

---

# БІОЛОГІЯ ҐРУНТІВ

---

---

УДК 504.73:631.466

О. О. Баранова<sup>1</sup>, І. А. Мальцева<sup>2</sup>

## ҐРУНТОВІ ВОДОРСТІ ХВОСТОСХОВИЩА ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ НА КРИВОРІЖЖІ

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет

<sup>2</sup>Мелітопольський державний педагогічний університет

Наведено результати дослідження ґрунтових водоростей хвостосховища залізорудного комбінату та прилеглих територій, що зазнають дії фільтраційних вод та пилового забруднення. Установлено видовий склад, систематичну, екологічну структуру та домінуючі види водоростей.

*Ключові слова:* ґрунтові водорості, альгоагрегування, хвостосховище, степові фітоценози, лісові фітоценози.

О. О. Баранова<sup>1</sup>, И. А. Мальцева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таврический государственный агротехнологический университет

<sup>2</sup>Мелитопольский государственный педагогический университет

## ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ КРИВОРОЖЬЯ

Представлены результаты исследования почвенных водорослей хвостохранилища железорудного комбината и прилегающих территорий, на которые влияют фильтрационные воды и пылевое загрязнение. Установлены видовой состав, систематическая, экологическая структура и доминантные виды водорослей.

*Ключевые слова:* почвенные водоросли, альгосообщества, хвостохранилище, степные фитоценозы, лесные фитоценозы.

О. О. Baranova<sup>1</sup>, I. A. Maltseva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tavriya State Agrotechnical University

<sup>2</sup>Melitopol State Pedagogical University

## SOIL ALGAE OF TAILING DUMPS AND ADJACENT TERRITORIES OF KRYVBAS

The paper presents the research results of soil algae of tailing dumps of an iron-ore complex and adjacent territories. These territories are situated under the influence of filtration water and dust pollution. Species composition, systematic and ecological structure, dominant species of the algae are determined.

*Key words:* soil algae, alga community, tailing dump, steppe phytocenosis, forest phytocenosis.

Бурхливий розвиток промисловості та розширення площ для землеробства особливо вплинули на стан природних ландшафтів степової зони, порушили їх нестійку динамічну рівновагу, спричинили розбалансування функцій саморегуляції, самоочищення та самовідновлення, що стало причиною інтенсифікації деструктивних процесів, посушливих явищ і катастрофічних неврожаїв. Одним із напрямів вирішення проблеми збереження і відтворення біологічного і ландшафтного різноманіття України є створення лісових насаджень у степу, реконструкція і відтворення тих, що зна-

ходяться в деструктивному стані. Саме ці питання є у полі зору створеної О. Л. Бельгардом у 1949 р. при Дніпропетровському університеті Комплексної експедиції з дослідження лісів степової зони (КЕДУ). За час діяльності експедиції тематика досліджень розширилась і набула змісту всебічних моніторингових досліджень природних і штучних лісових біогеоценозів, у тому числі тих, що зазнають значного антропогенного впливу.

Утворенням великих площ кар'єрно-відвальних деструктивних екосистем супроводжується відкритий видобуток корисних копалин у Криворізькому залізорудному басейні. Серед них особливою позицію займають території під відвалами, сформованими відходами процесу збагачення залізної руди. Хвостосховища залізорудних комбінатів є одними із найбільш складних об'єктів рекультивациі, оскільки їх характеризують такі особливості, як специфічна геоморфологія, низька родючість субстратів, специфічний водний режим, фітотоксичність. Серед організмів, які першими починають біологічне освоєння субстратів природного та антропогенного походження, звичайно присутні водорості (Голлербах, Штина, 1969). Вони формують піонерні угруповання та ініціюють первинні етапи ґрунтоутворення. При цьому важливим є не тільки накопичення органічної речовини, але й скріплення часток субстратів, активізація діяльності гетеротрофної мікрофлори тощо. Метою даної роботи є встановлення видового складу, систематичної структури та комплексу домінантів угруповань водоростей на субстратах хвостосховища в процесах самозаростання та при проведенні рекультивацийних робіт, а також на прилеглих до хвостосховища територіях, що зазнають вплив через пилове забруднення і підтоплення фільтраційними водами.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Хвостосховища на Криворіжжі займають площу понад 76 км<sup>2</sup>. Щорічно до них відкачується 15 млн м<sup>3</sup> засолених вод із кар'єрів та шахт. Середня мінералізація вод у хвостосховищах досягає 5–8 г/дм<sup>3</sup>, а загальний об'єм її – 200 млн т. Щорічно втрати від фільтрації становлять 6–8 млн м<sup>3</sup>, що зумовлює підтоплення та засолення родючих земель. Води покривають лише 30 км<sup>2</sup>, решта території є джерелом утворення пилу. Хвостосховища підняті над навколишніми територіями на 100 м, і пил розноситься на значні відстані від них (Куделя, 1984). Хвостосховище Криворізького Північного гірничо-збагачувального комбінату – одне із шести, що існують у межах міста. Воно побудоване в балці Петрикова в 60-х рр. минулого століття і містить понад 450 млн т дрібнодисперсних шламів. Схили його дамб складені із каміння і лише в північній частині рекультивовані з використанням чорнозему або суглинку. На південному схилі проведена часткова біологічна рекультивациа з використанням *Rhus typhina* L. без нанесення родючого шару ґрунту. На решті території ґрунт та рослинний покрив формувались спонтанно по мірі відсипки ярусів дамби.

