

---

## Об'єктивна оцінка якості водних олігохет *Tubifex tubifex* для ефективного годування риб

**Олег Олегович Шугуров**

кафедра загальної біології та водних біоресурсів, біолого-екологічний факультет, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна  
ORCID :0000-0001-5943-2260

**Для цитування цієї статті:**

Шугуров Олег Олегович. Об'єктивна оцінка якості водних олігохет *Tubifex tubifex* для ефективного годування риб. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No. 3, 2024, pp. 82-91. doi: 10.46299/j.isjea.20240303.08.

**Надійшла до редакції:** 27 березня 2024 р.; **Схвалено:** 28 квітня 2024 р.;

**Опубліковано:** 01 червня 2024 р.

---

**Анотація:** В роботі описано прилад, який може об'єктивно оцінити стан та якість живого корму риб – олігохет *Tubifex tubifex*, наведено його характеристики та порядок використання. Як з'ясовано у процесі експерименті з групами черв'яків, найліпшим параметром інтенсивності рухів та якості як живого корму можна рахувати енергію по підняттю зовнішнього вантажу, прикладеному до клубка олігохет. Найбільша амплітуда механограми спостерігається без додаткового навантаження на клубок – 5 мм. Енергія, використана на підняття зовнішнього вантажу черв'яками зростає до значень 3 – 5 г на клубок (до  $6 \cdot 10^{-6}$  Дж), але в подальшому вона навіть зменшується, а навантаження у 10 та більше грамів взагалі пригнічує активність механічної роботи черв'яків. Механограма стиснення та підйому клубка може відбивати стан та «здоров'я» кожної одиниці клубка олігохет, та дає можливість оцінити потужність кожної живої одиниці. Виявлено, що невідповідне утримання трубочників приводило до їх ослаблення та зменшення м'язових функцій. Описаний пристрій аналізу стану водних олігохет дає можливість об'єктивно оцінювати функціональний (а відповідно – фізіологічно-якісний) стан олігохет. Наведені дані можуть дати розуміння можливості часу утримання живого корму, наявності зміни кількості мертвих організмів у клубку, прийняття мір для знезараження корму або його вчасної утилізації.

**Ключові слова:** живий корм, якість, водні олігохети, пристрій для аналізу, механограма.

---

### 1. Вступ

Антропогенний вплив на водну біоту завжди багатогранний, тому безпосереднє виявлення конкретного негативного чинника впливу може становити певні труднощі [1,2]. Особливо дана складності можуть відноситися до колоніальних водних тварин, які не є такими за визначенням, проте живуть в умовах постійного обміну інформації, наприклад, мшанки, деякі водні черв'яки [3]. У такому разі зовнішній негативний вплив з одного боку може бути непомітним або несуттєвим на конкретну особину, з іншого – значним, але малопередбачуваним навіть на великій кількості організмів.

Як живий корм для акваріумних та промислових риб часто використовують водних олігохет, наприклад *Tubifex tubifex*. Для загального порівняння їх якостей аналізують різні екземпляри, як європейські, так і американські, а також вивчають літературу, присвячену цьому виду та його синонімам [4]. Різнопланові чи комплексні дослідження дають чіткіше уявлення про екологію самих трубочників *T. tubifex* та часто вимагає перегляду уявлення про їх характеристики на конкретному рівні застосування олігохет.

## 2. Об'єкт і предмет дослідження

Круглі малоцетинкові черви – трубочники (*T. tubifex*) – порівняно прості організми, нервова система яких складається з червонного нервового ланцюжка, а м'язова – із послідовно об'єднаних кільцевих м'язів [5]. Як біологічна частина бентоса, вони займаються очищенням води на дні водойм. Населення *T. tubifex* у багатих органікою струмках має річний життєвий цикл із тривалим періодом репродуктивної активності [6]. Їх кокони виробляються переважно наприкінці зими та на початку весни, а щільність населення трубочників може коливається від 5420 м<sup>2</sup> у середині вересня до 613000 м<sup>2</sup> у середині травня. Будучи кормовою базою для багатьох водних тварин (зокрема – риб), та перебуваючи в антропогенно-забрудненому водному середовищі [7], ці черв'яки можуть комплексно розглядатися і в якості об'єкта дослідження як індикатора забруднення, так і в якості білкового корму для риб. Відповідно, предметом дослідження були синхронні м'язові відповіді (скорочення тіл) як показник стану їхнього життєвого тону.

## 3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи була розробка методу оцінки об'єктивних індикаторних можливостей водних олігохет *T. tubifex* шляхом аналізу синхронного м'язового скорочення при їх використанні як живого корму риб, а також для аналізу ступеня впливу негативних факторів довкілля на ефективність тривалого утримання цих безхребетних тварин.

