функціонування міських едафотопів в умовах аеротехногенного надходження поллютантів, вплив на властивості ґрунтів процесів акумуляції і трансформації важких металів (ВМ) та ін. забруднювачів (Кучерявий, 2001; Мірзак, 2001; Хакимов и др., 2006; Degryse et al., 2008 та ін.). Висвітлено головні напрямки сучасного екомоніторингу урбоєкосистем (Хоружая, 2002; Сердюк, 2004, 2005; Волкова и др., 2005; Цветкова та ін., 2016, Ecosystems ..., 2003; Linde et al., 2007 та ін.). Детально проаналізовані підходи до

вивчення змін біологічної активності міських ґрунтів. Показано перспективність подальшого пошуку високоінформативних показників, у тому числі за рахунок застосування біоіндикаційних підходів, для діагностики властивостей ґрунтів, які зазнають різноманітних форм антропогенної деградації, у тому числі внаслідок урбанізації. Висвітлено стан дослідження водоростей ґрунтів урбоекосистем (Штина, Некрасова, 1985; Кузнецова, 2006; Кондакова, Висич, 2011; Hargreaves, Carnol, 2000; Matuła et al., 2007 та ін.). Зроблено висновок про доцільність комплексного підходу до вивчення еколого-біологічних властивостей ґрунтів міських територій із залученням як фізико-хімічних, біохімічних, мікробіологічних так і даних щодо їх мікрководоростевого населення для оцінки їх стану.

### **ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Подані відомості про геоморфологію, рельєф, клімат, ґрунтовий покрив, гідрографію, а також дані про трансформацію природних умов внаслідок урбанізації на основі літературних джерел (Маринич, 1985; Воинственский, 1986; М'ягченко, 1999; Марченко, 2002; Томільцева, 2003; Гетелюк, 2003; Тохтарь, 2005).

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Для встановлення еколого-біологічних особливостей едафотопів міста Маріуполя були закладені 9 пробних площ (ПП) у різних функціональних зонах міста: селітебній, транспортній, ландшафтно-рекреаційній та санітарно-захисній зоні (СЗЗ) промислових підприємств (рис. 1). В якості фонових (еталонних) були закладені ПП у лісовому заказнику «Азовська дача» (ФЛ) і відділенні Українського степового природного заповідника «Кам'яні могили» (ФС).



Рис. 1. Карта-схема розташування пробних площ на території міста Маріуполя: 1 – РЗАМ – ландшафтно-рекреаційна зона біля промвузла «Азовмаш», пр. Ілліча (пр. Бойка В.С.) (деревні насадження парку); 2 – РЗАМ<sub>т</sub> – ландшафтно-рекреаційна зона біля промвузла «Азовмаш», вул. Тополина (лісонасадження); 3 – РЗАМ<sub>к</sub> – ландшафтно-рекреаційна зона промвузла «Азовмаш», пр. Карпова (газон); 4 – СЗКІ – СЗЗ металургійного комбінату «ім. Ілліча», біля перехрестя вул. Левченко і пр. Ілліча (лісонасадження); 5 – СЗАС – СЗЗ металургійного комбінату «Азовсталь», вул. Набережна (газон); 6 – СЦТ – селітебна зона, центральна частини міста біля площі Театральної (газон); 7 – СЦЛ – селітебна зона, центральна частини міста, біля перехрестя пр. Металургів і пр. Леніна (пр. Миру) (газон); 8 – АМВ – транспортна зона, виїзд на транзитну трасу до смт Володарське (сmt Нікольське) (лісонасадження); 9 – АММ – транспортна зона, виїзд на транзитну трасу до смт Мангуш (лісонасадження).

Для лабораторних досліджень відібрано посезонно протягом 2008–2015 рр. 967 усереднених ґрунтових зразків (з них для вивчення фізико-хімічних і біохімічних показників ґрунтів – 688, для ґрунтово-альгологічних і мікробіологічних досліджень – 279). Зразки відбиралися посезонно у різних генетичних горизонтах ґрунту з глибин: 0-5 см, 5-10 см, 10-30 см, 30-60 см, 60-90 см. Відбір зразків ґрунту для дослідження фізико-хімічних, агрохімічних і біохімічних показників ґрунту здійснювався згідно стандартів (ДСТУ ISO 10381-2:2004; Булатов, 1999), для ґрунтово-альгологічних досліджень за стандартними методиками (Голлербах, Штина, 1969; Кузяхметов, Дубовик, 2001).

Гранулометричний склад визначали за Н.А. Качінським (1958). Вміст Пльомбуму, Купруму встановлювали полярографічним методом, підготовка проб проводилася шляхом вологої мінералізації. Сульфати досліджували гравіметричним методом, хлориди – титрометричним за відповідними методикам (Булатов, 1999), Нітроген загальний за методом К'ельдаля; Нітроген амонійний – фотоколориметричним методом із реактивом Неслера; Нітроген нітратний – методом Грандваль-Ляжу; рН сольової та водяної витяжок із ґрунту – потенціометричним методом; вмісту гумусу, Карбону органічних сполук ґрунту – методом вологого озоління за Тюріним (Аринушкіна, 1970). Уреазна активність ґрунту визначалася за Щербаковою (Булатов, 1999). Виділення мікроорганізмів і облік їх загальної чисельності (ЗМЧ) проводилися методом граничних розведень ґрунтової суспензії на агарові стерильні поживні середовища (Звягнцев, 1991).

Для виявлення видового складу водоростей використовували метод ґрунтових культур із скельцями обростання й культури на агаризованих середовищах (Кузяхметов, Дубовик, 2001). Визначення водоростей проводили на оптичному мікроскопі «XSM-20» при збільшенні  $\times 1000$  і застосуванні масляної імерсії. Для уточнення таксономічного статусу штаму *Parietochloris* sp. застосовували молекулярно-генетичні методи дослідження ядерного гена 18S рДНК. Ампліфікацію фрагмента гена 18 рДНК довжиною 1661 пн. проводили за допомогою пари праймерів 18S-FA2 (ACC TGG TTG ATC CTG CCA GTA) і 18S-RB2 (GAT CCT TCT GCA GGT TCA CCT ACG) (Nakada, 2010). Реконструкцію філогенезу здійснювали методами максимальної правдоподібності (ML) і Баєса (BI) із застосуванням моделі GTR+G+I (Darriba, Posada, 2012). Дерево ML будували в on-line програмі PhyML (<http://mobyle.pasteur.fr>) з перевіркою його стійкості 1000 бутстреп-репліками. BI аналіз проводили за допомогою програми MrBayes-3.2.5 (Ronquist, Huelsenbeck, 2003). Отримана послідовність депонована в базі даних NCBI (GenBank) під номером KU948224.

Видову належність водоростей встановлювали використовуючи різні видання визначників, монографії, статті (серії «Визначник прісноводних водоростей Української РСР», «Определитель пресноводных водорослей СССР», «Susswasserflora von Mitteleuropa», Ettl, Gartner, 1995 та ін.). Таксономічна структура відділу *Cyanoprokaryota* у роботі наведена згідно системи І. Комарека і К. Анагностідіса (Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013), враховуючи дані видання «Algae of Ukraine» (2006) та окремих монографічних робіт (Коваленко,

2009; Виноградова, 2012); для еукаріотичних водоростей використана система наведена в «Algae of Ukraine» (2006; 2009; 2011; 2014). Також враховували дані електронних видань (<http://www.cyanodb.cz>; <http://www.algaebase.org>).