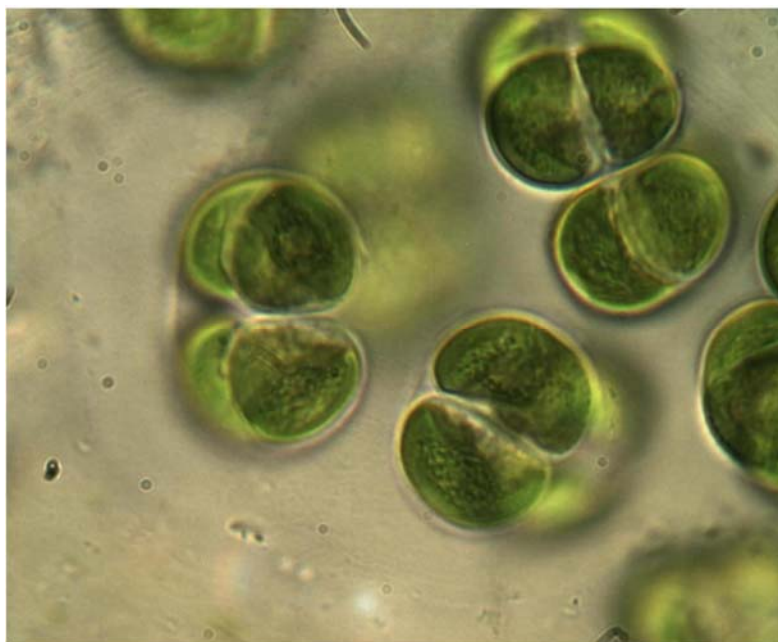
Ґрунтові водорості вивчали на пробних площах, закладених на новій дамбі хвостосховища із фрагментарним рослинним покривом з *Diplotaxis muralis* (L.) DC. та *Gypsophila perfoliata* L. (проективне покриття становить до 5–10 %); на старій дамбі, рекультивованій шаром суглинку близько 20 см завтовшки, із рослинним покривом, представленим фітоценозами асоціацій *Elytrigietum (repentis) poosum (angustifoliae)*, *Elytrigietum (repentis) festucosum (valesiacae)*, *Coronilletum variae purum* (проективне покриття 85 %); а також у фітоценозах, які розташовані поблизу хвостосховища і потрапляють під дію пилового забруднення і підтоплення фільтраційними водами: у верхній та нижній третині схилу залісної балки (Калинівський ліс), деревостан якої сформований *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus carpinifolia* Rupr. ex G. Suckow, у трав'янистому покриві переважають *Scilla bifolia* L., *Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Koerte); на кургані «Дубова могила» із асоціаціями *Agropyretum (pectinatis) festucosum (valesiacae)*; на фільтраційному полі у підніжжя хвостосховища із трансформованими угрупованнями формації *Elytrigietum repentis*.

Видовий склад ґрунтових водоростей устанавлювали на основі ґрунтових культур із скельцями обростання та агарових на середовищі Болда (3 N BBM) (Голлербах,

