

УДК 577.4:538.56

О. О. Григор'єва, асп.Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, кафедра зоології,
вул. Володимирська, 64, Київ, 01033, Україна

ВПЛИВ МІКРОХВИЛЬНОЇ РАДІАЦІЇ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ЛИЧИНОК КОМАРІВ *CULEX PIPIENS MOLESTUS* FORSKAL

У роботі досліджено вплив мікрохвильового опромінення дециметрового діапазону з частотою 2450 МГц (довжина хвилі 12,5 см) на личинки комарів *Culex pipiens molestus* Forskal. Показано, що вплив радіації на життєздатність комах має переважно тепловий характер, однак в умовах радіаційного нагріву критична температура виявилася нижчою, ніж при звичайному нагріванні. Разом з тим встановлено, що у конкретних умовах мікрохвилі дециметрового діапазону не виявляють накопичувального ефекту.

Ключові слова: НВЧ опромінення, личинки комарів.

Електромагнітні поля (ЕМП) широко розповсюджені у навколишньому середовищі. Нова техніка працює у найрізноманітніших частотних діапазонах і режимах електромагнітного опромінення з використанням усе більш високих робочих потужностей. Це призводить до зростання потенційно небезпечних рівнів ЕМП та до інтенсивного розширення опромінених територій. Особливої уваги заслуговують такі джерела масового впливу ЕМП на живі організми, як телевізори і комп'ютери, повітряні лінії електропередач високої і надвисокої напруги, засоби радіозв'язку, радіопередачі, телебачення та радіонавігації, радіолокаційні станції, транспорт на електричній тязі, побутова та офісна техніка разом із сотовими телефонами та іншими джерелами ЕМП [1]. Надвисокочастотне (НВЧ) опромінення як різновид електромагнітного випромінювання (ЕМВ) стало невід'ємною частиною нашого оточення. Причому, якщо природні джерела ЕМВ функціонують протягом усієї історії життя на Землі і розглядаються як один із безперервно діючих екологічних факторів, то антропогенні джерела ЕМВ, у тому числі й такі, що працюють у надвисокочастотному хвильовому діапазоні, з'явилися порівняно недавно. Проте до кінця ХХ сторіччя загальний фон ЕМВ виріс на декілька порядків і досяг великого різноманіття за частотою електромагнітних сигналів [2]. Саме тому вплив мікрохвильової радіації на живі організми вимагає глибокого і серйозного вивчення.

Метою цієї роботи було дослідження реакції *Culex pipiens molestus* Forskal на НВЧ випромінювання з частотою 2450 МГц, що відповідає діапазону частот деяких антропогенних джерел (радіолокаційних систем тощо) [3], та з'ясування наявності чи відсутності накопичувального ефекту мікрохвиль дециметрового діапазону.

Матеріали і методика

Експеримент з вивчення впливу НВЧ випромінювання на комарів проходив з липня по грудень 2002 року у лабораторії екології та токсикології Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Об'єктом досліджень були личинки комарів *Culex pipiens molestus* Forskal першої стадії розвитку, отримані з автогенних кладок у лабораторних умовах. Їх утримували у скляних посудинах, по 50 особин у кожній, при середній температурі води $+18,5^{\circ}\text{C}$. Кількість води в посудині становила 450 мл. Воду брали відстояну, з крану, доливаючи в міру необхідності. Годували личинок лабораторним кормом.

Проведені експерименти були спрямовані на дослідження безпосереднього впливу НВЧ опромінення на живі організми, у тому числі опромінення в умовах попереднього охолодження, та на з'ясування накопичувального ефекту, а також опосередкованого впливу радіації (через опромінену воду).