Кількісний облік водоростей проводили методом прямого підрахунку, біомасу визначали об'ємно-розрахунковим методом (Штина, Голлербах, 1976; Bellinger, 2010). Склад морфотипів водоростей встановлювали за класифікацією Ж.Ф. Півоварової та Л.В. Факторович (2001). Активність видів у структурі альгоугруповань розраховували за методикою Г.Г. Кузяхметова і І.Є. Дубовик (2001). Гетерогенність видового складу водоростей оцінювали за коефіцієнтами Жаккара, С'еренсена-Чекановського (Кузяхметов, Дубовик, 2001).

Одержані дані опрацьовували методами математичної статистики із застосуванням кореляційно-регресійного аналізу. Обчислення здійснювали за допомогою пакету прикладних програм статистичної обробки даних Statistica 6, MS Excel 2010. Достовірність розрахованих параметрів визначали за допомогою критерію Стюдента на рівні значимості 0,05 (Зайцев, 1973).

## **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ГРУНТІВ м. МАРІУПОЛЯ**

Наведені результати досліджень гранулометричного складу, вмісту важких металів, гумусу, сполук Нітрогену, змін рН, ферментативної і мікробіологічної активності ґрунтів урбоєкосистем Маріуполя в порівнянні з фоновими територіями.

**Фізико-хімічна характеристика едафотопів урбанізованих територій.** Ґрунти урбоєкосистем характеризуються підвищеним вмістом Плюмбуму і Купруму (табл. 1).

Таблиця 1

### **Коефіцієнт концентрації ( $K_c$ ) Купруму й Плюмбуму у ґрунтах досліджених ПП**

| ПП, зони міста                                | Разом $K_c$ , $M \pm tm_M$ | $K_c$ Cu        | $K_{ГДК}$ Cu                 | $K_c$ Pb        | $K_{ГДК}$ Pb                 |
|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|
| ФЛ (фоновий лісовий біогеоценоз)              | $0,71 \pm 0,32$            | 0,15            | 1,56/0,99                    | 1,26            | 0,74/0,51                    |
| ФС (фоновий степовий біогеоценоз)             | $0,34 \pm 0,13$            | 0,11            | 0,95/0,73                    | 0,57            | 0,29/0,23                    |
| СЗКІ, СЗАС<br>(санітарно-захисна зона)        | $1,53 \pm 0,76$            | 0,22            | 4,89/1,45                    | 2,84            | 3,07/1,15                    |
| РЗАМ, РЗАМ <sub>т</sub><br>(рекреаційна зона) | $1,24 \pm 0,64$            | 0,13            | 1,14/0,89                    | 2,34            | 1,41/0,95                    |
| СЦТ, СЦЛ<br>(селітебна зона)                  | $1,32 \pm 0,68$            | 0,13            | 1,60/0,85                    | 2,50            | 2,00/1,01                    |
| АММ, АМВ<br>(транспортна зона)                | $0,76 \pm 0,36$            | 0,14            | 2,53/0,95                    | 1,38            | 1,17/0,56                    |
| Разом ґрунти міста<br>Маріуполь, $M \pm tm_M$ | $1,21 \pm 0,49$            | $0,16 \pm 0,02$ | $\frac{2,54}{1,04 \pm 0,11}$ | $2,27 \pm 0,26$ | $\frac{1,91}{0,92 \pm 0,10}$ |
| Контроль (кларк) для Донбасу                  |                            | 20,0 мг/кг      |                              | 13,0 мг/кг      |                              |
| ГДК валових форм (загальносанітарний)         |                            | 3,0 мг/кг       |                              | 32,0 мг/кг      |                              |

Примітка. У чисельнику ( $K_{ГДК}$ ) коефіцієнт до ГДК максимальних показників ВМ, у знаменнику – до ГДК їх середніх значень у верхньому шарі ґрунту (0-10 см).

Пріоритетним забруднювачем ґрунтів Маріуполя є Плюмбум, коефіцієнти концентрації якого коливаються залежно від міської зони в діапазоні 1,84-3,05 для верхнього шару ґрунту 0-5 см і 0,91-3,09 – для шару 5-10 см. Вмісту металу в верхньому шарі відповідає 1,03 ГДК і зменшується з глибиною до 0,81 ГДК. Концентрація Купруму у поверхневому шарі 0-5 см майже доходить до верхньої межі ГДК (0,92 ГДК) і зростає в шарі 5-10 см до 1,17 ГДК. Проте коефіцієнти концентрації значно менші порівняно із Плюмбумом і становлять 0,12-0,17 для шару 0-5 см і 0,12-0,24 – для шару 5-10 см.

Досліджені міські екосистеми за зменшенням забруднення Плюмбумом та Купрумом формують наступну послідовність: санітарно-захисна зона промислових підприємств > селітебна зона > ландшафтно-рекреаційна зона > транспортна зона.

Аналіз гранулометричного складу ґрунтів урбанізованих територій Маріуполя свідчить про переважання важкосуглинних варіантів (вміст фізичної глини  $53,03 \pm 13,29$  % із значною кількістю мулистих часток –  $28,93 \pm 10,78$  %). Для ґрунтів усіх досліджуваних варіантів міської і фонові території властиве збільшення вмісту фізичної глини вниз за профілем.

Для ґрунтів міста Маріуполя характерне зміщення реакції середовища в лужний бік порівняно з фоновими територіями. Підлугування відбувається на всіх досліджених глибинах ґрунтового профілю (до 90 см). Показники рН водної й сольової витяжок ґрунтів урбанізованих територій на глибині 0-10 см становлять 7,69-8,44 [рН(KCl) – 6,86-7,29]. Головні центри підлугування ґрунтів міста наближені до зон промислових підприємств ( $8,05 \pm 0,23$ ) та автомобільних шляхів ( $8,08 \pm 0,40$ ).

Особливістю міських ґрунтів району досліджень є переважання вмісту хлорид-іона порівняно з сульфат-іоном. Динаміка вмісту хлорид- і сульфат-іонів у ґрунтах м. Маріуполя пов'язана як із водним режимом ґрунтів і кліматичними факторами, так і з процесами імпульверизації ґрунтів солями, які приносяться з повітрям із морського узбережжя та аеротехногенним впливом.

У ґрунтах урбоекосистем кількість гумусу (від 4,17 % до 5,05 %) відповідає вмісту в фонових ґрунтах. Разом із тим ґрунти міської території характеризуються меншим збагаченням гумусу на сполуки Нітрогену, що свідчить про зміни в них рівноваги процесів гуміфікації та мінералізації. Співвідношення C:N у міських ґрунтах становить 13,4; у фонових – 9,7.