1969; Водорості ..., 2001). Комплекс домінантів визначали за ґрунтовими культурами, які вважаються найбільш наближеними до природних умов. За допомогою шкали Стармаха в модифікації І. Ю. Костікова (1993) на кожному скельці обростання види поділяли за їх чисельністю. До домінуючих відносили із показниками чисельності 7 і 6 балів, до субдомінуючих – 5 і 4.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У цілому в досліджуваних екосистемах знайдено 106 видів ґрунтових водоростей: *Cyanophyta* – 25 (23,6 %), *Eustigmatophyta* – 4 (3,8 %), *Xanthophyta* – 15 (14,1 %), *Bacillariophyta* – 9 (8,5 %), *Chlorophyta* – 53 (50,0 %). Найчастіше траплялись *Eustigmatos magnus* (В. Petersen) Hibberd (100 % пробних площ), *Luticola mutica* (Kützing) Mann in Round et al., *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve et Grunow (83,3 %), *Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont, *Ph. breve* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komarek, *Ph. (Leptolyngbya) henningsii* Lemmermann, *Botrydiopsis archiza* Borzi, *Navicula pelliculosa* (Brebisson) Hilse, *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrova, *Myrmecia bisecta* Reisingl, *Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Klebsormidium flaccidum* (Kützing) Silva et al. (66, 7 %). У складі альгоугруповань хвостосховища відмічено новий для території України вид – *Chlorosarcinopsis caeca* S. Watanabe (рисунок).



Мікрофотографія *Chlorosarcinopsis caeca* S. Watanabe

У субстратах нової дамби хвостосховища відмічено 27 видів водоростей: *Cyanophyta* – 7 (25,9 %), *Eustigmatophyta* – 2 (7,4 %), *Xanthophyta* – 2 (7,4 %), *Bacillariophyta* – 4 (14,8 %), *Chlorophyta* – 12 (44,5 %). У систематичній структурі альгоугруповання переважають за кількістю видів родини: *Phormidiaceae* – 6 видів, *Diadesmidaceae*, *Naviculaceae*, *Chlorococcaceae*, *Eustigmataceae* – по 2 види. Комплекс домінантів складають: *Phormidium autumnale*, *Ph. corium* (Agardh) Gomont, *Ph. paulsenianum* В. Petersen, *Eustigmatos magnus*. Ці види досить поширені в ґрунтах степової зони України як у непорушених природних біогеоценозах, так і в тих, що зазнали різного ступеня антропогенної трансформації (Водорості ..., 2001). З них *Phormidium paulsenianum* часто зустрічається на солончаках (Приходь-

кова, 1992). Субдомінантами є *Phormidium dimorphum* Lemmermann, *Klebsormidium flaccidum*, *Chlorococcum hypnosporum* Starr, *Chlamydomonas* sp., *Luticola mutica*.

Альгогрупування старої частини хвостосховища, яка була рекультивована, характеризується значно більшим видовим різноманіттям та об'єднує 75 видів: *Cyanophyta* – 16 (21,3 %), *Eustigmatophyta* – 3 (4,0 %), *Xanthophyta* – 10 (13,3 %), *Bacillariophyta* – 9 (12,0 %), *Chlorophyta* – 37 (49,4 %). У склад провідних увійшли родини: *Chlorococcaceae*, *Phormidiaceae* – по 8 видів, *Chlamydomonadaceae* – 7, *Pseudanabaenaceae*, *Naviculaceae* – по 4, *Nostocaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Diademiaceae*, *Chlorosarcinaceae*, *Bracteacoccaceae*, *Chlorellaceae* – по 3. Домінанти: *Phormidium autumnale*, *Ph. (Leptolyngbya) henningsii*, *Jaaginema pseudogeminatum* (G. Schmid) Anagnostidis et Komarek, *Eustigmatos magnus*, *Xanthonema exile* (Klebs) Silva, *Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys*, *Chlamydomonas macrostellata* Lund, *Chlorosarcinopsis caeca*, *Klebsormidium flaccidum*. До субдомінантів віднесені: *Phormidium breve*, *Phormidium dimorphum*, *Ph. paulsenianum*, *Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont, *Leptolyngbya foveolarum* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komarek, *Luticola nivalis* Mann in Round et al., *Navicula pelliculosa* (Brebisson) Hilse, *Chlamydomonas chlorococcoides* Ettl et Schwarz, *Chlorococcum hypnosporum*.

