

рівні з незначними коливаннями. В рослинах р. Прип'ять упродовж останніх років відзначено деяке зростання питомої активності обох радіонуклідів.

1. Кленус В. Г. Визначення вмісту специфічних речовин радіаційної дії в гідробіонтах різного трофічного рівня / В. Г. Кленус. За ред. В. Д. Романенко. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – С. 321–326.
2. Кузьменко М. І. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / М. І. Кузьменко, Д. І. Гудков, С. І. Кіреєв та ін. – К.: Наукова думка, 2010. – 263 с.

*З.О. Широкая, В.Г. Кленус, А.Е. Каглян, Л.П. Юрчук*

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

### **ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ $^{90}\text{Sr}$ И $^{137}\text{Cs}$ В ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

В работе представлены результаты исследований особенностей накопления радионуклидов различными видами высших водных растений в водоемах Зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Проанализировано содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в них с 2007 по 2014 гг. Дана оценка современного состояния радионуклидного загрязнения растений.

*Ключевые слова:* высшие водные растения, Зона отчуждения ЧАЭС,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$

*Z.O. Shiroka, V.G. Klenus, A.E. Kaglyan, L.P. Yurchuk*

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

### **DYNAMICS OF THE $^{90}\text{Sr}$ AND $^{137}\text{Cs}$ IN HIGHER AQUATIC PLANTS OF THE WATER BODIES OF THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE**

Papers contain the results of study of the peculiarities of radionuclides accumulation by higher aquatic plants of the water bodies of the Chernobyl exclusion zone. Content of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radionuclides were analyzed from 2007 to 2014. The modern state of radionuclides contamination of plants are estimated.

*Keywords:* highest aquatic plants, Chernobyl exclusion zone,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$

УДК [577.4]

**О.О. ШУГУРОВ**

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара  
пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49050, Україна

### **ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ НА РУХОВУ АКТИВНІСТЬ ВОДНИХ ОЛІГОХЕТ**

---

У дослідках на водних олігохетах – трубочниках (*Tubifex tubifex*) вивчали вплив надвисокочастотного (НВЧ) опромінення ( $\lambda=12$  см) на потужність їхніх рухів при різному зовнішньому навантаженні. Показано, що НВЧ з енергією  $80 \text{ мВт/см}^2$  здатне знижувати амплітуду механограми рухів та потужність скорочення на 50–65% на кожні 10 хвилин опромінення незалежно від зовнішнього навантаження. Зроблено висновок про негативний вплив електромагнітних НВЧ-полів на прості популяції олігохет.

*Ключові слова:* трубочники, електромагнітні хвилі, опромінення, рухи, потужність

Електромагнітні хвилі надвисокої частоти (НВЧ) все сильніше проникають в екологічне довкілля не тільки урбанізованих зон, але й місцеперебування диких тварин та рослин. З огляду на те, що при постійному розвитку побутової та промислової техніки спостерігається з одного боку – підвищення вихідної потужності антен та генераторів, і величини частоти кванту

хвиль – з другого, є небезпека пригнічення нормальної активності природних біоценозів. Розширення кола приладів, що використовують НВЧ, неодмінно буде впливати як на окремі біологічні об'єкти, так і біоту в цілому. Чуттєвий вплив НВЧ на клітинному рівні організму був помітний вже давно, та навіть використаний у практичній медицині [1].

