

УДК 582.26:553.94

А. В. Посреднікова<sup>1</sup>, О. Є. Пахомов<sup>2</sup>, Ю. Л. Кульбачко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

<sup>2</sup>Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

## ФОРМУВАННЯ УГРУПОВАНЬ ҐРУНТОВИХ ВОДОРОСТЕЙ ТА ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ НА ДІЛЯНКАХ ЛІСОВОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ м. ЖОВТІ ВОДИ

Вивчено різноманіття ґрунтових водоростей на рекультивованих ділянках і на ділянках за межами рекультивації у м. Жовті Води. Визначено систематичну та екологічну структуру альгофлори, домінуючі види альгоугруповань. Складено конспект флори ґрунтових водоростей ділянки рекультивації (28 видів): *Chlorophyta* – 11 (39,5 %), *Cyanophyta* – 11 видів (39,5 %), *Xanthophyta* – 2 (7,0 %), *Bacillariophyta* – 2 (7,0 %), *Eustigmatophyta* – 2 (7,0 %). Визначено таксономічний склад представників ґрунтової мезофауни.

A. V. Posrednikova<sup>1</sup>, O. Y. Pakhomov<sup>2</sup>, Y. L. Kulbachko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>B. Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University

<sup>2</sup>Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University

## SOIL ALGAE AND MESOFAUNA COMMUNITIES IN BIOTOPES OF FOREST REHABILITATION IN ZHOVTI VODY (DNIPROPETROVSK REGION)

The variety of soil algae was studied on areas of revegetation and without it in the Zhovti Vody. The systematic and ecological structure of algal flora and algae dominant species were indicated. We counted 28 species of soil algae on the dumps of uranium mining: *Chlorophyta* – 11 species (39.5 %), *Cyanophyta* – 11 (39.5 %), *Xanthophyta* – 2 (7 %), *Bacillariophyta* – 2 (7 %), *Eustigmatophyta* – 2 (7 %).

### Вступ

Господарська діяльність людини виступає домінуючим чинником у руйнуванні ґрунтів і зниженні або підвищенні їх родючості. У наш час проблема взаємодії людського суспільства із природою загострилась. Відновлення порушеного ґрунтового покриву вимагає тривалого часу. До одного зі способів відновлення порушених земель можна віднести лісову рекультивацію [8; 15]. На промислових відвалах різного походження першими з біоти у багатьох випадках оселяються водорості. Саме з них розпочинається первинна сукцесія при формуванні штучних лісових біогеоценозів, у яких вони відіграють важливу роль [12; 21]. На поверхні ґрунту й у верхніх його шарах у процесі фотосинтезу водорості утворюють органічну речовину, беруть участь у ґрунтоутворенні, впливають на кисневий режим ґрунту, складають активну частину мікрофлори. Вони пов'язані складними взаємодіями не тільки із ґрунтом і всіма його компонентами, а також із вищими рослинами та представниками ґрунтових безхребетних [3]. Ґрунтові водорості входять до складу живлення різноманітних таксономічних угруповань безхребетних тварин, які мешкають у ґрунті. Дощові черви живляться ґрунтовими

водоростями, які заковтуються ними поряд з органічним детритом [23; 25]. Слід зазначити, що вони вибірково споживають окремі таксономічні групи водоростей. У певних випадках водорості можуть навіть розмножуватися в кишечнику черв'яків, як і деякі групи інших мікроорганізмів. Зелені водорості знайдені в кишечнику мешканців лісової підстилки – люмбрицид і мокриць [24]. Ними також живляться представники двопарноногих багатоніжок [20]. Ґрунтові водорості можна використовувати не тільки для діагностування властивостей штучних ґрунтів, а і як тест-організми при визначенні придатності середовища для проведення рекультиваційних робіт [1]. Відомості про альгофлору відвалів рекультиваційних лісових ділянок у м. Жовті Води відсутні. Тому мета даної статті – визначити систематичну та екологічну структуру альгофлори, виявити домінуючі види ґрунтових водоростей та представників основних таксономічних груп ґрунтової мезофауни на рекультиваційній ділянці у м. Жовті Води.