У процесі залісення чорноземні ґрунти степів набувають якісних змін, еволюціонуючи в чорноземі лісопокрашені (Белова, 1999). Разом із цим відбувається перебудова ґрунтового біоценозу. У ґрунтах Калинівського лісу, лісорослинні умови місцезростання якого відповідають СГ<sub>1</sub>-СГ<sub>2</sub> (Бельгард, 1971), знайдено 32 види водоростей: *Cyanophyta* – 3 (9,3 %), *Eustigmatophyta* – 2 (6,3 %), *Xanthophyta* – 6 (18,8 %), *Bacillariophyta* – 5 (15,6 %), *Chlorophyta* – 16 (50,0 %). Провідну роль у систематичній структурі відіграють родини: *Chlamydomonadaceae* – 4 види, *Phormidiaceae*, *Diademiaceae*, *Naviculaceae*, *Botrydiopsisaceae*, *Stichococcaceae*, *Klebsormidiaceae* – по 2. У віддаленій від хвостосховища частині лісового масиву досить різноманітними є види *Chlamydomonas* Ehrenberg, що є типовим для лісових фітоценозів (Голлербах, 1969; Мальцева, 2004, 2005). Комплекс домінантів формують: *Botrydiopsis eriensis* Snow, *Neosporangiococcum vacuolatum* Deason et Cox, *Bracteacoccus minor*, *Stichococcus minor* Nägeli, *St. minutus* Grintzesco et Peterfi, *Klebsormidium flaccidum*. Субдомінанти: *Eustigmatos magnus*, *Heterococcus caespitosus* Vischer, *Xanthonema exile* (Klebs) Silva, *Hantzschia amphioxys*, *Chlamydomonas chlorococcoides*, *Chlorella vulgaris*. В альгогрупуванні ділянки максимального негативного впливу фільтраційних вод і пилового забруднення збільшується роль діатомових водоростей і зменшується жовтозелених. Домінантами є *Navicula pelliculosa*, *Hantzschia amphioxys*, *Botrydiopsis eriensis*, субдомінантами – *Phormidium (Leptolyngbya) henningsii*, *Chlorobotrys gloeotheca* Pascher, *Chlorococcum minimum* Ettl et Gärtner, *Chlorosarcinopsis aggregata* Arce et Bold, *Chlamydomonas lobulata* Ettl, *Heterococcus caespitosus*.

Альгогрупування степової ділянки кургану «Дубова могила» сформоване 26 видами: *Cyanophyta* – 9 (34,6 %), *Eustigmatophyta* – 1 (3,9 %), *Xanthophyta* – 5 (19,2 %), *Bacillariophyta* – 3 (11,5 %), *Chlorophyta* – 8 (30,8 %). Провідна роль належить видам родин *Phormidiaceae* – 5 видів, *Nostocaceae*, *Chlorococcaceae* – по 3, *Chlamydomonadaceae* – 2. Домінантами є *Nostoc microscopicum* Carmichael sensu Elenkin, *Microcoleus vaginatus*, *Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys*, субдомінантами – *Phormidium autumnale*, *Ph. breve*, *Ph. formosum* (Bory ex Gomont) Anagnostidis et Komarek, *Ph. (Leptolyngbya) henningsii*, *Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault, *Eustigmatos magnus*, *Tetracystis aggregata* Brown et Bold. Переважання синьозелених водоростей у систематичній структурі та в домінантному комплексі є типовим для степових фітоценозів (Голлербах, 1969; Шушуева, 1985; Кузяхметов, 1991; Приходькова, 1992; Шалару, 1994 та ін.). Разом з тим слід відмітити, що родина *Pseudanabaenaceae*, види якої часто зустрічаються в ксерофітних степових угрупованнях, представлена в альгогрупуванні кургану лише одним видом – *Phormidium (Leptolyngbya) henningsii*.

У склад водоростевого угруповання фільтраційного поля входить 25 видів: *Cyanophyta* – 9 (36,0 %), *Eustigmatophyta* – 2 (8,0 %), *Xanthophyta* – 1 (4,0 %), *Bacillariophyta* – 4 (16,0 %), *Chlorophyta* – 9 (36,0 %). Спектр провідних родин сформува-ли: *Phormidiaceae* – 5 видів, *Nostocaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Eustigmataceae* – по 2. Домінанти: *Eustigmatos magnus*, *Hantzschia amphioxys*, *Chlorococcum (Neosporangiococcum) minutum* Starr, субдомінанти – *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, *Phormidium autumnale*, *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kützing, *Microcoleus vaginatus*, *Xanthonema bristolianum* (Pascher) Silva. Альгоугруповання має досить спе-цифічний видовий склад, особливо на рівні субдомінантів, де представлені види агроценозів, степів і солончаків.