Безпосередній вплив вивчали, опромінюючи личинок, що знаходилися у воді. Опромінення в умовах попереднього охолодження проводили, розміщаючи личинок безпосередньо перед обробкою у охолодженій до 0°C воді і відразу ж опромінюючи протягом 30 с. З метою дослідження власне теплового ефекту личинок висаджували у воду, підігріту звичайним способом, на той же період часу і при тій же температурі, за яких личинки перебували під дією мікрохвиль. В усіх цих випадках, відразу по закінченні процесу, температуру води знову доводили до $+18,5^{\circ}\text{C}$ (доливаючи холодну воду), щоб припинити високотемпературний вплив.

Опосередкований вплив НВЧ випромінювання досліджували, пересаджуючи личинок у щойно опромінену воду, початкова температура якої була 0°C , а за допомогою мікрохвиль нагріта до $+18,5^{\circ}\text{C}$. Наявність чи відсутність накопичувального ефекту встановлювали, щоденно опромінюючи личинок (20 днів по 30 секунд), причому воду в посудині не міняли протягом усього експерименту.

Як джерело мікрохвильового випромінювання була використана стандартна побутова мікрохвильова піч, яка працює на магнетроні з частотою генерації $\nu=2450$ МГц, що відповідає довжині хвилі випромінювання $\lambda=12,5$ см. Під час опромінення личинки знаходилися у скляній посудині з водою, у якій і лишалися надалі до закінчення експерименту — виходу імаго.

Температуру (t) води в посудині вимірювали до і після опромінення за допомогою хромель-копелевої (ХК) термопари. Абсолютна похибка вар'ювання температури не перевищувала 1°C . Перевага термопари перед звичайними термометрами полягає у її практичній безінерційності та малій теплоємності, що підвищувало ступінь вірогідності отриманих результатів.

Враховуючи малі розміри личинок, а також те, що вони вмщують у собі до 95—98% води, їх температуру та поглинальну здатність

щодо електромагнітної радіації приблизно визначали за відповідними показниками води, у якій ці комахи перебували. Таким чином, дозу поглиненої радіації D в одиницях кілогрей ($1 \text{ кГр} = 1 \text{ Дж/г}$), тобто кількість теплової енергії, яка виділилася в одиниці об'єму води за час опромінення, визначали за величиною $\Delta t = t_2 - t_1$, де t_1 — температура води до опромінення, а t_2 — після опромінення. Якщо врахувати, що теплоємність води c приблизно дорівнює $4,2 \text{ Дж/г}^\circ\text{C}$, то $D = 4,2 \cdot Dt$.

Обробку результатів провадили за стандартними математичними методами [4].

Впродовж експерименту щоденно контролювали число живих, мертвих та перелинялих особин.

Кінцевим показником впливу НВЧ-опромінення на личинок комарів обрано кількість особин, що дійшли до стадії імаго.

Результати та обговорення

Просте нагрівання води до $+40^\circ\text{C}$ фактично не впливає на життєздатність комах (див. таблицю, рядок 5). Водночас опромінення мікрохвилями, що нагріває воду до такої ж температури, призвело майже до 50% смертності, підтверджуючи наявність радіаційного ефекту (рядок 2). З іншого боку, при опроміненні з попереднім охолодженням, коли процес опромінення тривав навіть на 20 секунд довше, ніж у попередньому випадку, відсоток комах, що дійшли до фази імаго, хоча й дещо менший, ніж у контролі, проте суттєво від нього не відрізнявся (рядок 3). Принаймні, за параметричним критерієм Фішера [4] нульова гіпотеза (H_0), яка передбачає статистичну нерозрізненість вибірок, не може бути спростована на 5%-ому рівні значущості. Те саме стосується експериментів з попередньо опроміненою водою (рядок 4). Потрібно також зауважити, що найбільша загибель спостерігається на наступний день після опромінення, а в подальшому смертність піддослідних особин значно зменшується: так, у випадку прямого опромінення на другий день експерименту живими лишилося 62 % личинок, а на кінець досліджу — 52 %.