## 4. Аналіз літератури

В наш час трубочники активно використовуються для ефективного утримання акваріумних риб. Модель відтворення олігохет (*T. tubifex*) та її вплив на ріст показала принципи утримання та розмноження, з подальшим прицілом на годівлю деяких декоративних риб [7,8]. Наприклад, продуктивність черв'яків при годівлі коров'ячим гноєм була поганою, на відміну від годування комерційним кормом у вигляді рибних пластівців (Тетрамін), або містить спіруліну *Spirulina spp.* Причому найефективнішим розмноження та виживання цих організмів були при температурі від 12 °С до 21 °С, а чистий приріст біомаси були найвищими при найнижчій початковій щільності 2675 дорослих особин/м<sup>2</sup> та значно знижувалося при щільності вище 6686 дорослих/м<sup>2</sup> [7].

Зариваючись у ґрунт, черв'яки можуть розташовувати основну частину тіла у виритому каналі, кінцева частина організму піднімаючись над рівнем дна, очищає воду поглинаючи поживні речовини [5,7]. Даними олігохетами харчуються багато риб, які в процесі пошуку намагаються «засмоктати» вільний кінець черв'яка в рот. Сам же черв'як, намагаючись не бути з'їденим, швидко скорочує мускулатуру свого тіла, при цьому його зовнішні покриви щільно стикаються зі стінками ґрунтового каналу, в якому знаходиться черв'як, та тим самим (використовуючи силу тертя) блокує або просто ускладнює впіймання хижаком.

Раніше вивчення показало позитивний вплив *T. tubifex* на ефективність видалення забруднюючих речовин, що очищають стічні води з різними співвідношеннями С/Н (вуглець до азоту) [9]. Додавання *T. tubifex* з низькою щільністю значно збільшувало розчинений у субстраті кисень, сповільнило надмірне накопичення органічної речовини у ґрунті та покращувало бактеріальну різноманітність. З іншого боку, поглинаючи різні забруднювачі, черв'яки самі стають вторинним джерелом забруднення.

Так, олігохети активно використовуються для аналізу трофічних шляхів трансформаційного перенесення шкідливих важких металів у водному середовищі. Наночастинки металів, що потрапили у водне середовище, накопичуються в донних відкладеннях та стають легко доступними для безхребетних, які мешкають у донних шарах, та які служать їжею для таких організмів, як риби. Підтвердженням цієї думки з'явилися

експерименти з вивчення трофічного перенесення наночастинок оксиду міді (CuO) та розчиненої міді Cu (CuCl<sub>2</sub>) з природних відкладень до черв'яків *T. tubifex* в умовах тижневого вмісту з поллютантом, а потім до риби *Gasterosteus aculeatus* (трюхгольчата корюшка). Надалі в рибі були виявлені наночастинок міді в кишковій тканині (від 65 до 80 нг/г), тушках риби (7 – 10 нг/г), печінки (50 та 10 нг/г) відповідно. Заковтування фрагментів забруднюючих воду частинок мікропластику довжиною 50 – 4500 мкм такими прісноводними олігохетами також становить значний ризик для трофічного перенесення та біомагніфікації мікропластику по водному харчовому ланцюгу [11].

Часто виживання та розмноження олігохет використовують для індикації якості водної системи в лабораторних умовах та в природному середовищі. Дія металаксилу та металаксилу-М (фунгіциди, що широко використовуються в багатьох країнах) у лабораторних умовах на трубочників була кількісно проаналізована з використанням рідинної хроматографії [12]. Токсичні ефекти оцінювалися на біохімічному рівні шляхом порівняння фізіологічних показників та функціональної активності ферментів. Виживання (при концентрації 20 мг/л) для *T. tubifex* становило 63,33 % при впливі металаксилу та 50,0 % – металаксилу-М. Дані показали можливість оцінки ступеня впливу тих чи інших сільськогосподарських препаратів на бентос, як наслідок – на риб. Пропіконазол, що міститься в фунгіциді «Гілт», показав LC<sub>50</sub> при концентрації 0,211 мг/л, при цьому фунгіцид модулює зміни ферментів окислювального стресу на сублетальному рівні [13].

Також було проведено оцінку біоаккумуляції та токсичності на *T. tubifex*, що зазнали впливу вод забруднених річок Кизилірмач, Енгіз, Мерт, Абдал та Ешилірмач (Туреччина) [14]. Аналіз факторів біоаккумуляції показали, що найбільш накопичуваними та потенційно токсичними елементами були Cu > Zn > Ni > Pb.