**Ферментативна та мікробіологічна активність ґрунтів.** Активність уреазі різниться у ґрунтах досліджених ПП і у ґрунтах урбанізованих територій в 2,5-2,9 разів менша, ніж у фонових. Найнижчою вона є у ґрунтах СЗЗ металургійних комбінатів, а також селітебної зони центральної частини міста ( $5,11 \pm 0,72$  мкг N-NH<sub>3</sub>, 3 год./г абс. сух. ґрунту) (рис. 2). На цих же ПП знижена й чисельність бактерій: показники варіюють у інтервалі 0,02-1,2 млн. КУО/г абс. сух. ґрунту у варіантах СЗКІ і СЗАС, що складає 0,2-10,2 % від фонових значень.

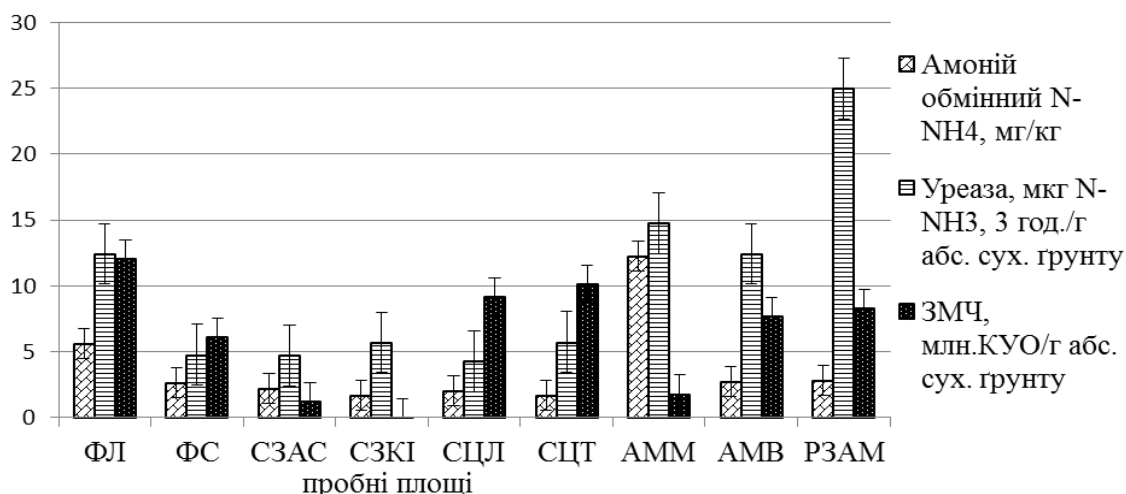


Рис 2. Показники біологічної активності ґрунтів району досліджень, по осі – числове значення відповідно до одиниць вимірювання показника.

В активності уреазы та чисельності бактерій простежується висока залежність як від сезону та типу біогеоценозу, так і від субстратного забезпечення, яке змінюється по-різному в різні сезони в різних біогеоценозах.

## ВОДОРОСТІ ҐРУНТІВ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Особливості складу ґрунтових водоростей урбоєкосистем та фонових заповідних територій.** У цілому у ґрунтах урбоєкосистем Маріуполя та фонових заповідних територій виявлено 103 види водоростей із 6 відділів, 8 класів, 19 порядків, 29 родин, 47 родів.

Альгоугруповання заповідного степового біогеоценозу нараховує 53 види водоростей: *Cyanoprocaryota* – 17 видів (32 %), *Chlorophyta* – 16 (30 %), *Xanthophyta* – 8 (15 %), *Bacillariophyta* – 7 (13 %), *Charophyta* 3 (6 %) та *Eustigmatophyta* 2 (4 %). У спектрі провідних родин найвагомішу роль відіграють: *Phormidiaceae*, *Pseudanabaenaceae*, *Pleurochloridaceae*. Домінантні види є представниками відділів *Cyanoprocaryota* та *Chlorophyta*. У спектрі морфотипів водоростей основу роль відіграють нитчасті (трихальні) організми, на другому місці – одноклітинні нерухливі водорості.

Водоростеве угруповання штучного деревного насадження лісового заказника складається з 53 видів водоростей. Відмічено переважання представників із відділів *Chlorophyta* – 26 видів (49 %) та *Xanthophyta* – 9 (17 %), що характерно для альгоугруповань лісових фітоценозів як лісової (Алексахина, Штина, 1984) так і степової зони (Мальцева, 2009). Різноманіття видів інших відділів менше. Перші місця спектру провідних родин займають: *Chlorococcaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Chlamydomonadaceae*. Комплекс домінантів і субдомінантів формують види з різних відділів, але ядро складають представники *Chlorophyta*.

При вивченні водоростей заказника виявлено та виділено в культуру штам, який відповідав роду *Parietochloris* S. Watanabe & G.L.Floyd, але за рядом

морфологічних ознак не був ідентичний жодному з описаних видів. Для уточнення таксономічного статусу штаму *Parietochloris* sp. була отримана послідовність ядерного гена 18S rDNA (депонована в базі даних NCBI (GenBank) під номером KU948224) та проведено молекулярно-філогенетичний аналіз. Встановлено, що за 18S rDNA штаму *Parietochloris* sp. є близьким до *Parietochloris alveolaris* (H.C. Bold) S. Watanabe & G.L.Floyd in Deason, Silva, Watanabe & Floyd і *P. pseudalveolaris* (T.R. Deason & H.C. Bold) S. Watanabe & G.L.Floyd і проявляє більшу подібність із останнім. Однак морфологічні дослідження показали, що штаму *Parietochloris* sp. не утворює слиз навколо клітин протягом всього періоду спостереження за культурою (12 міс.), не формує клітини неправильної форми, має розміри вегетативних клітин до 33 мкм і утворює до 64 зооспор, чим відрізняється від найбільш близьких до нього видів. У подальшому, базуючись на морфологічних і молекулярно-філогенетичних ознаках, штаму *Parietochloris* sp. може бути описаний як новий вид роду *Parietochloris*.

По 33 види водоростей відмічено у ґрунтах пробних площ СЗЗ (СЗАС, СЗКІ). На частку *Chlorophyta* на різних ПП припадає від 13 до 19 видів (40-58 %), *Cyanoprocaryota* – 4-10 (12-30 %), *Bacillariophyta* – 3-6 (9-18 %), *Xanthophyta* – 2-3 (6-9 %), інші відділи мають незначний внесок. На ПП «СЗАС», де фітоценоз представлено газonom, у складі провідних головну роль відіграють родини з відділів *Cyanoprocaryota* і *Chlorophyta*, а на ПП СЗКІ з лісонасадженням – *Chlorophyta*.

Альгоугруповання ґрунтів селітебної зони досліджувалися на двох пробних площах (СЦТ і СЦІ), які представлені газонами біля житлових будинків. У цілому було виявлено 33 види водоростей: *Cyanoprocaryota* – 13 видів (40 %), *Chlorophyta* – 9 (27 %), *Bacillariophyta* – 5 (15 %), *Xanthophyta* – 3 (9 %), *Charophyta* – 2 (6 %) та *Eustigmatophyta* – 1 (3 %). До провідних віднесена одна родина – *Phormidiaceae*.

Альгоугруповання ПП із штучними деревними насадженнями транспортної зони (АМВ, АММ) включає 30 видів. Переважають представники відділів *Chlorophyta* і *Cyanoprocaryota* – відповідно 13 видів (44 %) і 7 (23 %). Основу альгоугруповань складають три родини: *Phormidiaceae*, *Chlorococcaceae*, *Naviculaceae*.