Важливо, що такі хвилі можуть діяти не тільки як носії енергії та локально підвищувати температуру тканин при щільності потоку енергії (ЩПЕ)  $> 10 \text{ мВт/см}^2$  (теплові дози), але й проявляти специфічні ефекти при ЩПЕ  $< 10 \text{ мВт/см}^2$ , включаючи інформаційні. У попередніх дослідях ми вивчали вплив НВЧ хвиль частотою 10 ГГц на водних черв'яків (*Tubifex tubifex*) при енергіях опромінення 0,3–1 мВт/см<sup>2</sup>, що відповідає нетепловим дозам [4]. Однак вплив більш довгих НВЧ-хвиль ( $\lambda=12 \text{ см}$ ) з дозами, близькими до теплових, на такі об'єкти раніше не вивчався, що й стало предметом наших подальших досліджень.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на агрегації олігохет клубка трубочників з 1200-1500 особин, який вміщували у склянку, зверху на нього встановлювали легкий рухливий поршень. Для контролю потужності скорочення черв'яків застосовували додаткові навантаження від 1 до 20 г з кроком 1 г. Для синхронізованої активації олігохет використовували механічний струс склянки за допомогою реле, приєднаного до стимулятора ЕСУ-2. Рухи поршня при скороченні клубка реєстрували за допомогою системи із світлодіода, фотодіода та дзеркальця. Синхроімпульс із стимулятора подавався на систему реєстрації на базі ПЕОМ та адаптора „Мультикон”, що включав у себе 4 входи аналогово-цифрового перетворювача.

Опромінення трубочників хвилями НВЧ проводили генератором "Промінь-3" при загальній потужності у тракті 15 Вт, що складало  $0,085 \text{ Вт/см}^2$  при експозиції 10 хв. Підвищення рівня опромінення робили шляхом повторення процедури.

Механограми рухів трубочників вивчали на прикладі поодиноких та парних подразнень. Зареєстровані сигнали оцифровували та обробляли прогресивними методами накопичення [3]. Завдяки визначенню часу підняття вантажу вираховували потужність, що приходилася на одного черв'яка. Отримані дані обробляли програмним засобом Statistics v.6.0., імпульсні послідовності були опрацьовані програмою AutoSignal 2.0.

### Результати досліджень та їх обговорення

Трубочники (*Tubifex tubifex*) є важливим елементом бентосу, що бере участь у біологічному очищенні річок і озер [5]. Вони мають просту нервову систему, яка утворена черевним нервовим ланцюжком. Окрім простих індивідуальних рухів трубочники здатні здійснювати складні групові реакції у вигляді скорочення клубка черв'яків у разі збудження одного з них. Саме такі скорочення клубку трубочників (рис. 1, а) були нами використані при аналізі впливу зовнішнього НВЧ-поля.

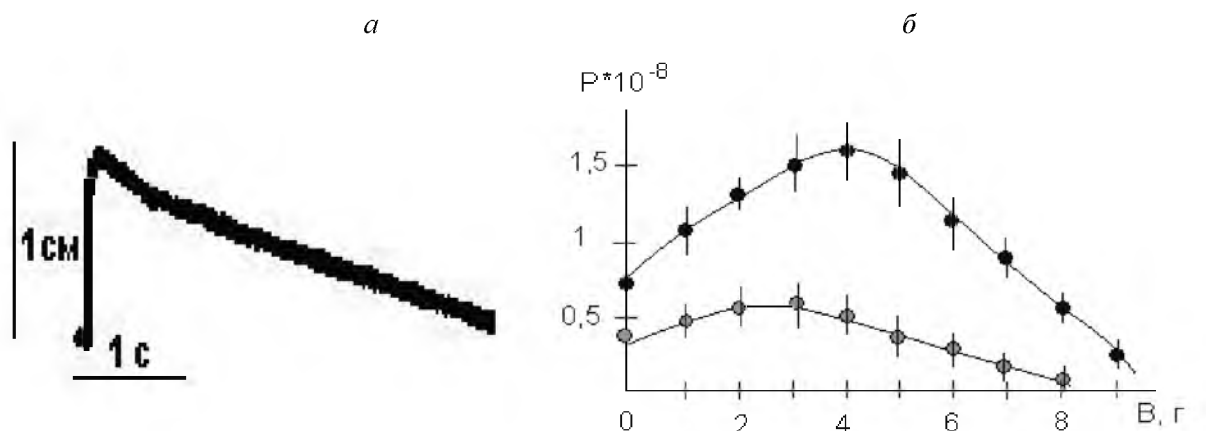


Рис. 1. Зразок механограми скорочення клубка трубочників (а) та графік зміни потужності скорочень трубочників від зовнішнього навантаження (б)

На *a*: 1 см та 1 с – калібровки параметрів механограми за величиною (1 см) та тривалістю (1 с) сигналів; на *b*: на осі *Y* – потужність (*Дж*); на осі *X* – маса тягара, *г*. Наведено середньоквадратичні відхилення за даними 8 дослідів.

