

УДК 593.17 (57.04)

## ВИДОВИЙ СКЛАД ІНФУЗОРІЙ (CILIATA, CILIOPHORA) РІЧКИ УЖ У МЕЖАХ МІСТА УЖГОРОД ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТОЛЕРАНТНОСТІ ЦІЛІАТ ДО ОКРЕМИХ ФАКТОРІВ АНТРОПОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Куц Є. М.

**Видовий склад інфузорій (Ciliata, Ciliophora) річки Уж у межах міста Ужгород та деякі аспекти фізіологічної толерантності цїліат до окремих факторів антропогенного походження.** – Є.М. Куц. – У статті представлено результати досліджень видового складу цїліат гідробіоценозу річки Уж в межах міста Ужгород і дані експериментів з вивчення впливу на інфузорій змішаних маточних культур амонійних солей (сульфату амонію), нітратів (нітрат натрію), фенолів (карболова кислота) та СПАР (хлоргексидин). Міститься детальний опис методики виконання роботи. Виявлено 39 видів інфузорій із 18 родин, які найпотужніше представлені в бентосних угрупованнях і представляють усі трофічні рівні з переважанням першого. За індикаторними видами якості води в річці Уж оцінена як  $\alpha$ -мезосапробна. Встановлено функціонально антагоністичний вплив на інфузорій амонійного і нітратного азоту (останній виступає для цїліат біогеном). Висловлено припущення про можливий ростозатримувальний ефект фенолів. Описано прояви ефектів хлоргексидину з порушення нормальної осморегуляції інфузорних клітин. Зроблено висновки про потенційно цінні в індикаторному відношенні види цїліат (*Paramecium caudatum*, *Stentor polymorphus* та *Vorticella convallaria*) та напрямки подальшого їх дослідження.

**Ключові слова:** видовий склад інфузорій, сапробність, антропогенні фактори, забруднюючі речовини, екологічна толерантність, організми-біоіндикатори.

**Адреса:** ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000 Україна; e-mail: emkuts26.bio@gmail.com

**Species composition of Infusoria (Ciliata, Ciliophora) of the Uzh river within Uzhgorod city and some aspects of ciliates' physiological tolerance to certain/special/some anthropogenic factors.** – Ye.M. Kuts. – The paper represents the results of ciliates' species composition investigation and the experimental data on the study of the ammonium salts (ammonium sulfate), nitrates (sodium nitrate), phenols (carbolic acid) and synthetic surfactants (chlorhexidine) impact on the infusoria of the mixed mother liquors. Detailed information about experimental study methods is presented herein. 39 infusorian species from 18 families have been found, which are mostly represented in benthic groups and represent all trophic levels with the predominance of the first one. According to the indicator species the water quality of the Uzh river is already evaluated as  $\alpha$ -mesosaprobic. Functionally antagonistic influence on infusoria of the ammonium and nitrate nitrogen (the latter is biogenic) is established. The assumption is made about possible growth inhibition effect of phenols. The effects of chlorhexidine on normal osmotic regulation of infusorian cells disfunction are described. Some conclusions made about eventually valuable as the indicators infusorian species (*Paramecium caudatum*, *Stentor polymorphus* and *Vorticella convallaria*) and their further researching tendencies are presented.

**Keywords:** Species composition of Infusoria, saprobity, anthropogenic factors, polluting substances/contaminators, ecological tolerance, biological indicator organisms.

**Address:** Uzhhorod National University, 32, Voloshyna st., Uzhhorod, 88000 Ukraine; e-mail: emkuts26.bio@gmail.com

### Вступ

Розробка санітарно-гідробіологічних та біоіндикаційних методів є актуальною для водної екосистеми р. Уж. За більшістю показників загально-санітарного аналізу у контрольних створах басейну Ужа якість води відповідає санітарним правилам і нормам охорони поверхневих вод від забруднення (СанПіН 4630-88) (Ніколайчук та ін. 2015; Про якість ... 2016). У той же час відзначаються: відсутність стійкої тенденції до зниження об'ємів скиду стічних вод (Доповідь ... 2015; Доповідь ... 2017; Звіт ... 2003) при низькій ефективності їх очищення в

умовах перевантаження очисних систем в середньому у 2 рази (Про якість ... 2016); засмічення водотоку пластиковими відходами (Про якість ... 2016); забруднення Ужа нижче смт. Перечин важкими металами (хром, кадмій) (Бедей 2016); органомінеральне забруднення внаслідок нераціонального використання у сільському господарстві мінеральних та органічних добрив (Про якість ... 2016); періодичне (переважно на час літньої межени) перевищення норм по амонійному азоту, нітрит-іонам і БСКп та вмісту кишкової палички (Про якість ... 2016). У зв'язку з цим, на рівні з

обґрунтованою А. Ковальчуком необхідністю застосування аналізу трансформації органічних речовин у гідробіологічному моніторингу Ужа (Ковальчук та ін. 2003), який дозволяє судити про зміни вмісту біогенних речовин, що у великій кількості можуть міститися в побутових стоках, доцільним, теоретично і практично цікавим є пошук організму чи групи організмів, за морфологічними та популяційними реакціями яких можна робити висновки про наявність-відсутність певних шкідливих забруднюючих речовин та їх концентрації, тенденції змін водних угруповань та (у перспективі) у гідроекосистемі загалом, а також розраховувати максимально доступні екологічні навантаження. Пошук об'єктів для комплексної оцінки стану гідроекосистем є тим більш актуальним, чим очевиднішими стають недоліки традиційних методів хімічного, фізичного і санітарно-мікробіологічного аналізу, – особливо для водотоків. Натомість біологічні методи, засновані на принципі, що організмам для нормальної життєдіяльності необхідне середовище зі строго визначеним комплексом умов (Безматерных 2007), можуть дати адекватне дійсності уявлення про масштаби антропогенного впливу та спровоковані ним миттєві і віддалені ефекти, подальший розвиток водних угруповань, тенденції зміни у гідроекосистемі тощо.