## ВИСНОВКИ

Особливі мікрокліматичні умови хвостосховища і склад субстратів сприяли ро-сту представників різних відділів, у тому числі тих, що за класичною схемою зарос-тання відвалів з'являються на останньому етапі формування ценозу водоростей – нитчастих зелених і діатомових водоростей. Особливістю альгоугруповання ділянок хвостосховища із фрагментарним рослинним покривом є інтенсивний розвиток не-азотфіксуючих нитчастих ксерофільних видів *Phormidium*. Значним видовим різно-маніттям водоростей характеризується рекультивована частина хвостосховища. Комплекс домінантів формують як ксерофітні нитчасті синьозелені (роди *Phormidium*, *Leptolyngbya*, *Jaaginema*, *Microcoleus*), так і представники інших відді-лів, у тому числі нитчасті зелені і жовтозелені (*Klebsormidium flaccidum*, *Xanthonema exile*) та дрібноклітинні діатомові (*Luticola mutica*, *L. nivalis*, *Navicula pelliculosa*). Альгоугруповання рекультивованої частини характеризується також розвитком азот-фіксуючих видів з родини *Nostocaceae*.

У складі альгоугруповань хвостосховища відмічено новий для території Украї-ни вид – *Chlorosarcinopsis caeca*.

Угруповання водоростей Калинівського лісу має риси, типові для штучних лісів степової зони: переважання за видовим багатством *Chlorophyta* разом із незначним різ-номаніттям вологолюбних видів зелених водоростей, особливо *Chlamydomonas*. У зоні найбільшого пилового забруднення та дії фільтраційних вод спостерігається збільшен-ня різноманіття і чисельності *Bacillariophyta* та зменшення ролі *Xanthophyta*. Альгоуг-руповання кургану «Дубова могила», що знаходиться в зоні інтенсивного пилового забруднення, характеризується відсутністю видів *Pseudanabaenaceae*, що часто зустрі-чаються в ксерофітних степових угрупованнях, і пануванням у домінантному комплексі представників *Phormidiaceae* та *Nostocaceae* поряд із діатомовими водоростями. Угруповання водоростей фільтраційного поля формують передусім види *Chlorophyta* та *Cyanophyta*. Від інших його відрізняє наявність *Schizothrix friesii* та *Cylindrospermum licheniforme*, які разом із представниками відділів *Chlorophyta*, *Eustigmatophyta*, *Xan- thophyta* та *Bacillariophyta* формують комплекс домінантів і субдомінантів.

Таким чином, альгоугруповання досліджених екосистем значно відрізняються за видовим складом, комплексом домінантів і субдомінантів та систематичною струк-турою на різних таксономічних рівнях. Отримані дані характеризують сучасний стан альгоугруповань і можуть бути використані в моніторингових дослідженнях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Белова Н. А. Естественные леса и степные почвы (экология, микроморфология, генезис) / Н. А. Белова, А. П. Травлев. – Д.: Изд-во ДГУ, 1999. – 348 с.
- Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
- Голлербах М. М. Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Л.: Наука, 1969. – 143 с.
- Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Е. М. Демченко та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.

**Костиков И. Ю.** Почвенные водоросли Лазовского заповедника (Дальний Восток, Россия) / И. Ю. Костиков // Альгология. – 1993. – 3, № 1. – С. 62-66.

**Куделя А. Д.** Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горно-обогатительных комбинатов СССР / А. Д. Куделя. – К.: Наук. думка, 1984. – 496 с.

**Кузяхметов Г. Г.** Водоросли зональных почв степи и лесостепи / Г. Г. Кузяхметов // Почвоведение. – 1991. – № 9. – С. 63-73.

**Мальцева И. А.** Почвенные водоросли как один из дополнительных факторов генерации почвенных процессов в лесных рекультивационных системах Западного Донбасса / И. А. Мальцева // Грунтознавство. – 2001. – Т. 1, № 1. – С. 81-86.

**Мальцева І. А.** Ґрунтові водорості деревних насаджень Старобердянського лісу (Запорізька область) / І. А. Мальцева // Вісник ХНАУ. Сер. Біологія. – 2004. – Вип. 2. – С.21-26.

**Мальцева І. А.** Ґрунтові водорості байрачних лісів степової зони України / І. А. Мальцева // Екологія та ноосферологія. – 2005. – Т. 16, № 3-4. – С.150-156.

**Приходькова Л. П.** Синезеленые водоросли почв степной зоны Украины / Л. П. Приходькова. – К.: Наук. думка, 1992. – 218с.

**Шалару В. В.** Состав и распределение почвенных водорослей в степных фитоценозах Молдовы / В. В. Шалару // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 3. – С. 48-53.

**Шушуева М. Г.** Почвенные водоросли в биогеоценозах степной зоны Северного Казахстана / М. Г. Шушуева // Ботан. журн. – 1985. – Т. 79, № 1. – С. 23-32.

*Надійшла до редколегії 22.09.09*