Ґрунтові водорості міських ландшафтно-рекреаційних зон налічують 51 вид. Домінуючими за кількістю видів є відділи *Chlorophyta* – 22 види (43 %) і *Cyanoprocaryota* – 10 (19 %), далі *Xanthophyta* і *Bacillariophyta* – 8 (16 %) і 7 (14 %) відповідно. Внесок інших відділів незначний. До провідних належить 7 родин які об'єднують 29 видів (56,9 % усього видового багатства): *Phormidiaceae*, *Chlorellaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Chlorococcaceae*, *Naviculaceae*, *Eustigmataceae*.

У цілому на території міста було знайдено 81 вид ґрунтових водоростей: *Chlorophyta* – 31 вид (38 %) і *Cyanoprocaryota* – 25 (31 %). Частка представників інших відділів менша: *Xanthophyta* – 10 видів (12 %), *Bacillariophyta* – 8 (10 %), *Eustigmatophyta* – 4 (5 %) та *Charophyta* – 3 (4 %).

**Чисельність і біомаса ґрунтових водоростей урбоекосистем та фонових заповідних територій.** Найактивніше водорості заселяють гумусово-акумулятивний горизонт і особливо самі верхні його шари, що проявляється у змінах їх чисельності й біомаси за профілем. Чисельність і біомаса ґрунтових водоростей на ділянках міста Маріуполя відрізняються від фонових та між собою, і характеризуються значною варіабельністю. Висока чисельність водоростей у едафотопях урбоекосистем не завжди супроводжується високими значеннями біомаси, що пов'язано з розмірами клітин водоростей, які її формують. Найбільшу біомасу водорості формували в едафтопах транспортної зони під лісовими насадженнями за рахунок зелених водоростей і врахованих разом із ним відділів *Xanthophyta*, *Eustigmatophyta*, *Charophyta*. Сезонна динаміка чисельності основних відділів водоростей ґрунтів фонових та міських територій схожа. Максимальна кількість клітин водоростей спостерігається навесні, і є високою також восени. Улітку чисельність водоростей є найменшою.

**Порівняльний аналіз особливостей угруповань водоростей різних едафотопів.** Урбанізація змінює ознаки угруповань ґрунтових водоростей, властивих зональним біогеоценозам (Сіубус, 2005; Чубук, 2005; Кабиров, 2007; Аксенова, 2010). Зелені насадження міста Маріуполь сформовані як деревною, так і трав'яною рослинністю (газони). Останні найбільше відповідають зональній для степу трав'яній рослинності. Склад і таксономічна структура альгоугруповань досліджених фонових лісових і степових біогеоценозів відповідає характерним для них ознакам, що встановлено при порівняльному аналізі з літературними джерелами (Штина, 1976; Шушуева, 1985; Шалару, 1994; Леванец, 1999; Мальцева, 2003, 2004 2009; Чорневич, 2008; Асфандиярова, 2006, 2009; Ахмедьянов, 2009; Щербіна, 2012; Кузяхметов, 1991, 2006; Баранова та ін., 2009 та ін.). Для лісових альгоугруповань встановлено переважання зелених і жовтозелених водоростей, для степових – ціанопрокаріот і зелених водоростей (рис. 3).

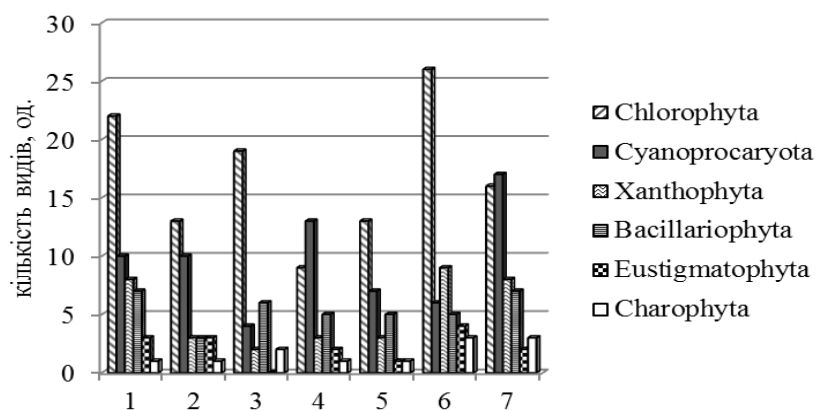


Рис. 3. Склад альгоугруповань фонових та міських територій. Номерами позначені ПП: 1 – РЗАМ, РЗАМ<sub>т</sub>; 2 – СЗАС; 3 – СЗКІ; 4 – СЦТ, СЦЛ; 5 – АММ, АМВ; 6 – ФЛ; 7 – ФС.

Альгоугруповання урбоекосистем із деревними насадженнями також характеризуються високим різноманіттям зелених водоростей, а з трав'яною рослинністю – переважанням ціанопрокаріот. Проте, не залежно від типу

фітоценозу, у структурі водоростевих угруповань ландшафтно-рекреаційної, транспортної та селітебної зони міста спостерігається збільшення ролі ціанопркаріот, а на території санітарно-захисної зони – зелених водоростей, що слід розглядати як результат урбаногенних змін. Ще однією особливістю угруповань міста є зменшення ролі *Xanthophyta* в їх складі.

Для альгоугруповань фонових і міських територій спільними є 61 вид, що складає 59,2 % їх різноманіття. Найбільшу подібність між собою мають альгоугруповання СЗЗ, селітебної і транспортної зони міста, а угруповання ландшафтно-рекреаційної зони – із фоновим лісовим насадженням.

У складі водоростей урбоекосистем переважають одноклітинні нерухомі (кокоїдні) і нитчасті (трихальні) морфотипи – 45 % і 36 % відповідно. При аналізі на рівні окремих едафотопів і притаманних їм угрупованням водоростей виділяється ряд закономірностей, що фіксують антропогенні зміни що в них відбулися порівняно з фоновими біогеоценозами. Так, у складі альгоугруповань едафотопів під деревними насадженнями ландшафтно-рекреаційної, транспортної та СЗЗ частка нитчастих (трихальних) водоростей є найменшою, а коккоїдних – найбільшою в порівнянні з іншими територіями. Для селітебних територій характерно зростання ваги в альгоугрупованнях нитчастих (трихальних) і колоніально-трихальних водоростей. Останні відсутні у СЗЗ, хоча кожна з досліджених СЗЗ (СЗАС та СЗКІ) має свої специфічні риси у спектрі морфотипів водоростей, що може бути пов'язано з різними екологічними умовами які їм відповідають.

Таким чином, угруповання водоростей різних едафотопів міської території відрізняються й мають певні специфічні риси, які можуть бути використані для їх екологічної оцінки. Найбільш різноманітний склад водоростей ґрунтів ландшафтно-рекреаційних територій, а ґрунти СЗЗ, які безпосередньо прилягають до промислових зон, транспортних і селітебних зон характеризуються збідненим видовим складом, перебудовами в систематичній структурі, складі домінантів, змінами чисельності порівняно з альгоугрупованнями біогеоценозів фонових територій. Усе це свідчить про набуття угрупованнями водоростей ґрунтів урбоекосистем антропогенних рис.