У літературі є чимало даних щодо розробки методів оцінювання екологічного стану водних екосистем та біоіндикації їх стану за вищими водними рослинами (макрофітами) (Власов, Гигевич 2002; Мукминов, Шуралев 2011), мікрофітобентосом (Оксиук и др. 2010; Оксиук, Давыдов 2010; Рачинская 2011; Оксиук и др. 2012), фітопланктоном (Оксиук и др. 2009; Коновалова 2010), зообентосом та зооперифітоном (Безматерных 2007) і протистами т. зв. активного мулу (Foissner 2016). Виявлено, що макрофіти є біофільтрами пестицидів і нафтопродуктів; в деяких випадках можуть відігравати провідну енергетичну роль у функціонуванні водойм, особливо із уповільненим водотоком; можуть використовуватись для аналізу вмісту у воді біогенних елементів, йонів важких металів та радіонуклідів. За ступенем трансформації угруповань мікрофітобентосу, зокрема діатомових та синьо-зелених водоростей, можна робити висновки про ступінь органічного забруднення і зміни соляного складу води. Вміст, акумуляцію та міграцію забруднюючих речовин по трофічних ланцюгах різних груп гідробіонтів можна оцінити за угрупованнями зообентосу і зооперифітону з урахуванням дуже важливих, характерних для представників саме цих екологічних груп характеристик – біотопічної приуроченості та достатньо тривалого терміну життя організмів.

Особливий інтерес як об'єкти для екологічного моніторингу, біоіндикації та біотестування поверхневих вод становлять інфузорії (*Ciliata*, *Ciliophora*). Ціліати та їх угруповання

володіють характеристиками, що відповідають вимогам згаданих вище методів (Лихачев и др. 2014). З одного боку, інфузорії мають широкі ареали, високу чисельність із незначними флуктуаціями в межах коротких (до календарного місяця) часових проміжків, є антисинантропними і (з точки зору трофічної позиції) належать до природних функціонально важливих угруповань (Payne 2013); деякі види володіють рядом надійних у таксономічному відношенні морфологічних ознак і легко визначаються. З іншого боку, ціліати мають високу індикаторну цінність (відрізняються точністю морфологічних реакцій на зміни параметрів факторів середовища та специфічністю комплексів відповідей на їх вплив); для них характерні індикаторна пластичність (суміщують чутливість і толерантність до зміни факторів) (Лихачев и др. 2014) та хороше виживання в умовах лабораторного культивування.

### Матеріал та методика досліджень

Збір матеріалу для дослідження проводився відповідно до загальноприйнятих методик. Термін збору матеріалу охоплював лютий-квітень, травень-червень, серпень-вересень і листопад-грудень 2016 року та березень-квітень і травень-червень 2017 року.

Проби відбирались в одній повторності з основних для інфузорій біотопів річки Уж – каміння з активною площею поверхні 30-120 см<sup>2</sup> (перифітон), донних відкладів (бентос (переважно пісок різного ступеня замулення)) та із заростей вищої водної рослинності (рдести) з шести станцій:

1) вище транспортного мосту №1, правий берег Ужа, парк відпочинку «Підзамковий» (перифітон на камінні, бентос);

2) нижче транспортного мосту №1, правий берег Ужа (перифітон, бентос);

3) вище пішохідного мосту, правий берег Ужа, Ботанічна набережна (перифітон, бентос);

4) нижче пішохідного мосту, правий берег Ужа, Набережна Незалежності (перифітон, бентос, рдести);

5) вище транспортного мосту №2, правий берег Ужа, Набережна Незалежності (перифітон, бентос, рдести);

6) нижче транспортного мосту №2, правий берег Ужа, Студентська набережна (перифітон, бентос, рдести).

Відбір проб перифітону проводили методом прямого збирання шляхом поміщення окремих каменів у скляні банки об'ємом 0,5 л з герметичними кришками. Подібним чином разом з камінням відбирались і проби обросту макрофітів (у скляні 0,5-л банки з герметичними кришками поміщались фрагменти рослин довжиною 10-15 см). Бентос відбирався шляхом вирізання стовпа річкового ґрунту горловиною банки 0,5 л об'єму площею близько 177 см<sup>2</sup> (Симакова, Панкова 2015). Загальна кількість опрацьованих проб – 48.

Проби доставлялись в лабораторію та оброблялись у «живому» стані по можливості швидко. У тих випадках, коли це було неможливо з технічних причин, проби зберігали в холодильнику за температури 6-8°C для попередження швидких якісних і кількісних змін інфузорних угруповань. Матеріал обросту з каміння і макрофітів обробляли спочатку шляхом змиву його з поверхні каміння жорсткою зубною щіткою. Злитий перифітон і бентос багаторазово проглядали на стереомікроскопі у саморобному аналозі камери Богорова-Цееба, після чого відібрані екземпляри інфузорій переносили у краплях на предметне скло під покривним скельцем для мікроскопії під бінокуляр у прохідному світлі (без світлофільтра або зі світлофільтром). Рухову активність ціліат знижували додаванням у досліджувану краплю розчину оксипропілцелюлози (Ковальчук, Бошко 1979). За необхідності для диференціального прижиттєвого забарвлення клітин інфузорій використовувався метиленовий синій, що забарвлює ядра і скоротливі вакуолі (Techniques ... 2015). Виявлених інфузорій схематично зарисовували або фотографували за допомогою цифрової камери-окуляра і програми TourView. Графічну обробку отриманих зображень здійснювали у графічному редакторі Adobe Photoshop CS5.

Видове визначення ціліат проводили з використанням літературних джерел – друкованих та електронних визначників (Kahl 1930-1935; Welcome to Ciliophora 2014; Симакова, Панкова 2015; Taxonomie und Ökologie von Ciliaten (Wimpertierchen) 2016; Protiste Information Server 2017; Diaz, Laybourn-Parry 2018; The World Register of Marine Species 2018).