Попередньо реєстрували механограму клубка у нормі при стандартних значеннях зовнішнього навантаження (див. рис. 1, *a*), далі проводили його опромінення (10, 20 і 30 хв) при сумарній потужності 8,5 мВт/см<sup>2</sup> пристроєм Промінь-3. Через кожні 10 хв здійснювали реєстрацію рухів клубка без- та при різних навантаженнях.

У нормі збільшення вантажу вело до зменшення висоти підняття поршня при одночасному зростанні потужності скорочення кожного окремого трубочника, але було помітне збільшення часу досягнення максимальної потужності, що виражалось у підвищенні часу досягнення максимуму з 0,4–0,5 с (у нормі), до 0,8 – 0,9 с (при навантаженні). Після максимальної потужності відповіді у  $1,5 \times 10^{-8}$  Дж (вантаж – 3–5 г), підвищення навантаження (5–10 г) йшло поступове зниження як амплітуди, так і сумарної потужності скорочень клубка. При значних навантаженнях (10–15 г) трубочники вже не могли виробляти синхронне скорочення своїх тіл, тому механограма знижувалася до нуля (рис. 1, *b*).

Після НВЧ-опромінення (10 хв) навіть без вантажу йшло зменшення на 30–40% як абсолютної величини механограми, так і часу відновлення клубка до моменту початку синхронного скорочення. Одночасно спостерігається суттєве зменшення потужності підняття вантажу на 50–70%. Відносно швидкий підйом вантажів відбувався лише при малих навантаженнях (1–3 г), при збільшенні вантажу (>5 г) підняття суттєво гальмувалося навіть відносно норми. При вантажу у 10–12 г активність клубка черв'яків повністю блокувалася.

Оцінка нагріву клубка при зовнішньому нагріванні склянки та за допомогою НВЧ показало, що простий нагрів не зменшував, а навіть збільшував механічну реакцію на 10–12%. Те, що головним чинником пригнічення активності була доза опромінення, свідчили досліди з підвищенням часу опромінення до 20 та 30 хв при вказаній ЩПЕ. При цьому помітне зменшення потужності, амплітуди, максимального тягара на 50–65 % та 80–93% відповідно для 20 та 30 хв.

Отримані дані вказують на негативний вплив НВЧ-хвиль на нервово-м'язову систему олігохет, що проявляється як у зниженні їхньої максимальної м'язової активності, так і сумарної потужності руху. Показано, що причина такого пригнічення олігохет не може бути пов'язана із зміною температури, а відповідальність за знайдений ефект може належати нетепловій дії НВЧ, що відповідає загальноприйнятим даним [2].

## Висновки

1. Зростання часу НВЧ-опромінення нелінійно проявляє ефекти зменшення потужності скорочень клубка при скороченні особин олігохет та, відповідно, призводитиме до зниження інтенсивності їхніх рухів у процесі дихання й, відповідно, в процесі очищення водного середовища від органічного (спробного) забруднення;
2. Зовнішній нагрів трубочників під впливом електромагнітних хвиль відрізняється від чисто температурного впливу та включає специфічний компонент хвильової дії;
3. НВЧ-хвилі довжиною  $\lambda=12$  см є чинником, що негативно впливає на фізіологічний стан тварин-очищувачів водного довкілля, якими є водні олігохети – трубочники.