### Матеріал і методи досліджень

Ґрунтові водорості досліджували у західній частині Дніпропетровської області, м. Жовті Води. Ґрунтові проби відбирали за загальноприйнятою у ґрунтовій альгології методикою [7]. Проби відбирали у жовтні 2007 року на рекультиваційній ділянці у деревних насадженнях із *Robinia pseudoacacia* L. (1) та на рекультиваційній ділянці без деревостану із домінуванням рудеральної рослинності (2) із ґрунтових горизонтів 0–5, 5–10 та 10–15 см та з підстилки деревних насаджень. За контроль вибрані насадження *Robinia pseudoacacia* L. (3), *Quercus robur* Michx (4) та без деревостану з рудеральною рослинністю (5). При відборі ґрунтових зразків для дослідження видового складу водоростей виконували загальні правила мікробіологічних аналізів ґрунту. У лабораторних умовах відібраний ґрунт переносили до стерильних чашок Петрі й у зволоженому стані витримували на світлі з 12-годинним чергуванням світлової та темної фаз. На поверхню ґрунту розкладали стерильні покривні скельця (2–3 на чашку). Ґрунт періодично зволожували дистильованою водою до 80 % від повної вологоємності. На нижньому боці “скелець обростання” розвивались водорості. Перегляд культур починали через 2–3 тижні після постановки [14]. Використовували також метод накопичувальних культур на агаризованому середовищі Болда (ВВМ) та чисті культури. До домінуючих видів відносили ті, які зустрічались “у масі” і “дуже багато” за шкалою Стармаха в модифікації І. Ю. Костікова [13]. Мікроскопічну обробку виконували за допомогою оптичного мікроскопа “Біолам Р14”. При встановленні таксономічної належності водоростей використовували вітчизняні та зарубіжні визначники [2; 4; 9–11; 16; 18; 19; 22]. Систематичну структуру встановлювали за системою І. Ю. Костікова зі співавторами [5]. Класифікували ґрунтові водорості за життєвими формами, запропонованими Е. А. Штиною [23]. Облік мезофауни проводили за стандартними ґрунтово-зоологічними методиками [17].

### Результати та їх обговорення

Результати отримані на підставі обробки 17 ґрунтових проб. У результаті дослідження у рекультиваційних насадженнях виявлено 22 види водоростей із п'яти відділів: *Cyanophyta* – 10 видів (45 % від загальної кількості видів), *Chlorophyta* – 7 (32 %), *Xanthophyta* – 1 (5 %), *Bacillariophyta* – 2 види (9 %), *Eustigmatophyta* – 2 види (9 %) (рис. 1). Виявлені види водоростей відносяться до 16 родин і 17 родів. Основу альгофлори рекультиваційних насаджень складає родина *Phormidiaceae* – 5 видів (табл. 1). Альгоугруповання формуються представниками синьо-зелених і зелених водоростей, із незначною перевагою перших. Діатомові, евстигматофітові відіграють другорядну роль, а роль жовто-зелених зовсім мала. Синьо-зелені водорості – найрізноманітніші за

видовим складом. Найбільшою кількістю видів представлений рід *Phormidium* Kützing ex Gomont (*Ph. corium* (Agardh) Gomont, *Ph. retzii* (Agardh) Gomont, *Ph. pavlovskoense* Elenkin, *Ph. subfuscum* (Agardh) Kützing, *Ph. autumnale* (Agardh) Gomont). Домінанти представлені такими видами як *Phormidium corium* (родина *Phormidiaceae*), *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd (родина *Eustigmataceae*) та *Hantzschia amphyoxyus* (Ehrenberg) Grunow in Cleve et Grunow (родина *Bacillariaceae*).

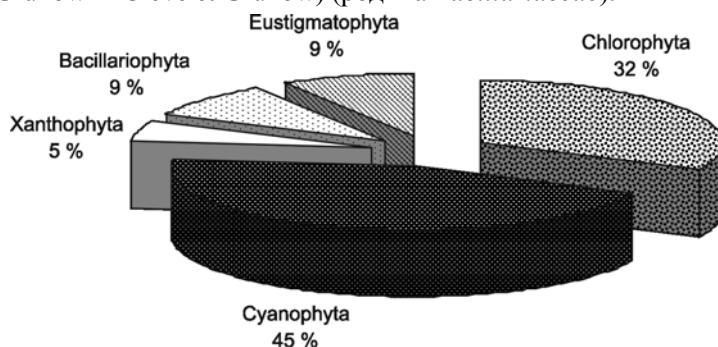


Рис. 1. Співвідношення кількості видів ґрунтових водоростей (%) у деревних насадженнях рекультивованої ділянки (м. Жовті Води)

Таблиця 1

Систематична структура альгогруповань рекультивованої ділянки з насадженнями робінії псевдоакації