Еколого-фауністична характеристика виявлених видів ціліат розроблялась нами на основі літературних даних (Kahl 1930-1935; Каплин 2001; Welcome to Ciliophora 2014; Симакова, Панкова 2015; Taxonomie und Ökologie von Ciliaten (Wimpertierchen) 2016; Protiste Information Server 2017; Diaz, Laybourn-Parry 2018; The World Register of Marine Species 2018) та власних мікроскопічних спостережень. Особлива увага (в контексті мети дослідження) приділялась нами встановленню трофічної характеристики інфузорій та їх типових біотопів.

Розрахунок чисельності ціліат був дворівневим: спочатку у трьох повторностях підраховувалась чисельність екземплярів у 5 мл витяжки з проб у камері Богорова-Цееба, а потім дані обраховувались статистично у наступній послідовності: 1) знаходилось середнє арифметичне із трьох вибірок; 2) визначався коефіцієнт перерахунку для розрахунку чисельності екземплярів у пробі; 3) сумувались дані проб одного сезонного відбору; 4) визначався коефіцієнт перерахунку для встановлення чисельності екземплярів ціліат в 1 м<sup>3</sup> (Методические ... 2008). Такі розрахунки проводились разом для інфузорій усіх досліджуваних екогруп за сезонами і часом відборів проб. За отриманими даними для даних угруповань ціліат

будувались графіки динаміки чисельності (в абсолютних значеннях та в логарифмічному масштабі) (Ковальчук 2010).

За виявленими інфузоріями – індикаторами сапробності – було оцінено якість води в річці Уж за формулою Сладечека (Методические ... 2008; Методы ... 2015):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i},$$

де n – кількість вибраних видів індикаторів, s<sub>i</sub> – індивідуальний індекс сапробності i-го виду, h<sub>i</sub> – відносна чисельність і частота зустрічання i-го виду.

Для постановки дослідів із вивчення фізіологічних аспектів толерантності інфузорій до дії амонійних солей, нітратів, фенолів і СПАР отримували змішані маточні культури інфузорій на сінному відварі та молочному настої (Кокова 1982; Симакова, Панкова 2015) за методикою нестерильного періодичного культивування (Кокова 1982) за кімнатної температури (22±1°). Розведення проводилось у скляних колбах об'ємом 250 мл. Матеріал для культивування брався із зимових, весняних і літніх проб.

Для постановки дослідів у 6 пробірок (пробірка №6 – контроль), що містили по 5 мл розчинів досліджуваних речовин у робочих концентраціях, вносили по 2 мл дво- або триденної культури ціліат з маточного розчину. У добірї концентрацій ми орієнтувались на методики попередніх тематичних досліджень. Докладніше методи роботи для окремих досліджуваних речовин подано нижче. Експерименти проводилися у двох повторностях.

Отримані в експериментах зразки розглядались під бінокуляр у краплях на предметному скельці та у камері Горяєва. Проглядалось 3 зразки, після чого виводились середні кількісні значення (середнє арифметичне). При мікроскопії протоколювались якісні і кількісні (чисельність і біомаса) зміни з інфузоріями порівняно з контролем. В якості критеріїв дії досліджуваних речовин нами було обрано, згідно з даними аналізованих попередніх тематичних досліджень, зміни у руховій активності ціліат, їх таксичні реакції, зміни форми і розмірів клітин, стан цитоплазми, співвідношення живих і загинувших клітин, зміни у чисельності та біомасі (Методические ... 2008). Чисельність інфузорій підраховувалась за наступною формулою (Подсчет ... 2017):

$$N = n \times \frac{V_1}{V_2 \times W},$$

де N – кількість інфузорій в експериментальному об'ємі, n – кількість спостережуваних інфузорій у камері Горяєва, V<sub>1</sub> – внесений об'єм (1 мл); V<sub>2</sub> – об'єм камери Горяєва (0,9 мм<sup>3</sup>); W – експериментальний об'єм (7 мл). З урахуванням констант і триразового проглядання проби для зручності обчислень ми переписали формулу наступним чином:

$$N = n \times 159,$$

де  $n$  – середнє арифметичне.

Біомаса ціліат визначалась приблизно за допомогою номограм Численка (Численко 1968).

Експериментально вивчалась дія на інфузорій змішаних маточних культур амонійних солей, нітратів, фенолів і СПАР.

Постановка досліду із сульфатом амонію: у 5 пробірок із розчинами  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  у зростаючих концентраціях (0,05, 0,5, 5, 50 і 500 мг/л) вносили по 2 мл змішаної культури ціліат *Paramecium caudatum* + *Stentor polymorphus* + *Stylonychia mytilus*. Час експозиції – 24 год.

Постановка досліду із нітратом натрію: у 5 пробірок із розчинами  $\text{NaNO}_3$  у зростаючих концентраціях (0,05, 0,5, 5, 50 і 500 мг/л) вносили по 2 мл змішаної культури інфузорій *Paramecium aurelia* + *P. caudatum* + *Stentor polymorphus* + *Stylonychia mytilus*. Тривалість експерименту – 5 діб. Починаючи з третього дня експерименту для підтримання культури у пробірки додавали по 0,5 мл культури пекарських дріжджів (відповідно, чисельність інфузорій у цьому випадку перераховувалась на 8 мл експериментальної проби; множник у формулі вище дорівнював 139). Контроль змін проводився на 2-й і 5-й дні експерименту.

Постановка досліду із карболовою кислотою: у 5 пробірок із розчинами  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  у зростаючих концентраціях (0,005, 0,05, 0,5, 5 і 50 мг/л) вносили по 2 мл змішаної культури інфузорій *Aspidisca cicada* + *Cyclidium glaucoma* + *Paramecium caudatum* + *P. putrinum* + *Stentor coeruleus*. Тривалість експерименту – 24 год.

Постановка досліду із хлоргексидином: у 5 пробірок із робочими розчинами хлоргексидину у зростаючих концентраціях (0,0001, 0,001, 0,01, 0,1 і 1 мл/л) вносили по 2 мл змішаної культури інфузорій *Paramecium bursaria* + *P. caudatum* + *Stentor polymorphus* + *Stylonychia mytilus* + *Vorticella convallaria*. Час витримування – 1,5 год. Неперервні спостереження проводили у краплях на предметному склі, утримуючи знайдених інфузорій у полі зору мікроскопа та реєструючи зміни з ціліатами. Для

аналізу таксичних реакцій на предметне скло додавали краплю розчину відповідної концентрації. Тривалість неперервних спостережень становила 30-60 хв.