### **ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕДАФОТОПІВ МІСТА МАРІУПОЛЯ**

Ґрунтовий покрив різних частин міста Маріуполя відрізняється за фізико-хімічними властивостями, а також біологічними показниками.

На загальному фоні переважання важко суглинистих мулистокрупнопилуватих ґрунтів на території Маріуполя є едафотопи, де на піщану фракцію доводиться до 37,27 %. Використовуючи гранулометричний склад як один із показників екологічної стійкості ґрунтів, едафотопи ПП міста СЗКІ, АМВ, АММ із більш важким гранулометричним складом, можна віднести до більш стійких, здатних у більшій ступені поглинати і зв'язувати у ґрунтово-вбирному комплексі ВМ та інші забруднювачі техногенного походження порівняно із СЦТ, СЗАС, РЗАМ, які характеризуються більш легким гранулометричним складом.

Вміст гумусу у ґрунтах урбоєкосистем знаходиться в діапазоні фонових значень (4,17 – 5,05 %), проте характеризується меншим збагаченням на сполуки Нітрогену, що може бути показником убраногенних змін. Порівняно з фоновими ґрунтами в урбоєкосистемах Маріуполя відмічена зміна значень актуальної й обмінної кислотності (рН) у бік підлуговування.

Застосування кластерного аналізу підтвердило багатofакторність впливів і взаємозв'язків у ґрунті різних досліджуваних параметрів, які зумовлюють його фізико-хімічні властивості й еколого-біологічний потенціал (рис. 4) і виявило найбільш значимі серед них для накопичення ВМ: для Купруму – вміст мулистofракції у гранулометричному складі ґрунту, для Плюмбуму – вміст гумусу і рН.

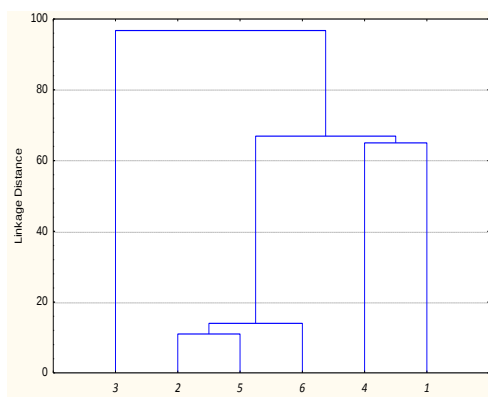


Рис. 4. Дендрограма виявлення взаємозв'язку (міра зв'язку – евклідова відстань) між вмістом валових форм Купруму (1) і Плюмбуму (2) у ґрунтах м. Маріуполя та вмістом у гранулометричному складі фізичної глини (3), фракції мулу (4), гумусу (5), рН (6).

Накопичення ВМ у поверхневих шарах ґрунту Маріуполя в залежності від їх концентрації викликає як стимуляцію, так і пригнічення ферментативної активності, чисельності бактерій та ґрунтових водоростей (рис. 5).

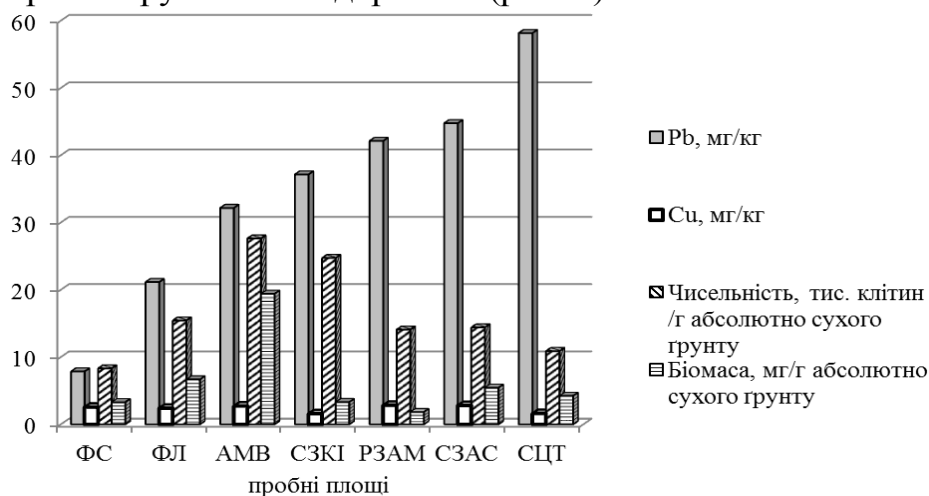


Рис. 5. Вміст Плюмбуму і Купруму та зміни чисельності й біомаси водоростей у шарі 0-10 см акумулятивно-гумусового горизонту досліджених ґрунтів, по осі – числові значення відповідно до одиниць вимірювання показника.

При наближенні концентрацій Плюмбуму і Купруму до токсичних рівнів (32,16 мг/кг – для Плюмбуму і 2,72 мг/кг – для Купруму) в урбанізованих ґрунтах зменшується ферментативна активність (наприкладі уреази) та чисельність бактерій і водоростей, що може бути показником ступеня їх антропогенної трансформації.

У змінах чисельності водоростей, крім сезонних і тих, що пов'язані із накопиченням ВМ, спостерігається залежність від вмісту у ґрунті часток фізичної глини. У ґрунтах більш легкого гранулометричного складу чисельність і біомаса водоростей зменшуються, а глибина їх поширення збільшується. Чисельність водоростей знаходиться у зворотній кореляційній залежності з мулистю фракцією ґрунтів ( $r=-0,57$ ).

Кластерний аналіз структури альгогрупувань на рівні різноманіття видів та морфотипів водоростей підтвердив існування різних груп міських урбоальгогрупувань: «рекреаційної», до якої входять альгогрупування ландшафтно-рекреаційних територій і яка має схожість із фоновими штучними лісовими біогеоценозами степової зони; «техногенної», яка об'єднує альгогрупування СЗЗ промислових територій, «транспортної», яка поєднує селітебну й транспортну території міста. При цьому альгогрупування міських територій під деревними насадженнями та на газонах, при віднесенні їх до відповідної групи урбоальгогрупувань, зберігають специфічні особливості пов'язані з едифікаторною вищою рослинністю: деревною або трав'яною.

На основі отриманих даних щодо фізико-хімічних властивостей ґрунтів Маріуполя та їх біологічної активності, наведена комплексна оцінка едафотипів різних міських зон (СЗЗ, селітебної, транспортної, ландшафтно-рекреаційної), де представлені значення досліджених показників: гранулометричний склад, рН, вміст гумусу, співвідношення C:N, вміст Нітрогену амонійного і нітратного, хлорид- і сульфат-іонів, Плюмбуму та Купруму, активність уреази, ЗМЧ, чисельність водоростей, домінанти і специфічні види водоростевих угруповань.

## ВИСНОВКИ

1. За гранулометричним складом ґрунтовий покрив різних частин міста Маріуполя відрізняється й представлений переважно варіантами з високим вмістом муистої фракції, що забезпечує його високу буферну здатність. Едафотопи з більш легким гранулометричним складом, відмічені у СЗЗ і селітебній зоні, потрапляючи під дію аеротехногенного впливу промислових підприємств і автомобільного транспорту, характеризуються меншою можливістю зв'язувати ВМ та інші забруднювачі техногенного походження.