В нашій попередній роботі була спроба провести порівняльний аналіз стану таких олігохет в нормі та при впливі на них хвиль НВЧ [15]. Треба сказати, що був допущений рад спрощень, які ускладнили формування висновків: поршень був цільний з боковою стінкою, причому черв'яки пролізали між ним та стінками склянки блокуючи його рух, коромисло не врівноважувалося, лампа не мала напрямної бленди, при розрахунках не враховувалася маса самих трубочників, також були проблеми з котушкою для стимуляції. З іншого боку, наявність постійних (а не випадкових) похибок допускала достатню якість порівняння стану *T. tubifex* після їх врахування.

Треба відзначити, що водні олігохети є відмінним кормом для промислових видів риб [7], а точна оцінка їх стану та якості у вигляді корму здійснюється за часом життя в штучних умовах та шляхом підрахунку загиблих організмів [13], тобто, за підсумковою дією токсичного довкілля. Очевидно, що безперервний об'єктивний моніторинг стану олігохет може призвести до встановлення певних забруднюючих факторів, та одночасно – підвищити якість корму риб з отриманням прибавки товарної маси.

## 5. Методи досліджень

Для фіксації механічного руху клубка трубочників був розробили та випробуваний описаний пристрій (рис.1). У процесі його використання клубок олігохет поміщають на дно скляної лабораторної склянки (1) циліндричної форми. Зверху на нього встановлюють подвійний поршень, що являє собою круглі подвійні легкі, але жорсткі металеві пластини (2), які зв'язані у своїх центрах між собою жорстким дротом (3). Діаметр пластин практично дорівнює діаметру циліндра, а наявність двох пластин в поршні потрібні для того, щоб не було задирання кожної з пластин при русі вгору або вниз, та був відсутній ефект «присмоктування» хробаків до бокових стінок поршня (якби він був цілісний).



**Рис.1.** Пристрій для реєстрації та аналізу механограм трубачників.

Склянка зі зразком встановлена на підставу пристрою (4), до якого прикріплена стійка (5). Також, на підставі встановлено механічне реле (13), яке при спрацьовуванні вдаряє по ньому явним якорем, струшуючи всю систему. Також до стійки пристрою (5) прикріплено шарнірним способом коромисло (6). До його одного кінця приєднаний дріт (3), цей же кінець коромисла має отвір для кріплення вантажів. До іншого кінця коромисла прикріплено дзеркало (7), цей кінець також має отвір для кріплення вантажів (8). Основа пристрою (4) стоїть на м'яких ніжках (9), щоб не коливатися від струсів.

До стійки пристрою (5) також прикріплений через рухливі важелі – джерело світла (10) з блендою (для формування потоку світла) та фотодіод (11). Джерело світла та фотодіод можуть змінювати своє положення таким чином, щоб у початковому стані промінь світла падаючи на дзеркало відбивався під кутом  $90^\circ$ , даючи на діоді максимальний електричний сигнал, який після попереднього посилення на підсилювачі постійного струму (14) записували та далі обробляли на ЕОМ.

Спочатку клубок олігохет зважували для визначення їх власної маси та шляхом поділу та підрахунку визначали загальну кількість особин у даному клубку. Всього у дослідах біли залучені 12 клубків олігохет сумарною масою від 40 до 50 г.

В процесі експерименту після перекладання черв'яків на дно склянки та їхнього відпочинку протягом не менше 3 хвилин клубок обережно накривали поршнем, таким чином, щоб не викликати синхронну відповідь у вигляді скорочення. У початковому варіанті поршень на кінці коромисла врівноважували з вантажем на іншому кінці. У разі відсутності тертя осі обертання коромисла (досягалося змазуванням промисловим маслом) підняття поршня не вимагало ніяких додаткових зусиль.

Обробку записаних механограм (виявлення амплітуд, тривалості сигналу) вели за допомогою програми Ashampoo Calc пакету Office 8, статистичну обробку даних – на засобі Statistica 5.