Для оцінки статистичної значимості отриманих результатів проводився регресійний та однофакторний дисперсійний аналіз (Гланц 1998).

Розрахунки проводились нами з використанням програмного пакету Microsoft® Excel 2013.

## Результати і обговорення

За результатами дослідження видового складу інфузорій р. Уж в межах міста Ужгород нами виявлено 39 видів інфузорій із 18 родин (табл. 1). З них 15 видів належать до класу *Kinetophragminophora*, 17 видів – до класу *Oligohymenophora* та 7 видів – до класу *Polyhymenophora*. Найбільше видове різноманіття представлене родами *Litonotus*, *Paramecium* і *Vorticella* (по 4 види); по 3 види відмічено із родів *Epistylis*, *Cyclidium*, *Stentor*, та *Urotricha* і по 2 – з родів *Coleps*, *Plagiocampa* та *Stylonychia*.

За належністю до водних угруповань найпотужніше представлені бентосні ціліати (у бентосі нами хоча б один раз були виявлені усі із зазначених видів). Біднішим за кількістю видів є перифітон – всього 15 видів, а найменше інфузорії як група представлені в обрості макрофітів (6 видів).

У всі сезони нами виявлено лише 4 види інфузорій. Серед них *Litonotus fasciola*, *Paramecium caudatum*, *Aspidisca cicada* та *Holosticha pullaster*. Разом з тим, деякі інфузорії зафіксовані тільки для окремих сезонів. Так, лише взимку виявлена *Urotricha ovata*; лише навесні – *Cyclidium oligitrichum*, *C. putrinum*, *Tetrahymena pyriformis*, *Epistylis rotans*, *Stentor coeruleus* та *Stent. igneus*; лише влітку – *Loxophyllum helus*, *Coleps hirtus* та *C. hirtus var. minor*; лише восени – *Litonotus lamella*. Всього у ці сезони зафіксовано відповідно: взимку – 13 видів, навесні – 31 вид, влітку – 23 види і восени – 15 видів.

Таблиця 1. Видовий склад інфузорій для дослідженої ділянки течії р. Уж в межах м. Ужгород

| Клас                        | Ряд                    | Родина               | Рід                                 | №п/п | Види                                     |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------|------|------------------------------------------|
| <i>Kinetophragminophora</i> | <i>Hypostomata</i>     | <i>Nassulidae</i>    | <i>Nassula</i> Ehr., 1833           | 1    | <i>Nassula exigua</i> Kahl               |
|                             | <i>Pleurostomatida</i> | <i>Homalozoidae</i>  | <i>Homalozoon</i> Stokes, 1870      | 2    | <i>Homalozoon vermiculare</i> Stokes     |
|                             |                        | <i>Litonotidae</i>   | <i>Litonotus</i> Wrzesniewski, 1870 | 3    | <i>Litonotus anguilla</i> Kahl           |
|                             |                        |                      |                                     | 4    | <i>L. fasciola</i> Wrzesniewski          |
|                             |                        |                      |                                     | 5    | <i>L. fusidens</i> Kahl                  |
|                             |                        |                      |                                     | 6    | <i>L. lamella</i> (Müller) Schewiakoff   |
|                             |                        | <i>Loxophyllidae</i> | <i>Loxophyllum</i>                  | 7    | <i>Loxophyllum helus</i> (Stokes) Penard |
| <i>Kinetophragminophora</i> | <i>Prostomatida</i>    | <i>Colepidae</i>     | <i>Coleps</i> Nitzsch, 1817         | 8    | <i>Coleps. hirtus</i> Nitzsch.           |
|                             |                        |                      |                                     | 9    | <i>C. hirtus var. minor</i> Kahl         |
|                             |                        | <i>Prorodontidae</i> | <i>Prorodon</i> Ehr., 1833          | 10   | <i>Prorodon teres</i> Ehr.               |
|                             |                        | <i>Urotrichidae</i>  | <i>Urotricha</i> Clap., 1857        | 11   | <i>Urotricha discolor</i> Kahl           |
|                             |                        |                      |                                     | 12   | <i>U. farcta</i> Clap.-Lach.             |