Відділ водоростей	Порядок	Родина	Рід	Кількість видів
Chlorophyta	<i>Volvocales</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	<i>Chlamydomonas</i>	1
	<i>Chlorococcales</i>	<i>Chlorococcaceae</i>	<i>Chlorococcum</i>	1
	<i>Scenedesmales</i>	<i>Bracteacoccaceae</i>	<i>Bracteacoccus</i>	1
	<i>Chlorellales</i>	<i>Chlorellaceae</i>	<i>Chlorella</i>	1
		<i>Stichococcaceae</i>	<i>Stichococcus</i>	1
	<i>Choricystidales</i>	<i>Choricystidaceae</i>	<i>Choricystis</i>	1
Cyanophyta	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Phormidiaceae</i>	<i>Phormidium</i>	5
		<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Oscillatoria</i>	1
	<i>Nostocales</i>	<i>Rivulariaceae</i>	<i>Calothrix</i>	1
		<i>Nostocaceae</i>	<i>Nostoc</i>	1
		<i>Pseudanabaenaceae</i>	<i>Leptolyngbya</i>	2
Xanthophyta	<i>Botrydiales</i>	<i>Botrydiopsisaceae</i>	<i>Botrydiopsis</i>	1
Bacillariophyta	<i>Naviculales</i>	<i>Sellaphoraceae</i>	<i>Sellaphora</i>	1
	<i>Bacillariales</i>	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Hantzschia</i>	1
Eustigmatophyta	<i>Eustigmatales</i>	<i>Eustigmataceae</i>	<i>Eustigmatos</i>	1
		<i>Monodopsidaceae</i>	<i>Monodopsis</i>	1
Разом	11	16	17	22

Види синьо-зелених водоростей, представлені *P*-життєвою формою, розселені у товщі ґрунту, а на поверхні утворюють тонкі плівки. Вони віддають перевагу відкритим ділянкам і є типовими ксерофітами. Розвитку представників *P*-форми сприяла відсутність розвиненої підстилки під деревними насадженнями. Діатомові водорості представлені *B*-формою, яка зустрічається у поверхневих шарах вологого ґрунту; нестійкі до посухи. Одноклітинні водорості *Botrydiopsis archiza* Borzi з відділу *Xanthophyta*; *Chlorococcum pulchrum* Archibald et Bold, *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrova, *Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Choricystis* sp. (Skuja), *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott з відділу *Chlorophyta* та *Eustigmatos magnus* з відділу *Eustigmatophyta* відрізняють-

ся стійкістю до екстремальних умов і належать до видів-убіквітів (*Ch*-життєва форма). Вид нитчастої зеленої водорості *Stichococcus minor* Nägeli представлений *H*-життєвою формою; нестійкий до посухи та надмірного освітлення. *Chlamydomonas sp.* (Ehrenberg) належить до *C*-форми і на поверхні ґрунту може формувати тонкі слизові плівки. Представники цієї форми можуть переносити висихання у вигляді спор та зигот. Загальний спектр життєвих форм видів водоростей може бути представлений у вигляді:  $Ch_8P_8B_2CF_2C_1H_1$  (22) [23]. Переважна більшість знайдених видів являють собою дрібноклітинні кокоїдні та нитчасті водорості.

Таблиця 2

**Видовий склад ґрунтових водоростей на рекультиваційній ділянці м. Жовті Води**

Види водоростей	Пробні ділянки				
	1	2	3	4	5
<i>Bracteacoccus minor</i>	+			+	
<i>Chlamydomonas sp.</i>		+			
<i>Chlorella vulgaris</i>	+		+	+	
<i>Chlorococcum chlorococcoides</i>				+	
<i>Chlorococcum pulchrum</i>	+		+	+	
<i>Choricystis sp.</i>	+				
<i>Stichococcus bacillaris</i>			+		
<i>Stichococcus minor</i>	+		+	+	
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	+	+	+		
<i>Scotiellopsis oocystiformis</i>				+	
<i>Spongiococcum tetrasporum</i>				+	
<i>Calotrix brevissima</i>		+			
<i>Leptolingbya fragilis</i>	+				
<i>Leptolingbya laminosa</i>		+			
<i>Nostoc sp.</i>	+	+			
<i>Oscillatoria limosa</i>		+			
<i>Phormidium autumnale</i>		+	+	+	
<i>Phormidium corium</i>	+	+			
<i>Phormidium foveolarum</i>					+
<i>Phormidium pavlovskoëense</i>		+			
<i>Phormidium retzii</i>	+	+			+
<i>Phormidium subfuscum</i>	+				
<i>Botrydiopsis arhiza</i>	+	+			
<i>Botrydiopsis eriensis</i>			+	+	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	+	+	+		
<i>Sellaphora pupula</i>	+				
<i>Eustigmatos magnus</i>		+		+	+
<i>Monodus subterranea</i>	+		+		
Усього	15	13	9	10	3

Примітки: 1 – рекультиваційна ділянка з насадженням *Robinia pseudoacacia*; 2 – та сама ділянка, але без деревостану, з рудеральною рослинністю; 3 – контрольне насадження робінії; 4 – контрольне насадження з дуба звичайного; 5 – контрольна ділянка без деревостану, із рудеральною рослинністю за межами рекультивації.