2. Для ґрунтів міста Маріуполя характерне зміщення реакції середовища в лужний бік порівняно з фоновими біогеоценозами. Головні центри підлугування ґрунтів наближені до санітарно-захисних зон промислових підприємств та автомобільних шляхів.

3. Вміст гумусу у ґрунтах урбоєкосистем Маріуполя знаходиться в діапазоні фонових значень (4,17 – 5,05 %), проте характеризується меншим збагаченням на сполуки Нітрогену.

4. Пріоритетним політантам ґрунтів урбоєкосистем Маріуполя є Плюмбум:  $K_c = 0,16(Cu) + 2,27(Pb)$ . За зменшенням коефіцієнта концентрації валових форм ВМ, який характеризує техногенні аномалії, досліджені міські території формують наступну послідовність: санітарно-захисна зона > селітебна зона > ландшафтно-рекреаційна зона > транспортна зона. На основі кластерного аналізу встановлено, що найбільше значення для накопичення у ґрунті Купруму є вміст мулистої фракції, а для Плюмбуму – вміст гумусу і рН.

5. Ферментативна активність ґрунтів урбоєкосистем (на прикладі уреаз) у 2,5-2,9 разів менша, ніж у фонових. Найнижчою вона є у ґрунтах СЗЗ металургійних комбінатів, а також селітебної зони центральної частини міста ( $5,11 \pm 0,72$  мкг N- $NH_3$ , 3 год./г абс. сух. ґрунту). На цих же територіях знижена й чисельність бактерій: показники варіюють в інтервалі 0,02-1,2 млн. КУО/г абс. сух. ґрунту у варіантах «СЗКІ» і «СЗАС», що складає 0,2-10,2 % від фонових значень. Шляхом кореляційного аналізу змін показників рН і активності уреаз у ґрунтах підтверджено прямим зв'язком між ними ( $r = +0,73$ ). Виявлена достовірна кореляція співвідношень валових форм Плюмбуму та Купруму у ґрунтах з біологічними показниками: їх вміст впливає на показники уреаз ( $r = -0,72 \pm 0,07$ ;  $r = +0,50 \pm 0,06$  відповідно).

6. Накопичення ВМ у поверхневих шарах ґрунту Маріуполя в залежності від їх концентрації викликає як стимуляцію, так і пригнічення ферментативної активності, чисельності бактерій та ґрунтових водоростей. При наближенні концентрацій Плюмбуму і Купруму до токсичних рівнів ( $32,16$  мг/кг – для Плюмбуму і  $2,72$  – для Купруму) у ґрунтах урбанізованих територій зменшується ферментативна активність (на прикладі уреаз) та чисельність бактерій і водоростей.

7. У ґрунтах урбоєкосистем Маріуполя та фонових заповідних територій виявлено 103 види водоростей із 6 відділів, 8 класів, 19 порядків, 29 родин, 47 родів. На території міста знайдено 81 вид ґрунтових водоростей: *Chlorophyta* – 31 вид (38 %), *Cyanoprocarvota* – 25 (31 %), *Xanthophyta* – 10 (12 %), *Bacillariophyta* – 8 (10 %), *Eustigmatophyta* – 4 (5 %) та *Charophyta* – 3 (4 %). Склад і структура альгоугруповань газонів і деревних насаджень Маріуполя поряд із збереженням відповідно до основних рис степових і лісових угруповань набуває індивідуальних ознак у кожній з досліджених міських зон. Найбільш різноманітний склад водоростей ґрунтів міста відповідає ландшафтно-рекреаційній зоні, а ґрунти санітарно-захисної зони, які безпосередньо прилягають до промислових територій, транспортних і селітебних зон, характеризуються збідненим видовим складом, перебудовами в систематичній структурі, складі домінантів, змінами чисельності порівняно з альгоугрупованнями біогеоценозів фонових територій.

8. Найактивніше водорості заселяють гумусово-аккумулятивний горизонт і особливо самі верхні його шари, що проявляється у змінах їх чисельності й біомаси за профілем. Чисельність і біомаса ґрунтових водоростей урбоєкосистем і фонових територій характеризуються значною варіабельністю й подібною сезонною динамікою. Максимальна кількість клітин водоростей відзначається навесні і є високою восени. Улітку спостерігається найменша чисельність і біомаса водоростей.

9. Показники біомаси водоростей зменшуються при збільшенні у ґрунтах вмісту хлоридів ( $r=-0,90$ ) і сульфатів ( $r=-0,54$ ), а вміст цих іонів залежить від кількості опадів у кореляційній залежності  $r=-0,79$  і  $r=+0,62$  відповідно. Зміни біомаси та чисельності водоростей та активності уреазы мають односпрямований характер ( $r=+0,50$  і  $r=+0,63$  відповідно).

10. На основі кластерного аналізу виділені групи урбоальгоугруповань: «рекреаційна» (коефіцієнт кореляції  $r=+0,84$ ), до якої входить угруповання ландшафтно-рекреаційної зони Маріуполя і яка має подібність із фоновим штучним лісовим біогеоценозом; «техногенна», яка об'єднує угруповання СЗЗ ( $r=+0,89$ ) і «транспортна», яка поєднує угруповання селітебної й транспортної зони ( $r=+0,77$ ).

11. На основі отриманих даних щодо фізико-хімічних властивостей ґрунтів Маріуполя та їх біологічної активності наведена комплексна оцінка едафтопів різних міських зон (СЗЗ, селітебної, транспортної, ландшафтно-рекреаційної), де представлені значення досліджених показників: гранулометричний склад, рН, вміст гумусу, співвідношення C:N, вміст Нітрогену амонійного і нітратного, хлорид- і сульфат-іонів, Плюмбуму та Купруму, активність уреазы, ЗМЧ, чисельність водоростей, домінанти і специфічні види водоростевих угруповань.

12. Представлена інформація може бути використана для здійснення екологічного моніторингу в межах Маріуполя, а також використана для оцінки антропогенних змін інших урбоєкосистем, проведенні і плануванні природоохоронних заходів.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті в іноземних виданнях,*

*які входять до міжнародних наукометричних баз (\*SCOPUS, \*\*РИНЦ)*

1. \*Shekhovtseva O.G. Physical, Chemical, and Biological Properties of Soils in the City of Mariupol, Ukraine / **O.G. Shekhovtseva**, I.A. Mal'tseva // – Eurasian Soil Science. – 2015. – Vol. 48 No. 12. – P. 1393-1400. (Здобувачем проведено відбір проб, експериментальні дослідження, проаналізовано та узагальнено матеріал).
2. \*\*Шеховцева О.Г. Особенности физических, химических и биологических свойств почв города Мариуполь (Украина) / **О.Г. Шеховцева**, И.А. Мальцева // – Почвоведение. – 2014. – № 7. – С. 869-877. (Здобувачем проведено відбір проб, експериментальні дослідження, проаналізовано та узагальнено матеріал).