## 6. Результати досліджень

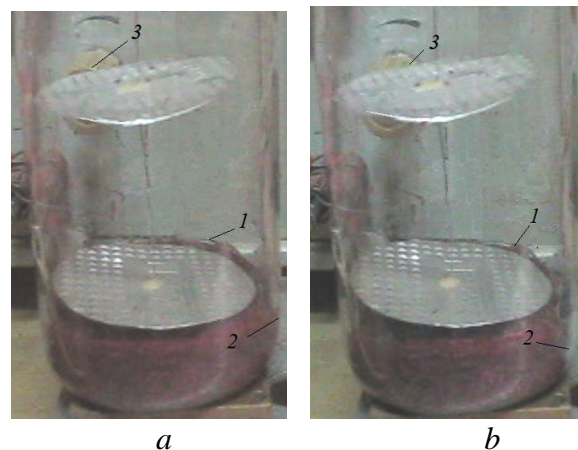
У разі великої кількості черв'яків, що живуть на дні водного басейну, за рахунок скорочувальних властивостей та зовнішньої чутливості стиснення сусідніми донними масами, ці біологічні об'єкти синхронізують втягування свого тіла в канал у ґрунті. Одночасно за допомогою рецепторів тиску та вібрації відбувається інформаційне повідомлення іншим членам популяції про небезпеку. У такому випадку, кожна особина не тільки підвищує здатність свого порятунку, а й сигналізує своєю скоротливою дією про небезпеку – іншим. Оскільки сила скорочувальної дії одного трубачника мала, то саме одночасне синхронізоване скорочення клубка черв'яків може дати можливість аналізувати рівень фізіологічного стану та зовнішнього впливу (небезпеки), чому і була присвячена дана робота.

Реєстрацію м'язових скорочень та перевірка працездатності (а відповідно – і якість самих черв'яків) здійснювали таким чином. У чисту промиту склянку (1) клали клубок досліджуваних черв'яків – трубочників (12). У циліндр склянки (1) вводили пластинчастий поршень (2). Наважкою вантажів на дальній на дальній або ближній від склянки кінець домагаються того, щоб коромисло було врівноважене, та його підняття не вимагало якихось сил. Або навпаки – вимагало підняття вантажу на певну висоту.

При надходженні зовнішнього імпульсу з генератора прямокутних імпульсів ЕС-50-1 (на рис. 1 він не показаний) на механічне реле (6), воно спрацьовувало, здійснюючи струс підстави та стійки, викликаючи синхронізовану активацію олігохет. При цьому поршень (2) підіймався (позначка 3 на рис.2), а коромисло (6) змінювало своє положення. Дзеркало (7) відходить від позиції максимального сигналу (коли кут падіння променя джерела світла (9) дорівнює куту відображення променя на фотодіод (10)) змінюючи електричний сигнал фотодіода.

Взагалі, використання генератора ЕС-50-1 та формування прямокутного імпульсу амплітудою 20 – 50 при тривалості до 100 мс дозволило з одного боку «оцінювати» потужність удару реле в енергетичних значеннях (Дж). Але водночас, зміна величини імпульсу, що подається з генератора на реле (від 25 до 40 В), призводило не стільки до збільшення амплітуди та тривалості підняття поршня, скільки до більш швидкого початку синхронізованого скорочення, що виражалось у вигляді зменшення латентного періоду з 0,15 – 0,21 мс до 0,11 – 0,14 мс. Тому в подальшому для стандартного розвитку збудження та оцінки активності олігохет було обрано стимули від генератора (які подавалися на реле) величиною 30 В при тривалості 20 мс (стандартний стимул).

У процесі скорочувальної роботи, стискаючись та піднімаючись, клубок черв'яків «відходить» від скляної стінки склянки (1 на рис.2). При цьому олігохети (2 на рис.2) припиняють чіплятися в отворі між поршнем та стінками (поршень у вигляді цільного циліндра через кілька хвилин активно охоплюється олігохетами, які намагаються проповзти вгору), що полегшує процес підняття поршня та вантажу.



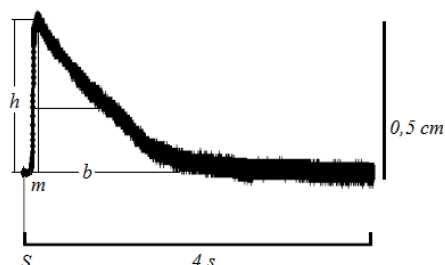
**Рис.2.** Зміна положення поршня в склянці до (a) та після стимуляції (b) трубочників. 1 – охоплення трубочниками поршня, 2 – просвіт між клубком та стінкою склянки, 3 – візуальний підйом поршня.

Підняття поршня, особливо в умовах прикріпленого на точку його підвісу певного вантажу, дає можливість визначити потужну характеристику клубка черв'яків (рис.3). За нашою уточненою оцінкою, енергія підняття вантажу трубочниками проти сил тяжіння з урахуванням підняття самого клубка становить:

$$E=(m_T + m_B) \cdot g \cdot h ; \quad (1);$$

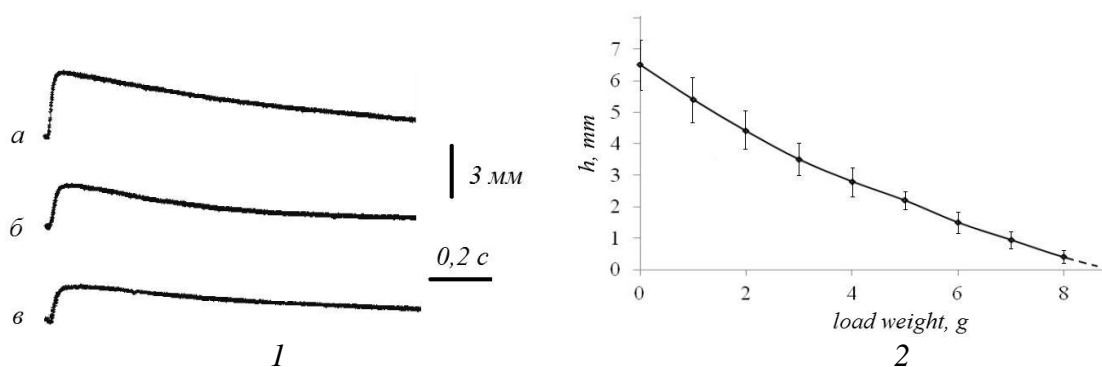
де  $m_T$  – маса самих трубочників,  $m_B$  – маса додаткового вантажу, прикладеного до поршня. Відповідно є можливість оцінювати силову здатність олігохет виконувати фізичне навантаження, а значить – проводити моніторинг їх стану.

Синхронізоване стискання олігохет формує на датчику сигнал (рис.3), який має відносно швидкий передній фронт (від 20 до 50 мс) та поступове зниження механограми за рахунок розслаблення олігохет, час якого також пов'язане з їх станом.



**Рис.3.** Стандартна механограма «свіжих» активних трубочників при нанесенні механічного подразнення без підняття додаткового навантаження.  $S$  – точка на часовій шкалі нанесення стимулу,  $b$  – базова лінія,  $m$  – час досягнення механограмою свого максимального значення,  $h$  – висота підняття поршня. На рисунку дане часове та амплітудне калібрування.

Максимальне зареєстроване значення амплітуди підняття сягало 5 – 7 мм за відсутності додаткового вантажу (рис.4). У нормі зовнішнє збільшення навантаження веде не лише до зменшення висоти підняття поршня відносно максимальної, а й до одночасного зростання позитивної роботи як всього клубка, а й окремого черв'яка в клубку (рис.5).



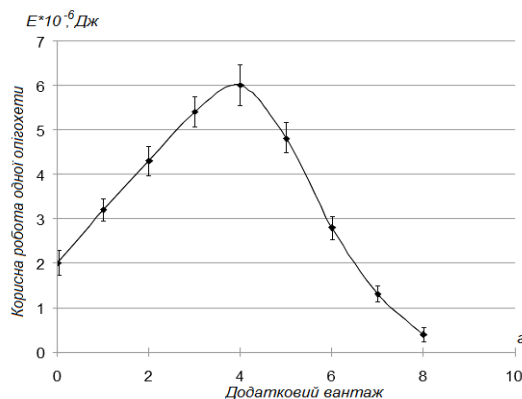
**Рис.4.** Зменшення стандартної механограми трубочників (1) при нанесенні механічного подразнення із зовнішнім навантаженням – 0 (а), 2 (б) та 4 (в) г; 2 – графік висоти підняття ( $h$ , mm) додаткового вантажу від його ваги (load weight, g). Наведено середньоквадратичні відхилення за результатами 12 дослідів

Тобто, сумарна робота (енергія) з підняття вантажу аж до ваг 3 до 5 г – продовжували зростати незважаючи на зниження амплітуди механограми і становить (з урахуванням власної маси)  $4,8 \cdot 10^{-6}$  –  $6 \cdot 10^{-6}$  Дж для розрахунку на одну олігохету. Таке значення витікало за загальним часом підняття поршня («площі» механограми трубочки).

Одночасно розрахунки показали, що потужність «навантаженого» клубка (за одиницю часу) практично при будь-яких додаткових навантаженнях – падала, що виявлялося у більш повільному піднятті цих вантажів. Причиною може бути факт, що максимум механограм (1 на рис.4) під навантаженням не тільки зменшується, а й помітно зміщується у бік більших часових значень.

Розраховуючи роботу з підняття клубком черв'яків вантажу (поршня) та оцінки їхнього ступеня активності та «здоров'я», також треба враховувати те, що клубок, що складається з 1000 – 1500 одиниць, сам має масу близько 30 – 50 г (вимагає попереднього зважування в

кожному конкретному випадку), яку він також підіймає нагору. Враховуючи час підняття (0,5 – 0,7 с) і підрахувавши точну кількість олігохет можна знайти середню потужність, що припадає на 1 одиницю трубочників – близько  $5 \cdot 10^{-7}$  Вт.