На контрольних ділянках знайдено 16 видів водоростей, із них *Cyanophyta* – 3 види (19 %), *Chlorophyta* – 9 (56 %), *Xanthophyta* – 1 (6%), *Bacillariophyta* – 1 (6 %), *Eustigmatophyta* – 2 (13 %) (рис. 2). Виявлені види водоростей відносяться до 13 родів із 12 родин. Серед домінантів слід відзначити *Stichococcus minor* (родина *Stichococaceae*), *Eustigmatos magnus* та *Hantzschia amphioxys*. На відміну від складу водоростей у рекультиваційних ділянках, у контролі значно помітніша роль представників відділу зелених водоростей (утричі більше, ніж синьо-зелених) (табл. 2). Екологічна формула

гічна формула спектра життєвих форм ґрунтових водоростей у контролі:  $Ch_{10}P_3H_2B_1$  (16) [23]. У білоакацієвих насадженнях рекультиваційної ділянки та у контролі різноманітнішими видами представлені *Ch*- та *P*-форми. На ділянках за межами рекультивації не відмічено представників *C*- та *CF*-форм.

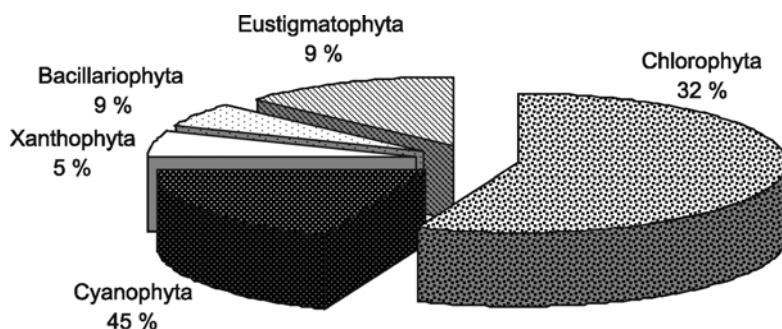


Рис. 2. Співвідношення кількості видів ґрунтових водоростей на контрольних ділянках, %

Найбільша кількість видів (15) зустрінена на рекультиваційних ділянках у насадженнях *Robinia pseudoacacia*. Види відділу зелених і синьо-зелених представлені майже у рівній кількості. Найменша кількість видів (3) – у рудеральних фітоценозах за межами рекультивації (див. табл. 2).

До складу ґрунтової мезофауни, яка мешкає на ділянці лісової рекультивації, входять представники кільчастих черв'яків, двопарноногих і губоногих багатоніжок, молюсків, комах, ракоподібних тощо. У таксономічному відношенні домінують представники комах, у той час як найбільша чисельність 120 екз./м<sup>2</sup> притаманна двопарноногим багатоніжкам. На контрольних ділянках їх чисельність зменшується в 1,5–2,0 рази. Більшість представників ґрунтової мезофауни належить до сапротрофного комплексу, одним з об'єктів живлення яких виступають ґрунтові водорості.

### Висновки

У рекультиваційних насадженнях м. Жовті Води переважають синьо-зелені водорості *P*-життєвої форми. На контрольних ділянках – зелені *Ch*-життєвої форми. На відміну від контрольних, на рекультивованих ділянках найрізноманітніші за видовим складом водорості відділу *Cyanophyta*. Це пов'язано з відсутністю розвиненої підстилки під деревними насадженнями. Для рекультиваційних насаджень досліджуваного відвалу та контрольних ділянок характерні спільні види (*Phormidium corium*, *Ph. retzii*, *Ph. autumnale*, *Leptolingbya fragilis* (Gomont) Anagnostidis et Komarek, *Stichococcus minor* Nägeli, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum pulchrum*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Eustigmatos magnus*, *Monodus subterranea* (B. Petersen) Hibberd та *Hantzschia amphyoxyis*). На рекультивованих ділянках домінують родини *Phormidiaceae*, *Eustigmataceae* та *Bacillariaceae*, на ділянках за межами рекультивації – *Stichococcaceae*, *Eustigmataceae* та *Bacillariaceae*. Екологічна формула життєвих форм ґрунтових водоростей на рекультиваційних ділянках –  $Ch_8P_8B_2CF_2C_1H_1$  (22), на контрольних –  $Ch_{10}P_3H_2B_1$  (16). Найбільша чисельність ґрунтової мезофауни у деревних насадженнях рекультивованої ділянки з псевдоакації зареєстрована для двопарноногих багатоніжок.