1. *Бецкий О.В.* . Миллиметровые волны в биологии и медицине / О. В. Бецкий, Т. И. Котровская, Н. Н. Лебедева // Материалы III Всерос. конф. «Радиолокация и радиосвязь» (26–30 окт. 2009 г.). – М.: ИРЭ РАН, 2009. – С. 146–150.
2. *Сусак И. П.* О первичных механизмах воздействия электромагнитных полей на биологические объекты / И. П. Сусак, О. А. Пономарев, А. С. Шигаев // Биофизика. – 2005. – Т. 50, № 2. – С. 367–370.
3. *Шугуров О. А.* Применение упреждающего усреднения при исследовании вызванных потенциалов мозга / О. А. Шугуров, О. О. Шугуров // Физиология человека (Росс). – 2006. – Т. 32, № 5. – С. 619–622.
4. *Шугуров О. О.* Мощностные характеристики трубочников при воздействии электромагнитных волн длиной 3 см / Материалы междунар. науч. конф. "Радиобиология: антропогенные излучения" (г. Гомель, 25–26 сент. 2014 г.). – Минск: Ин-т радиологии, 2014. – С. 213–215.

5. Kaeser A. J. The ecology of *Tubifex tubifex* in two myxobolus cerebralis enzootic streams in Pennsylvania / A. J. Kaeser, W. E. Sharpe // J. Freshwater Ecology. – 2008. – Vol. 23, № 4. – P. 575.

*О.О. Шугуров*

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Украина

### **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ ОЛИГОХЕТ**

В исследованиях на водных олигохетах – трубочниках (*Tubifex tubifex*) изучали специфику влияния сверхвысокочастотного (СВЧ) облучения ( $\lambda=12$  см) на мощностные характеристики их сокращений при различных внешних нагрузках. Показано, что СВЧ с плотностью потока  $8,5 \text{ мВт/см}^2$  способно снижать амплитуду механограммы движений трубочников и мощность сокращений на 15–25 % на каждые 10 мин облучения независимо от внешней нагрузки. Сделан вывод о негативном влиянии электромагнитных СВЧ-полей на популяции олигохет.

*Ключевые слова:* трубочники, электромагнитные волны, облучение, сокращения, мощность

*O.O. Shugurov*

Oles Honchar Dnepropetrovsk National University, Ukraine

### **THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC WAVES ON THE LOCOMOTOR ACTIVITY OF AQUATIC OLIGOCHAETES**

We investigated influence of electromagnetic super-high frequency (SHF) waves ( $\lambda=12 \text{ sm}$ ) on mechanical parameters of motility of bunch tubifex (1300–1500 units) at a different load and sequence of its mechanical stimulation. Is shown, that after a non-thermal wave-irradiation ( $8,5 \text{ mW/sm}^2$ ) latency and forward front of mechanograms is increased on 5–10%, amplitude and duration of the answers simultaneously decreases. The maximal mass, which can lift single unit tubifex is decreased. The authors make conclusion about temporary negative influence SHF-waves on oligochaetes populations.

**Keywords:** Tubificidae, electromagnetic wave, irradiation, muscle contraction, power

УДК 001.73:582.261.2

Н.М.ШУРОВА, Г.В. ИВАНОВИЧ, А. В. КУРИЛОВ, Л.М. НИДЗВЕЦКАЯ

Институт морской биологии НАН Украины  
ул. Пушкинская 37, Одесса, 65011, Украина

### **ПРОЦЕССЫ УТИЛИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ НА ПЕСЧАНОМ БИОТОПЕ**

---

В ходе эксперимента по разложению водорослей выявлены соотношения средней численности и биомассы олигохет, содержания органического вещества в зеленых водорослях и подстилающем песке, с численностью инфузорий и сапротрофных бактерий.

*Ключевые слова:* органическое вещество, водоросли, инфузории, сапротрофные бактерии, олигохеты

Процесс утилизации органических веществ (ОВ), поступающих из водоема в виде штормовых выбросов зеленых водорослей, а также соотношение численности и биомассы одноклеточных и многоклеточных организмов, участвующих в разложении выбросов, практически не изучался, хотя характеристики этого процесса необходимы в оценках кругооборота ОВ в прибрежной зоне моря.

#### **Материал и методы исследований**

Для изучения процесса разложения ОВ, поступающих из водоема в виде выбросов водорослей-макрофитов, был поставлен полевой эксперимент. В качестве полигона выбран песчаный пляж