**Рис.5.** Корисна робота клубка олігохет, витрачена на підняття зовнішнього додаткового навантаження в розрахунку на 1 організм. Наведено середньоквадратичні відхилення за результатами 12 дослідів

При великих навантаженнях ( $> 5$  г) виконана робота починає знижуватися, а при навантаженнях в 10 – 20 г клубок олігохети вже взагалі не здатні виконувати синхронну роботу та ефективно скорочуватися (рис.4, рис.5). Також, у разі розглядання потужності можна говорити про її максимальне значення, оскільки підняття клубка та вантажу відбувається за час 0,1 – 0,3 с, хоча все "підняття" може відбуватися протягом 2 – 5 с. Тому доцільно розглядаючи життєздатність трубочників орієнтуватися саме на сумарну енергію, що йде на підняття вантажу.

Можна додати, що трубочники, що містяться в невідповідних оптимальних умовах, різко змінювали ефективність своєї «працездатності» та далі – взагалі втрачали можливість синхронного скорочення. При цьому колір клубку черв'яків ставав більш сірим та каламутним. Таке спостереження підтвердило думку, що м'язові відповіді черв'яків йдуть паралельно їхньому фізіологічному стану, що можна швидко виявити за допомогою оцінки їх механічного опору зовнішньому навантаженню.

## 7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Неповне перетворення біомаси споживання мулу дає на виході меншу біомаси олігохет. Тобто, застосування водних олігохет дає можливість зменшення накопичення мулу та відкриває перспективи біологічного очищення скидів каналізації [16]. Одночасно з цим олігохети можуть активно заражатись патологічними формами бактерій та простіших.

Таким чином, водні олігохети можуть заражати риб у системі замкнутої аквакультури [17]. Велика кількість олігохет живуть у детриті із системи біофільтрації резервуарів. У риб, що їх споживають, виявляють дифузну гіперплазію, метаплазію келихоподібних клітин та переважно мононуклеарну інфільтрацію, що завдає значної шкоди аквакультури. Поширення та значна чисельність водної олігохет-господарів (*T. tubifex*) з паразитами *Muxobolus cerebralis* викликає хвороби лососевих (райдужної форелі – *Oncorhynchus mykiss*). Це захворювання стало фактором різкого зниження цієї популяції у верхньому басейні річки Колорадо [18]. Однак є дані, що у природних водних угрупованнях стійкі штами *T. tubifex* можуть не знижувати вплив через *M. cerebralis* на лососеве господарство [19], що потребує уточнення.

Електронно-мікроскопічні дослідження зараження прісноводної олігохети *Tubifex sp.* показало можливість їхнього зараження мікроспорією *Microsporidium epithelialis sp. n.*, що

знаходиться в епітеліальних клітинах кишківника черв'яка. Мікроспорія зустрічалася разом із актиноспорією роду *Triactinomyxon*, виявленою між епітеліальними клітинами [20]. Можливо, що кількість паразитів у олігохет може бути ще більша, тому у закладах аквакультури потрібен певний контроль за даного виду живого корму.

Розглядаючи отримані результати можна відзначити, що олігохети-трубочники мають досить розвинений нервовий ланцюжок, здатний інтегрувати зовнішні подразники у відповідну рухову та сигнальну активність. Це є основою генерації швидкої передачі сигналів про небезпеку, яка визначається швидкістю їх руху, а на зовнішній сигнал відповідає не один черв'як, а вся спільнота за допомогою синхронного скорочення своїх тіл. Отже, одночасно з'являється можливість і об'єктивної точної оцінки (через параметр енергії та потужності, що припадає на одиничний організм) загального стану водних черв'яків, оцінки впливу на їх механічну активність попереднього впливу токсичного або активувального фактора, здатного змінити їхню нервово-м'язову та функціональну діяльність.

Слід, проте, сказати, що така активність, ймовірно, вимагає великих енерговитрат олігохет, що в кінцевому підсумку призводить до суттєвого (на порядок) ослаблення фізичних можливостей та зниження витривалості при впливі підвищених навантажень або повторних активацій, що слід враховувати в процесі комплексного аналізу стану всього клубка черв'яків. Послідовне пригнічення при зовнішніх навантаженнях стосується як нервових, так і м'язових процесів, які в олігохетах у загальному випадку можна описувати як лінійно-залежні.

## 8. Висновки

З урахуванням аналізу нервово-м'язових можливостей досліджених водних олігохет можна зробити ряд висновків.

1. Найліпшим параметром інтенсивності та якості черв'яков *T. tubifex* як живого корму можна рахувати енергію по підняттю зовнішнього вантажу, прикладеному до клубка олігохет. Найбільша амплітуда механограми спостерігається без додаткового навантаження на клубок та сягає 5 мм.