| Клас                    | Ряд                  | Родина                 | Рід                                  | №п/п | Види                                                                       |
|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------|
|                         |                      | <i>Plagiocampidae</i>  | <i>Plagiocampa</i> Schewiakoff, 1893 | 13   | <i>U. ovata</i> Kahl.                                                      |
|                         |                      |                        |                                      | 14   | <i>Plagiocampa metabolica</i> Kahl                                         |
|                         |                      |                        |                                      | 15   | <i>Pl. minima</i> Kahl                                                     |
| <i>Oligohymenophora</i> | <i>Hymenostomata</i> | <i>Cyclidiidae</i>     | <i>Cyclidium</i> Müller, 1773        | 16   | <i>Cyclidium glaucoma</i> Müller                                           |
|                         |                      |                        |                                      | 17   | <i>C. oligotrichum</i> Kahl                                                |
|                         |                      |                        |                                      | 18   | <i>C. putrinum</i> Vux.                                                    |
|                         |                      | <i>Parameciidae</i>    | <i>Paramecium</i> Müller, 1773       | 19   | <i>Paramecium aurelia</i> Ehr.                                             |
|                         |                      |                        |                                      | 20   | <i>P. bursaria</i> (Ehr.) Focker                                           |
|                         |                      |                        |                                      | 21   | <i>P. caudatum</i> Ehr.                                                    |
|                         |                      |                        |                                      | 22   | <i>P. putrinum</i> Clap.                                                   |
|                         |                      | <i>Tetrahymeniidae</i> | <i>Colpidium</i> Stein, 1860         | 23   | <i>Colpidium colpoda</i> Ehr.                                              |
|                         |                      |                        | <i>Tetrahymena</i> Furgason, 1940    | 24   | <i>Tetrahymena pyriformis</i> Ehr.                                         |
|                         | <i>Peritricha</i>    | <i>Epistylidae</i>     | <i>Epistylis</i> Ehr., 1838          | 25   | <i>Epistylis anastatica</i> L.                                             |
|                         |                      |                        |                                      | 26   | <i>E. plicatilis</i> Ehr.                                                  |
|                         |                      |                        |                                      | 27   | <i>E. rotans</i> Sveg.                                                     |
|                         |                      | <i>Operculariidae</i>  | <i>Opercularia</i> Goldfuss, 1820    | 28   | <i>Opercularia cylindrata</i> Wrzesniewski                                 |
|                         |                      |                        |                                      | 29   | <i>Vorticella campanula</i> Ehr.                                           |
|                         |                      | <i>Vorticellidae</i>   | <i>Vorticella</i> (L.) Ehr., 1838    | 30   | <i>V. convallaria</i> L.                                                   |
|                         |                      |                        |                                      | 31   | <i>V. microstoma</i> Ehr.                                                  |
|                         |                      |                        |                                      | 32   | <i>V. mutans</i> Müller                                                    |
| <i>Polyhymenophora</i>  | <i>Heterotricha</i>  | <i>Stentoridae</i>     | <i>Stentor</i> Oken, 1815            | 33   | <i>Stentor coeruleus</i> (Pallas) Ehr.                                     |
|                         |                      |                        |                                      | 34   | <i>Stent. igneus</i> Ehr.                                                  |
|                         |                      |                        |                                      | 35   | <i>Stent. polymorphus</i> (Müller) Ehr.                                    |
|                         | <i>Hypotricha</i>    | <i>Aspidiscidae</i>    | <i>Aspidisca</i> Ehr., 1830          | 36   | <i>Aspidisca cicada</i> (costata) (Müller) Claparède & Lachmann            |
|                         |                      | <i>Holostichidae</i>   | <i>Holosticha</i> Wrzeźniewski, 1877 | 37   | <i>Holosticha pullaster</i> (Müller) Foissner, Blatterer, Berger & Kohmann |
|                         |                      | <i>Oxytrichidae</i>    | <i>Stylonychia</i> Ehr., 1838        | 38   | <i>Stylonychia mytilus</i> Ehr.                                            |
|                         |                      |                        |                                      | 39   | <i>St. putrina</i> Stokes                                                  |

У гідробіоценозі Ужа в межах міста Ужгород присутні представники усіх трофічних груп (рівнів) з явним переважанням видів першого трофічного рівня (зауважимо, що тут мається на увазі кількісна перевага у виявлених видах і перевага у частоті їх зустрічання в пробах). Він представлений:

1) інфузоріями-седиментаторами і фільтраторами (характерним для них є недиференційоване захоплення харчових об'єктів із товщі води і достатньо велика флокуляційна здатність за рахунок виділення значної кількості слизу, що забезпечує злипання бактерій та інших харчових часточок). Це види з родів *Colpidium*, *Epistylis*, *Opercularia* і *Vorticella*;

2) бактеріо- та детритофагами – види з родів *Cyclidium*, *Plagiocampa*, *Tetrahymena*, *Paramecium*, *Urotricha*;

3) ціанофагами – *Nassula exigua*;

4) альгофагами – *Paramecium bursaria*.

До другого трофічного рівня належать гістофаги з роду *Coleps*. Третій трофічний рівень

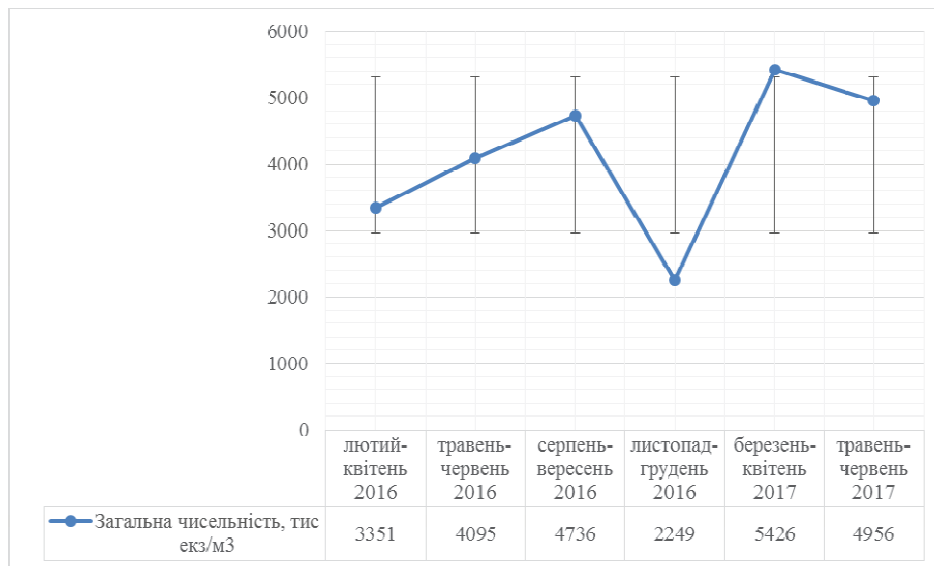
займають неселективні всеїдні ціліати (види роду *Stentor*) та активні хижаки (види з родів *Holosticha*, *Homalozoon*, *Litonotus*, *Loxophyllum* і *Stylonychia*).

Аналіз кількісного розвитку (рис. 1) ціліат за сезонами відборів проб показав значне зниження чисельності інфузорій на початку зими з наступним підвищенням на початок весни, що дещо суперечить даним попередніх досліджень. Імовірним поясненням такого факту на час проведення дослідження є нестабільний льодовий режим р. Уж взимку 2016 року.