*Статті в наукових фахових виданнях України,*

*які входять до міжнародних наукометричних баз даних*

3. Шеховцева О.Г. Аэротехногенное изменение химических показателей поверхностного горизонта почв – основного места существования почвенных водоростей (на примере урбоэкосистем г. Мариуполя) / **О.Г. Шеховцева**, И.А. Мальцева // – Ґрунтознавство. – 2010. – Т. 11, № 1-2. – С. 91-96. (Здобувачем проведено відбір проб, експериментальні дослідження, проаналізовано та узагальнено матеріал).

4. Шеховцева О.Г. Биологическая активность урбанизированных почв (на примере Мариуполя) / **О.Г. Шеховцева** // – Ґрунтознавство. – 2011. – Т. 12, № 1-2. – С. 88-91.
5. Шеховцева О.Г. Ґрунтові водорості урбоекосистем міста Маріуполя / **О.Г. Шеховцева** // – Ґрунтознавство. – 2014. – Т. 15, № 1-2. – С. 63-69.
6. Шеховцева О.Г. Вплив вмісту іонів хлоридів і сульфатів у ґрунті урбоекосистем м. Маріуполя на склад і біомасу ґрунтових водоростей / **О.Г. Шеховцева, И.А. Мальцева** // – Екологія та Ноосферологія. – 2015. – Т. 26. – № 1-2. – С. 99-106. (Здобувачем проведено відбір проб, експериментальні дослідження, проаналізовано та узагальнено матеріал).

*Статті в наукових фахових виданнях України,  
які входять до переліку МОН України*

7. Шеховцева О.Г. Трансформація органічної речовини як екологічний індикатор порушення рівноваги в ґрунтах урбанізованих екосистем / **О.Г. Шеховцева** // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2010. – № 2. – С. 106-110.
8. Шеховцева О.Г. Водорості урбоекосистем міста Маріуполя / **О.Г. Шеховцева** // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського університету. – 2014. – Вып. 43.– С. 88-92.

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

9. Шеховцева О.Г. Почвенные альгосинузии урбоекосистем Донецкого Приазовья (на примере г. Мариуполя): матеріали міжнар. наук. конф. [«Фіторізноманіття природних і антропогенних ландшафтів»] (м. Мелітополь, 17-18 жовтня 2012 р.) / **О.Г. Шеховцева** // – Біологічний вісник. – МДПУ: Мелітополь: Друкарня «Люкс». – 2012. – № 3 (6). – С. 108-118.

*Матеріали наукових конференцій*

10. Шеховцева О.Г. Оценка состояния почв в урбоекосистемах Донецкого Приазовья Украины: материалы 11-й междунар. науч. конф. [Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века] (г. Минск, Республика Беларусь, 19-20 мая 2011 г.) / **О.Г. Шеховцева**. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – 2011. – С. 152-153.
11. Шеховцева О.Г. Уреазы как фактор регуляции азотного обмена в антропогенно-измененных почвах: материалы Всероссийского симпозиума [«Экология мегаполисов: фундаментальные основы и инновационные технологии»] (г. Москва, Россия, 21-25 ноября 2011 г.) / **О.Г. Шеховцева**. – Москва. – 2011. – С. 155.
12. Шеховцева О.Г. Эколого-биологические показатели почв г. Мариуполя (Украина): материалы Всероссийского симпозиума [«Экология мегаполисов: фундаментальные основы и инновационные технологии»] (г. Москва, Россия, 21-25 ноября 2011 г.) / **О.Г. Шеховцева**. – Москва. – 2011. – С. 154.

13. Шеховцева О.Г. Екологічний моніторинг міських ґрунтів Донецького Приазов'я: матеріали V междунар. науч. конф. [«Регіональні екологічні проблеми»] (м. Одеса, 21-23 березня 2012р.) / **О.Г. Шеховцева.** – Одеса: ОДЕКУ. – 2012. – С. 327-329.
14. Шеховцева О.Г. Зміни структури ґрунтових альгосинузій в умовах аеротехногенного забруднення урбанізованих територій: матеріали міжнар. наук. конф. [«Актуальні проблеми ботаніки і екології»], (м. Ужгород, 19-23 вересня 2012 р.) / **О.Г. Шеховцева.** - Ужгород: Вид-во ФОП Бреза А.Е., 2012. – С. 55-56.
15. Шеховцева О.Г. Почвенные альгогруппировки урбанизированных территорий г. Мариуполя: науч.-практич. конф. [«Биоразнообразие и устойчивое развитие»], (г. Симферополь, 12-15 сентября 2012г.) / **О.Г. Шеховцева.** – Симферополь: Крымский научный центр. – 2012. – С. 464-466.
16. Shekhovtseva O.G. The comparative analysis of the taxonomical groups of soil algae by example of Mariupol: матеріали міжнар. наук. конф. молодих вчених [«Актуальні проблеми ботаніки і екології»], (м. Щолкіне, 18-22 червня 2013 р.) / **О.Г. Шеховцева.** – Київ: Фітосоціоцентр. – 2013. – С. 59-60.
17. Шеховцева О.Г. Альгосинузії в системі моніторингу екологічного стану ґрунтів, які знаходяться в умовах аеротехногенного забруднення: науч.-практич. конф. [«Биоразнообразие и устойчивое развитие»], (г. Симферополь, 15-19 сентября 2014 г.) / **О.Г. Шеховцева** – Симферополь: Крымский научный центр. – 2014. – С. 393-394.

## АНОТАЦІЯ

**Шеховцева О.Г. Еколого-біологічна оцінка едафотопів урбоєкосистем міста Маріуполя.** – На правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, 2016.

Дисертація присвячена вивченню екологічних та біологічних характеристик ґрунтів урбанізованих екосистем на прикладі м. Маріуполя. Виявлено у ґрунтах урбоєкосистем Маріуполя та фонових заповідних територій 103 види водоростей з 6 відділів, 8 класів, 19 порядків, 29 родин, 47 родів. На території міста знайдено 81 вид ґрунтових водоростей: *Chlorophyta* – 31 вид (38 %), *Cyanoprocarvota* – 25 (31 %), *Xanthophyta* – 10 (12 %), *Bacillariophyta* – 8 (10 %), *Eustigmatophyta* – 4 (5 %) та *Charophyta* – 3 (4 %). Таксономічна структура альгоугруповань м. Маріуполя зберігає основні зональні риси степової зони на рівні відділів, у той же час набуває індивідуальні риси які залежать як від досліджених міських зон, так і типу біогеоценозу. Специфічні особливості мають альгоугруповання міських територій під деревними насадженнями та газонах. Найбільш різноманітний склад водоростей ґрунтів міста відповідає ландшафтно-рекреаційній зоні, а ґрунти санітарно-захисної транспортної й селітебної зон характеризуються збідненим видовим складом, перебудовами в систематичній структурі, складі домінантів, змінами чисельності порівняно з альгоугрупованнями біогеоценозів фонових територій. Аналіз таксономічної та екологічної структури ґрунтових водоростей району досліджень довів існування різних груп урбоальгоугруповань.