2. Енергія, використана на підняття зовнішнього навантаження черв'яками зростає до значень 3 – 5 г на клубок, але в подальшому вона навіть зменшується, а навантаження 10 та більше грамів взагалі пригнічує активність механічної роботи черв'яків.

3. Механограма стиснення та підйому клубка може відбивати стан та «здоров'я» кожної одиниці клубка олігохет. Невідповідне утримання трубочників приводило до їх ослаблення, зменшення активності та силових м'язових можливостей.

4. Описаний пристрій аналізу стану водних олігохет дає об'єктивну оцінку функціонального (а відповідно – фізіологічно-якісного) поточного стану олігохет. Такі дані можуть дати розуміння можливості часу утримання живого корму, наявності зміни кількості мертвих організмів у клубку, прийняття мір для знезараження корму або його вчасної утилізації.

---

### Список літератури:

1). Стойко С.М. Сучасні види антропогенного впливу на життєве середовище / С. М. Стойко, І. Б. Койнова // Укр. географічний ж.– 2012.– № 1.– С.50–57. <https://ukrgeojournal.org.ua/uk/node/435>.

2). Строкаль В.П. Антропогенне навантаження на стан водних та земельних ресурсів: проблеми локальних територій України // Збалансоване природокористування.– 2020.– №2. doi: 10.33730/2310-4678.2.2020.208822.

3). Schwaha T. F. Key novelties in the evolution of the aquatic colonial phylum Bryozoa: evidence from soft body morphology / T. F. Schwaha, A. N. Ostrovsky, A. Wanninger // Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.– 2020.– V.95 (3).– P.696–729. doi: 10.1111/brv.12583



- 4). Holmquist C. What is *Tubifex tubifex* (O.F. Müller) (Oligochaeta, Tubificidae)? *Zoologica Scripta*.– 2006.– V.12(3).– p. 187 – 201. doi: 10.1111/j.1463-6409.1983.tb00564.x
- 5). Ruppert E.E. Invertebrate zoology: a functional evolutionary / E. E. Ruppert, R. S. Fox, R. D. Barnes // Publisher: Cengage Learning; 7th edition.– August 7, 2003.– 1008 p. ISBN-13 978-0030259821.
- 6). Lazim M. N. The life-cycle and productivity of *Tubifex tubifex* (Oligochaeta; Tibificidae) in the Moat-Feeder Stream, Cardiff, South Wales / M. N. Lazim, M. A. Learner // *Ecography*.– 2006.– V. 9(3).– P. 185 – 192. doi: 10.1111/j.1600-0587.1986.tb01208.x
- 7). Oplinger R. W. Culture of *Tubifex tubifex*: effect of feed type, ration, temperature, and density on juvenile recruitment, production, and adult survival / R. W. Oplinger, M. Bartley, E. J. Wagner // *North American J. Aquaculture*.– 2011 (Feb.).– V.73(1).– P. 68 – 75. doi: 10.1080/15222055.2010.549028.
- 8). Md Ashraful Alam. A model for tubificid worm (*Tubifex tubifex*) production and its effect on growth of three selected ornamental fish / Md. Ashraful Alam, Macksood Alam Khan, Md. Sarower-E-Mahfuj, et al. // *Bangladesh J. of Fisheries*.– 2021.– V. 33, № 2. doi: 10.52168/bjf.2021.33.23
- 9). Jang J. Effect of *Tubifex tubifex* on the purification function of saturated vertical flow constructed wetlands for effluents with varying C/N ratios / J. Jang, M. Zhang, C. Chen, et al. // *Chemosphere*.– 2023.– V.340 (november). doi: 10.1016/j.chemSphere.2023.139872.
- 10). Lammel T. Trophic transfer of CuO NPs from sediment to worms (*Tubifex tubifex*) to fish (*Gasterosteus aculeatus*): a comparative study of dissolved Cu and NPs enriched with a stable isotope tracer (<sup>65</sup>Cu) / T. Lammel, A. Thit , X. Cui et al. // *Environ. Sci.: Nano*.– 2020.– V.7.– 2360 – 2372. doi: 10.1039/D0EN00227E.
- 11). Hurley R. Ingestion of microplastics by freshwater *Tubifex* worms / R. Hurley, J. C. Woodward, J. J. Rothwell // № 2017. ACS Publications. *Environmental Sci. and Technol.* doi: 10.1021/acs.est.7b03567.
- 12). OuYang M-N. The different toxic effects of metalaxyl and metalaxyl-M on *Tubifex tubifex* / M–N OuYang, X. Liu, H–M. Guo, et al. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*.– 2021 (15 January).– V. 208. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111587.
- 13). Saha Su. Antioxidant enzyme activity and pathophysiological consequences in the sludge worm *Tubifex tubifex* under acute and sub-lethal exposures to the fungicide Tilt / Su. Saha, Sh. Saha, A. Mistri, et al. // *Pesticide Biochem. and Physiol.*– 2024.– V.198 (January).– 105738. doi: 10.1016/j.pestbp.2023.105738.
- 14). Simsek A. Evaluation of bioaccumulation and toxicity of *Tubifex tubifex* exposed to contaminated river sediment by potentially toxic elements – A case study of the middle Black Sea, Turkey / A. Simsek, J. Teuchies, H. Haghazar, et al. // *J. of Geochemical Exploration*.– 2023.– V. 252, (Sept.).– 107263. doi: 10.1016/j.gexplo.2023.107263.
- 15). Смоляренко И.К. Влияние электромагнитных СВЧ волн на подвижность олигохет / И. К. Смоляренко, О. А. Шугуров, О. О. Шугуров // *Вісн. Дніпропетровського ун-та. (Сер. Біологія. Екологія)*.– 2005. вип.13,№1.– С. 264–270. <http://ecology.dp.ua/index.php/ECO/article/view/541/525>.
- 16). Ratsak C. Y. Sludge reduction by predatory activity of aquatic oligochaetes in wastewater treatment plants: science or function? A review / C. Y. Ratsak, J. Verkuiljen // *Hydrobiologia*.– 2006.– V.564.– P. 197 – 211. doi: 10.1007/s10750-005-1719-7.
- 17). Ingram B.A. First record of an aquatic oligochaete infesting fish / B. A. Ingram, C. McCowan, T. Bradley, A. M. Pinderd // *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.*– 2020.– 13 (Dec.).– P. 248 – 251. doi: 10.1016/j.ijppaw.2020.11.001.
- 18). Zendt J. S. Distribution and abundance of the aquatic oligochaete host *Tubifex tubifex* for the salmonid whirling disease parasite *Myxobolus cerebralis* in the upper Colorado river basin / J. S. Zendt, E. P. Bergersen // *North American J. Fisheries management*.– 2000.– V.20, №2.– P 502 – 512. doi: 10.1577/1548-8675(2000)020<0502:DAAOTA>2.3.CO;2