За виявленими індикаторними видами ціліат якість води в річці Уж характеризується в цілому як α-мезосапробна (показник сапробності 2,79). Такі результати в цілому відповідають даним попередніх досліджень. Разом з тим, 5 зафіксованих нами видів (12,82% від загальної кількості) є визначальними для полісапробної зони. Це *Colpidium colpoda*, *Cyclidium glaucoma*, *Epistylis plicatilis*, *Paramecium caudatum* та *Vorticella microstoma*. Окремі з них мають дуже високі індивідуальні індекси полісапробності, що

варто взяти до уваги (табл. 2). Утім, враховуючи той факт, що навіть на дні найчистіших водойм і водотоків завжди накопичується деяка кількість мертвої органіки, яка є важливим компонентом середовища для мезо- і полісапробів, виявлення даних видів у бентосних і перифітонних пробах однозначно не дозволяє робити однозначні висновки

про тенденцію до погіршення сапробної ситуації. Для останнього, по-перше, необхідно зафіксувати полісапробів-планктонів; по-друге, зазначені інфузорії за харчовою спеціалізацією є бактеріо- і детритофагами та фільтраторами, виступають активними седиментаторами і таким чином відіграють певну роль у самоочищенні водойми.



А

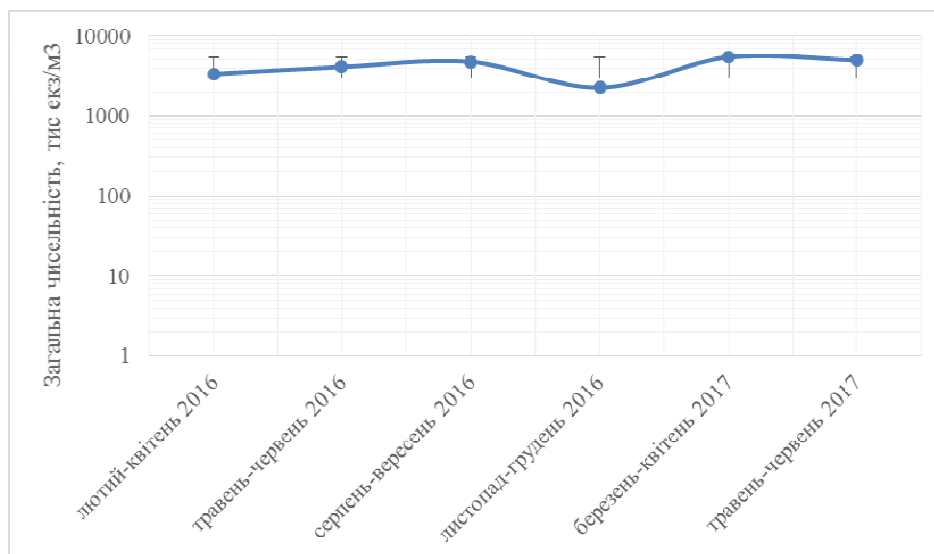


Рис. 1. Чисельність і сезонна динаміка чисельності інфузорій на дослідній ділянці річки Уж: А – графік в абсолютних значеннях; Б – згладжений графік у логарифмічному масштабі Б

Таблиця 2. Індикаторні види серед виявлених на дослідній ділянці річки Уж інфузорій

| Зона сапробності               | Види інфузорій, типові для даної зони | Індивідуальний для виду індекс сапробності за Сладечком, S | Відсоток від загальної кількості виявлених видів, % |
|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Олігосапробна (S=1,0)          | —                                     | —                                                          | 0                                                   |
| О-β-мезосапробна (S=[1,1-1,5]) | <i>Epistylis rotans</i>               | 1,5                                                        | 2,56                                                |
| β-мезосапробна (S=[1,6-2,0])   | <i>Loxophyllum helus</i>              | 2,0                                                        | 2,56                                                |

| Зона сапробності                                  | Види інфузорій, типові для даної зони | Індивідуальний для виду індекс сапробності за Сладечком, S | Відсоток від загальної кількості виявлених видів, % |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробна<br>(S=[2,1-2,5]) | <i>Coleps hirtus</i>                  | 2,5                                                        | 15,38                                               |
|                                                   | <i>Litonotus lamella</i>              | 2,2                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Paramecium aurelia</i>             | 2,5                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>P. bursaria</i>                    | 2,3                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Stentor polymorphus</i>            | 2,2                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Vorticella campanula</i>           | 2,25                                                       |                                                     |
| $\alpha$ -мезосапробна<br>(S=[2,6-3,0])           | <i>Aspidisca cicada</i>               | 2,8                                                        | 17,95                                               |
|                                                   | <i>Litonotus fasciola</i>             | 3,0                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Prorodon teres</i>                 | 3,0                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Stentor coeruleus</i>              | 2,8                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Stylonychia mytilus</i>            | 2,9                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Urotricha farcta</i>               | 3,0                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Vorticella convallaria</i>         | 2,9                                                        |                                                     |
| Полісапробна<br>(S=[3,1-4,5])                     | <i>Colpidium colpoda</i>              | 4,5                                                        | 12,82                                               |
|                                                   | <i>Cyclidium glaucoma</i>             | 3,1                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Epistylis plicatilis</i>           | 3,15                                                       |                                                     |
|                                                   | <i>Paramecium caudatum</i>            | 3,3                                                        |                                                     |
|                                                   | <i>Vorticella microstoma</i>          | 4,2                                                        |                                                     |
| Еусапробна<br>(S=[4,6-8,0])                       | —                                     | —                                                          | 0                                                   |

Щодо експериментального вивчення впливу на інфузорій амонійних солей (сульфат амонію), нітратів (нітрат натрію), фенолів (карболова кислота) і СПАР (хлоргексидин), то достовірні результати ми отримали для амонійного і нітратного азоту та хлоргексидину.

На змішаних культурах ціліат ми встановили біогенну дію на інфузорій нітратного азоту і токсичну – амонійного. Нітратний азот відіграє роль спрямовувача розвитку інфузорного угруповання, спричиняючи за концентрацій 50 мг/л і вище різке зростання чисельності ціліат. При цьому дещо змінюється співвідношення чисельності інфузорій першого і третього трофічних рівнів – в аспекті збільшення кількості хижих видів. Амонійний азот здійснює на інфузорій токсичний вплив у концентраціях 50 мг/л і вище, що у 25 і 10 перевищує ГДК для вод господарсько-питного і рибогосподарського водопостачання відповідно. Ефект впливу проявляється у сповільненні рухової активності, затримці росту та інгібуванні клітинних поділів.