### Бібліографічні посилання

1. Алексахина Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – М. : Наука, 1984. – 150 с.

2. **Андреева В. М.** Почвенные и аэрофильные зелёные водоросли (*Chlorophyta; Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales*). – СПб. : Наука, 1998. – 350 с.
3. **Балашев Н. Н.** Водоросли и их роль в образовании почв. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1968. – 83 с.
4. **Водоросли.** Справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк и др. – К. : Наукова думка, 1989. – 608 с.
5. **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.
6. **Географічна енциклопедія України.** В 3 т. – К. : Українська Радянська енциклопедія, 1989. – Т. 1 : А-Ж. – 416 с.
7. **Голлербах М. М.** Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Л. : Наука, 1969. – 228 с.
8. **Зонн С. В.** Почва как компонент лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. – М., 1964. – С. 127–185.
9. **Киселёв И. А.** Определитель низших растений : В 5 т. – Т. 2. Водоросли / И. А. Киселёв, А. Д. Зинова, Л. И. Курсанов. – М. : Советская наука, 1953. – 312 с.
10. **Кондратьева Н. В.** Синьо-зелені водорості – *Cyanophyta*. Клас гормогонієві – *Hormogoniophyceae* / Визначник прісноводних водоростей Української РСР. – Вип. 1, ч. 2. – К. : Наукова думка, 1968. – 524 с.
11. **Кондратьева Н. В.** Синьо-зелені водорості – *Cyanophyta*. Ч. 1. Клас хроококові – *Chroococcophyceae*. Клас хамесифонові – *Chamaesiphonophyceae*. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1 / Н. В. Кондратьева, О. В. Коваленко, Л. П. Приходькова. – К. : Наукова думка, 1984. – 388 с.
12. **Костиков И. Ю.** Место почвенных водоростей в фитоценозах // Альгология. – 1991. – Т. 1, № 2. – С. 38–45.
13. **Костиков И. Ю.** Почвенные водоросли Лазовского заповедника (Дальний Восток, Россия) // Альгология. – 1993. – Т. 3, № 1. – С. 62–66.
14. **Кузяхметов Г. Г.** Методы изучения почвенных водорослей / Г. Г. Кузяхметов, И. Е. Дубовик. – Уфа : Изд-во Башкирск. ун-та., 2001. – 60 с.
15. **Мальцева І. А.** Ґрунтово-альгологічні дослідження як складова управління рекультиваційними територіями / І. А. Мальцева, Ю. А. Сеніна, О. А. Пушкіна // Вісник ЗДУ. – Запоріжжя, 2006. – № 1. – С. 108–116.
16. **Матвієнко О. М.** Жовто-зелені водорості *Xantophyta* / О. М. Матвієнко, Т. В. Догадіна / Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 10. – К. : Наукова думка, 1978. – 512 с.
17. **Методы** почвенно-зоологических исследований / Под ред. М. С. Гилярова. – М. : Наука, 1975. – 277 с.
18. **Мошкова Н. А.** Зелёные водоросли. Класс Улотриксовые. Порядок Улотриксовые. *Chlorophyta, Ulotrichophyceae, Ulotrichales* / Н. А. Мошкова, М. М. Голлербах / Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10. – Л., 1986. – 360 с.
19. **Приходькова Л. П.** Сине-зелёные водоросли степной зоны Украины. – К. : Наукова думка, 1992. – 218 с.
20. **Стриганова Б. Р.** Питание почвенных сапрофагов. – М. : Наука, 1980. – 244 с.
21. **Тарчевский В. В.** Развитие водорослей на промышленных отвалах / В. В. Тарчевский, Э. А. Штина // Современное состояние и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР. Тр. Межвуз. конф. – Киров, 1967. – С. 146–150.
22. **Топачевський О. В.** Діатомові водорості *Bacillariophyta (Diatomae)* / О. В. Топачевський, О. П. Оксіок / Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 11. – К. : Вид-во АН УССР, 1960. – 412 с.
23. **Штина Э. А.** Экология почвенных водоростей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 144 с.
24. **Breton J. L. G.** The distribution of woodlands isopods // Oikos. – 1957. – Vol. 8. – P. 75–106.
25. **The influence** of invertebrates on the development of algae / К. А. Nekrasova, L. S. Kozłowska, L. I. Domracheva, E. A. Stina // Pedobiologia. – 1976. – Vol. 16, N 3. – P. 286–297.

Надійшла до редакції 03.03.2009