19). Steinbach-Elwell L.C. Interactions among two strains of *Tubifex tubifex* (Oligochaeta: Tubificidae) and *Myxobolus cerebralis* (Myxozoa) / L. C. Steinbach Elwell, B. L. Kerans, C. Rasmussen, J. R. Winton // Diseases of Aquatic Organisms.– 2006.– V.68.– P. 131 –139. doi: 10.3354/dao068131

20). Mustapha O. Electron microscopic study of a new microsporean *Microsporidium epithelialis* sp. n. infecting *Tubifex* sp. (Oligochaeta) / O. Mustapha, M. El-Matbouli, M. El-Matbouli, R. W. Hoffmann, et al. // Folia Parasitologica.– 2000.– V.47(4) P. 257 – 265. doi: 10.14411/fp.2000.044

---

## Objective assessment of the quality of aquatic oligochaetes *Tubifex tubifex* for effective fish feeding

**Oleg Shugurov**

Oles Honchar Dnipro National University , Dnipro, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-5943-2260

---

**Abstract:** This article describes a device that can objectively assess the condition and quality of live feed for fish – the oligochaetes *Tubifex tubifex*. Its characteristics device and the order of use are given. As it became clear in the course of the experiment with ball of worms, the best parameter of the intensity of movements and quality as live food can be the energy for lifting the external mass load (weight), applied to the ball of oligochaetes worms. The greatest amplitude of mechanograms is ensured of oligochaetes without additional pressure on the worms ball and it amounts to 5 mm. The spent energy of the worms increases to a value pressure of 3–5 g per ball of worms (up to  $6 \cdot 10^{-6}$  J). But in the further of increasing external pressure the story are changes. The external in 10 grams or more pressure of fully suppresses the activity of the mechanical work of oligochaetes and amplitude of mechanogram is tends to zero. The mechanogram of ball compression and lifting can reflect the general condition and "health" of each unit of ball oligochaetes and allows to evaluate the average power of each live worms unit. It was revealed that poor-quality maintenance of tubifex worms led to their weakening and a decrease in muscle functions. You can say that the described device for analyzing the state of aquatic oligochaetes makes it possible to objectively assess the functional and physiological state of wather worms. The data provided mechanogram values can provide an understanding of the possibility of keeping live food, the presence of changes in the number of dead organisms in the ball of worms, and taking measures to disinfect the food or its timely disposal.

**Key words:** live feed, quality, aquatic oligochaetes, device for analysis, mechanogram.

---