У дослідах з карболовою кислотою ми зафіксували зниження рухової активності інфузорій та появу дрібних форм порівняно з контрольними. Наше припущення про можливу ростозатримувальну дію фенолу потребує подальшої експериментальної перевірки.

Найвищу чутливість ціліат було зафіксовано до дії хлоргексидину як представника СПАР. За всіх досліджених концентрацій характер його дії на інфузорій загалом одноманітний і пояснюється порушенням нормального водного балансу інфузорних клітин. Відмінності стосуються ступеня вираженості та швидкості настання реакцій-відповідей, зокрема – при високих (0,25 і 1 мг/л) концентраціях деструктивні зміни клітин реєструються

швидше. Ціліати реагують на присутність хлоргексидину негативним хемотаксисом, порушенням нормальної рухової активності, зміною форми клітин, зміною в'язкості цитоплазми та викиданням частини цитоплазми з клітини, інтенсивним функціонуванням й утворенням додаткових скоротливих вакуолей. Цікаво, що деякі інфузорії (*Stylonychia mytilus*) таким чином відновлюють нормальну рухову активність та осморегуляцію, що свідчить про захисний характер вищезазначених реакцій. *Stentor polymorphus* на несприятливий вплив хлоргексидину реагує цистоутворенням. У випадку неможливості відновлення нормального водного балансу інфузорії гинуть від везикуляції цитоплазми, лізису клітини та розпаду пелікули.

Незрозумілим у дії на інфузорій СПАР є факт реєстрації за низьких концентрацій (0,00025-0,0025 мг/л) мертвих клітин ціліат без будь-яких ознак пошкоджень.

Оцінюючи потенційну можливість використання ціліат у біоіндикації стану гідроекосистеми річки Уж, скажемо, що, на наш погляд, їх доцільно розглядати як індикаторні організми щодо вмісту СПАР. На таку думку нас наводить факт високої чутливості інфузорій до цих агентів, в цілому одноманітний характер реакцій-відповідей та можливість однозначного трактування останніх.

Для використання в якості біоіндикаторів ціліати мають відповідати наступним умовам:

- мати високу чисельність;
- зустрічатись в одних і тих самих біотопах в усі сезони;
- підлягати однозначній видовій ідентифікації;
- виявляти високу чутливість до забруднюючої речовини;

- демонструвати однозначно трактовану реакцію на вплив.

У цих аспектах із досліджених нами видів цікавими є 3: *Paramecium caudatum* (виявлена у всі сезони відбору проб у перифітоні і бентосі), *Stentor polymorphus* (виявлений у 3 сезони (крім осені) у перифітоні) та *Vorticella convallaria* (виявлена у 3 сезони (крім зими) у перифітоні й бентосі). Кожний

вид характеризується специфічною відповіддю на вплив СПАР.

Подальші дослідження щодо оцінки індикаторної цінності зазначених видів повинні стосуватись встановлення їх чисельності в інфузорному угрупованні та уточнення особливостей їх реакцій на вплив СПАР.