Відповідно встановленим основним фізико-хімічним характеристикам ґрунтів урбоекосистем Маріуполя, їх біологічної активності наведена комплексна оцінка едафотопів різних міських зон. Розглянуто посезонна динаміка та розподіл за глибиною показників біологічної активності в залежності від інших параметрів ґрунтів. Виявлена достовірна кореляція між співвідношеннями валових форм Плюмбуму та Купруму у ґрунтах із різними біологічними, фізико-хімічними показниками та гранулометричним складом; активністю уреаз, вмістом сполук Нітрогену, гумусу, чисельністю водоростей; між вмістом хлорид-іонів і сульфат-іонів і кількістю опадів, біомасою водоростей досліджуваних екосистем.

Отримані результати можуть бути використані для екологічного моніторингу та оцінки антропогенно-порушених ґрунтів.

**Ключові слова:** урбоекосистема, ґрунтові водорості, альгоугруповання, важкі метали, фізико-хімічні показники ґрунтів, біологічна активність ґрунтів.

## АННОТАЦИЯ

**Шеховцева О.Г. Эколого-биологическая оценка эдафотопов урбоекосистем города Мариуполя.** – На правах рукописи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепр, 2016.

Диссертация посвящена изучению экологических и биологических характеристик почв урбанизированных экосистем на примере г. Мариуполя. В почвах урбоекосистем и фоновых заповедных территорий обнаружено 103 вида водорослей относящихся к 6 отделам, 8 классам, 19 порядкам, 29 семействам, 47 родам. На территории города встречается 81 вид почвенных водорослей: *Chlorophyta* – 31 вид (38 %), *Cyanoprocarvota* – 25 (31 %), *Xanthophyta* – 10 (12 %), *Bacillariophyta* – 8 (10 %), *Eustigmatophyta* – 4 (5 %) та *Charophyta* – 3 (4 %). Таксономическая структура альгосообществ города сохраняет основные зональные черты степной зоны на уровне отделов, в то же время приобретает индивидуальные черты, которые зависят как от функциональных зон города, так и типа биогеоценоза. Специфические особенности имеют альгосообщества городских территорий под древесными насаждениями и газонами. В почвах под древесными насаждениями отмечено 71, под газонным покрытием – 51 вид с ведущим положением *Chlorophyta* соответственно: 28 (39,4 %) и 17 (33,3 %) видов, *Cyanoprocarvota* – 21 (29,6 %) и 18 (35,3 %). При этом наблюдается отклонение от установленных пропорций в сравнении с фоновыми территориями. Преобладают толерантные к неблагоприятным условиям виды. Максимальная численность водорослей в основном сосредоточена в верхних слоях почвы. Формирование профильной структуры почвенных водорослей связано с перераспределением их в подповерхностные горизонты с водными нисходящими потоками и с тонкодисперсной илистой фракцией почвенной массы ( $r=-0,57$ ).

Согласно установленных основных физико-химических характеристик почв урбоекосистем Мариуполя, их биологической активности проведена комплексная

оценка эдафотопов различных городских зон. Содержание гумуса находится в диапазоне фоновых показателей, но он обогащенный азотом в меньшей степени. Накопление валовых форм Купрума происходит вследствие высокого содержания илстой фракции ( $r=+0,50$ ), Плюмбума связано с количеством гумуса ( $r=+0,53$ ) и pH ( $r=+0,55$ ), при характерном смещении реакции среды почв города в щелочную сторону. Ферментативная активность (на примере уреазы) также зависит от pH ( $r=+0,73$ ) и связана с содержанием аммонийных ( $r=+0,74$ ) и нитратных ( $r=-0,88$ ) солей, гумусом ( $r=+0,67$ ). При увеличении содержания хлоридов ( $r=-0,90$ ) и сульфатов ( $r=-0,54$ ) показатели биомассы уменьшаются. Биомасса и численность почвенных водорослей связана с уровнем уреазной активности ( $r=+0,50$ ;  $r=+0,63$ ). Содержание Плюмбума и Купрума влияет на показатели уреазы ( $r=-0,72$ ;  $r=+0,50$  соответственно). Накопление тяжелых металлов в поверхностных почвенных горизонтах в зависимости от их концентрации вызывает как стимуляцию, так и угнетение развития водорослей.

Анализ таксономической и экологической структуры почвенных водорослей района исследований доказал существование различных групп урбоальгосообществ. Выделены группы почвенных водорослей санитарно-защитных зон промышленных территорий, селитебных, транспортных и ландшафтно-рекреационных территорий города. Для почв функциональных зон города Мариуполя установлены доминантные и специфичные виды водорослей. Полученные результаты могут быть использованы для экологического мониторинга и оценки антропогенно-нарушенных почв.

**Ключевые слова:** урбоэкосистема, почвенные водоросли, альгогруппировка, тяжелые металлы, физико-химические показатели почв, биологическая активность почв.

## SUMMARY

**Shekhovtseva O.G. The ecological and biological estimation of edaphotops of urbanecosystems of Mariupol city.** – Manuscript. The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of biological sciences on a speciality 03.00.16 – ecology. Oles Honchar Dnepropetrovsk National University, Dnepr, 2016.

The dissertation is devoted ecological and biological evaluation of soils urban ecosystems by example of Mariupol. A checklist of soil algal flora of the city of Mariupol is includes 81 species from six divisions: *Chlorophyta* – 31 (38 %), *Cyanoprocaryota* – 25 (31 %), *Xanthophyta* – 10 (12 %), *Bacillariophyta* – 8 (10 %), *Eustigmatophyta* – 4 (5 %) та *Charophyta* – 3 (4 %). The results of researches of various soil algal flora of arboreal plantations and lawns of Mariupol industrial city are resulted. Structural features of algae soil in habitats with various character of action of factors of urbanized environment are subjected to benchmark analysis. The increasing of species diversity is observed in the soils of arboreal plantations.

There were examined the formation processes of physicochemical and biological indexes depending on granulometric composition of soil profile and also an influence of these factors on ecological conditions of urban landscapes. In the dissertation presented the

results of studying some chemical indexes of soils urbanization on the degree of heavy metals contamination. The Plumbum correlates with humus and pH, Copper with silt soil faction. The accumulation of heavy metals in the surface horizons of soils can stimulate or inhibit the development of algae depending on the metal concentration. The physicochemical properties of soils developing under urboecosystem conditions affect the number of structure-forming species, biomass, and proportions of soil algae. The change of integral indexes of biological activity can serve as the degree of the anthropogenic affecting soils. The processes of urbanization have caused some changes in natural biogeocenosis and also of the formation of artificial ecological systems. Thus, taxonomic and ecological structure soil algae of urbanoecosystem have been investigated for industrial, residential, recreational and transportation areas of the city. The dominant and specific types algae soils of the functional zones city of Mariupol determined. Results of use algal groups for monitoring soils of urbanized ecosystem are described.

**Key words:** urbanized ecosystem, soil algae, algogrouping, heavy metals, physicochemical indexes of soil, biological activity of soil.

Підписано до друку 31.10.2016 р. Формат 60х90/16. Папір ксероксний.  
Друк офсетний. Обсяг 0,9 ум друк. арк. Тираж 100 прим.. Зам. № 145

---

© «АРХИВ СЕРВІС-ТИПОГРАФІЯ» м. Маріуполь, вул. Ніколаєвська, 50  
тел.: +380 (629) 53-32-68, 53-32-69