- БЕЗМАТЕРНЫХ, Д.М. (2007). Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: аналитический обзор. *Государственная публичная научно-техническая библиотека, Институт водных и экологических проблем. Серия Экология*, 85, 87 с.
- ВЛАСОВ, Б.П., ГИГЕВИЧ, Г.С. (2002). Высшие растения – биоиндикатор состояния водоемов В: *Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Методические рекомендации*. БГУ, Минск, 84 с.
- ГЛАНЦ С. (1998). *Медико-биологическая статистика* (пер. с англ.). Практика, Москва, 459 с.
- ДОПОВІДЬ про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2014 рік. (2015). Закарпатська ОДА, Департамент екології та природних ресурсів, Ужгород. Режим доступу: <http://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/uploads/2012/02/Закарпатська-регдоповідь-2014.pdf> (дата доступу: 10.04.2016).
- ДОПОВІДЬ про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2016 рік. (2017). Закарпатська ОДА, Департамент екології та природних ресурсів, Ужгород. Режим доступу: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Закарпатська%20рег%20доповідь%202016.pdf> (дата доступу: 10.09.2017).
- ЗВІТ про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2002 рік. (2003). Державне управління екології та природних ресурсів в Закарпатській області, Ужгород. Режим доступу: [http://dovkillia.in.ua/pdf/regreports/zakarpattya\\_2002.pdf](http://dovkillia.in.ua/pdf/regreports/zakarpattya_2002.pdf) (дата доступу: 06.04.2016).
- КАПЛИН, В.Г. (2001). *Биоиндикация состояния экосистем*. Самарская ГСХА, Самара, 143 с.
- КОВАЛЬЧУК, А.А. (2010). Видовой состав и количественное развитие донных инфузорий р. Уж в пределах Украины (бассейн Тисы). *Гидробиологический журнал*, 46(3), 19-28.
- КОВАЛЬЧУК, А., ЦАПУЛИЧ, О., СТЕГУН, В., ТОКАР, Т. (2003). Первинна продукція та деструкція органічної речовини – необхідний елемент гідробіологічного моніторингу транскордонної р. Уж (Закарпаття). *Матеріали 3-ї зустрічі УРМ: Раціональне використання водних ресурсів – необхідний елемент стійкого розвитку*, с. Осій. Ліра, Ужгород, 56-57.
- КОВАЛЬЧУК, А.А., БОШКО, Е.Г. (1979). Об использовании оксипропилцеллюлозы для затормаживания движения простейших. *Вестник зоологии*, 2, 62.
- КОКОВА, В.Е. (1982). *Непрерывное культивирование беспозвоночных*. Наука, Новосибирск, 168 с.
- КОНОВАЛОВА, О.А. (2010). Фитопланктон как показатель качества воды разнотипных водоемов территории города Омска. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 67(5), 64-67.
- СИМАКОВА, А.В., ПАНКОВА, Т.Ф. (2015). *Культивирование протистов: учебно-методическое пособие*. Издательский Дом Томского государственного университета, Томск, 68 с.
- ЛИХАЧЕВ, С.Ф., ГЛАЗЫРИН, Д.О., ЛИННИК, А.А. (2014). Морфологические и экологические адаптации свободноживущих ресничных инфузорий (*Ciliata, Ciliophora*) – индикаторов качества воды в водоемах. *Современные проблемы науки и образования*, 6. Режим доступу: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15338>.
- МЕТОДИЧЕСКИЕ рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта (2008). Фролова, Г.И. (Ред.). Лесная страна, Москва, 122 с.
- МУКМИНОВ, М.Н., ШУРАЛЕВ, Э.А. (2011). *Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие*. Казанский университет, Казань, 48 с.
- РОМАНЕНКО, В.Д., АРСАН, О.М., ДАВИДОВ, О.А., ДЬЯЧЕНКО, Т.М., ЄВТУШЕНКО, М.Ю. (2006). *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. Логос, Київ, 408 с.
- МЕТОДЫ оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология» (2015). Деревенская, О.Ю. (Ред.). КФУ, Казань, 44 с.
- НИКОЛАЙЧУК, В.І. ВАКЕРИЧ, М.М., ШПОНТАК, Ю.М., КАРПЮК, М.К. (2015). Сучасний стан водних ресурсів Закарпаття. *Вісник Дніпропетровського університету, Серія Біологія, Екологія*, 23(2), 116-127.
- ОКСИЮК, О.П., ДАВЫДОВ, О.А., КАРПЕЗО, Ю.И. (2010). Микрофитобентос как биоиндикатор состояния водных экосистем. *Гидробиологический журнал*, 46(5), 89-103.
- ОКСИЮК, О.П., ДАВЫДОВ, О.А., КАРПЕЗО, Ю.И. (2009). Оценка экологического состояния водных объектов по фитопланктону и фитобентосу (на примере украинского участка Дуная). *Гидробиологический журнал*, 45(2), 3-12.
- ОКСИЮК, О.П., ДАВЫДОВ, О.А., КАРПЕЗО, Ю.И. (2012). Санитарно-гидробиологическая оценка состояния речной части Каневского водохранилища на основе структурных показателей альгоценозов микрофитобентоса. *Гидробиологический журнал*, 48(2), 57-72.
- ОКСИЮК, О.П., ДАВЫДОВ, О.А. (2010). Санитарно-гидробиологическая характеристика водных экосистем по микрофитобентосу. *Гидробиологический журнал*, 47(4), 66-79.
- ПОДСЧЕТ клеток микроорганизмов в счетных камерах. (2017). Режим доступа: <http://ekologyprom.ru/uchebnoe-posobie-po-teme-lfiziko-ximicheskie-i-gidrobiologicheskie-metody-issledovaniya-ekologicheskogo-sostoyaniya-vodoevov/472-podschet>

- kletok-mikroorganizmov-v-schetnyh-kamerah.html (дДата  
доступа: 08.04.2015).
- ПРО ЯКІСТЬ поверхневих вод в басейні річки Уж та  
шляхи їх покращення. (2015). Басейнове управління  
водних ресурсів річки Тиса. Режим доступу:  
<http://buvrtya.gov.ua/newsite/?p=5915> (дата доступу:  
29.03.2016).
- РАЧИНСКАЯ, А.В. (2011). Состояние сообщества  
микрофитобентоса Одесского побережья в районах с  
различной антропогенной нагрузкой. *Научные  
ведомости Белгородского государственного  
университета. Серия: Естественные науки*, 3(14), 35-  
81.
- БЕДЕЙ І. (2016). Сміттєві ріки Закарпаття або Як  
закарпатці отруюють власну землю. Голос Карпат.  
Режим доступу:  
[https://goloskarpat.info/analytics/56b1c8b1406ce/?utm\\_content=031](https://goloskarpat.info/analytics/56b1c8b1406ce/?utm_content=031) (дата доступу: 03.02.2016).
- ЧИСЛЕНКО, Л.Л. (1968). *Номограммы для определения  
веса водных организмов по размерам и форме тела  
(морской мезобентос и планктон)*. Наука, Ленинград,  
108 с.
- FOISSNER, W. (2016). Protists as bioindicators in activated  
sludge: Identification, ecology and future needs. *European  
Journal of Protistology*, 55, 75-94.
- KAHL, A. (1930-35). Urtiere oder Protozoa. Wimpertiere oder  
Ciliata (Infusoria). In: Dahl F.: *Die Tierwelt Deutschlands*.  
G. Fischer, Jena, Bd. 18, 21, 25, 30. – 860 S.
- PAYNE, R.J. (2013). Seven Reasons Why Protists Make  
Useful Bioindicators. *Acta Protozoologica*, 52, 105–113.
- TECHNIQUES Used in Studying Ciliates (2015). Available at:  
[https://www.gwu.edu/~darwin  
/Ciliates/technique/techniques.html#Observing%20Living  
%20Ciliates](https://www.gwu.edu/~darwin/Ciliates/technique/techniques.html#Observing%20Living%20Ciliates) (accessed: 15 Feb. 2015).
- DIAZ, J.M., LAYBOURN-PARRY, J.E.M. (2018). Protozoan  
microorganism. Available at:  
<https://www.britannica.com/science/protozoan> (accessed:  
2-23-2018).
- WELCOME TO CILIOPHORA. (2014). Available at:  
<http://ciliateguide.myspecies.info>
- PROTISTE INFORMATION SERVER. (2017). Available at:  
<http://protist.i.hosei.ac.jp> updated: January 6, 2017.
- TAXONOMIE UND ÖKOLOGIE VON CILIATEN  
(WIMPERTIERCHEN). (2016). Available at:  
<http://www.ciliates.at>
- THE WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES. (2018).  
Available at: <http://www.marinespecies.org> (accessed:  
2018-03-13).

Отримано: 13 грудня 2017 р.

Прийнято до друку: 16 грудня 2017 р.