Подібні результати були отримані і при опроміненні пуголовок та ікри жаби ставкової *Rana esculenta* [5]. М. А. Большаков зі співавторами [6] описують схожий ефект на *Drosophila melanogaster*. Провівши ряд експериментів, вони дійшли висновку, що впливи ЕМВ і тепла якісно подібні, але відрізняються кількісно. Так, коли реально виміряний перегрів середовища не перевищує $0,1\text{—}0,4^\circ\text{C}$, ефекти ЕМВ аналогічні підвищенню температури на $15\text{—}20^\circ\text{C}$. Це дозволяє розглядати як можливий механізм біологічного впливу ЕМВ наявність локальних перегрівів, котрі виникають внаслідок гетерогенності біологічних тканин за діелектричною проникністю та електропровідністю, що призводить до нерівномірного поглинання енергії. В результаті локальні перегріву можуть на кілька порядків перевищувати середні величини підвищення температури в усьому об'ємі.

**Результати опромінення личинок *Culex pipiens molestus* Forskal
електромагнітною радіацією з частотою $\nu = 2450$ МГц**

№ групи	Умови дослідю	К-сть повторностей	Набір (особин)	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	T, c	$D, \text{кГр}$	Вихід імаго, %
1	Контроль 1	3	50	+18.5	+18.5	0	0	86±1
2	Пряме опромінення	3	50	+18.5	+49.0	30	128	0
		3	50	+18.5	+40.5	25	92	52±5
3	Опромінення з попереднім охолодженням	3	50	0	+36.0	45	151	83±3
4	Опромінена вода	3	50	0	+18.5	55	78	81±1
5	Просте нагрівання	3	50	+18.5	+45.0	30	0	0
		3	50	+18.5	+40.0	30	0	86±1
6	Контроль 2	3	50	+21.5	+21.5	0	0	76±3
7	Багаторазове опромінення	3	50	+21.5	+32.0	30*20	44*20	76±3

- Примітки: 1) t_1 – температура води до опромінення;
 2) t_2 – температура води після опромінення;
 3) T – час, протягом якого відбувалося опромінення;
 4) D – доза поглиненої радіації.

Таку особливість впливу мікрохвильового випромінювання на біо-об'єкти можна пояснити тим, що водні системи живих організмів неоднорідні за станом води. Так, внутрішньоклітинна рідина містить тільки “зв'язану” воду гідратних оболонок компонентів клітини і, на відміну від міжклітинної рідини, не містить “вільної” води [7]. Біологічні і фізіологічні функції біосубстратів і органодів залежать як від структурних властивостей їх гідратних оболонок, так і від структурних властивостей біорідини, що їх оточує. НВЧ опромінення, на нашу думку, може безпосередньо впливати на ці структури і, таким чином, посилювати тепловий ефект руйнації організмів.

Досліди по перевірці накопичувального ефекту НВЧ опромінення дециметрового діапазону вказують на його відсутність — і в контролі, і в опромінюваній групі до фази імаго розвинулося 76% особин (рядки 6 та 7).

Таким чином, досліді, проведені на комарах *Culex pipiens molestus* Forskal, підтвердили висновки, отримані в роботі [5] на пуголовках жаби ставкової *Rana esculenta*, а саме:

- Дія мікрохвильової радіації на організми має сукупний ефект — температурний і радіаційний.
- Ефект впливу ЕМВ найбільш виразно виявляється на наступний день після опромінення.

3. В умовах проведеного експерименту не виявлено накопичувального ефекту дії мікрохвильового випромінювання дециметрового діапазону.

Література

1. Григорьев Ю. Г. Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценка опасности) // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1997. — Т. 37, вып. 4. — С. 690—702.
2. Коротков Ю. С., Буренкова Л. А., Буренков М. С., Пичугин В. Ю. Влияние электромагнитного излучения СВЧ диапазона (9,8 ГГц) на эмбриональное и постэмбриональное развитие клеща *Hyalomma asiaticum* (Acarina, Ixodidae) // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. — 2000. — № 1. — С. 38—42.
3. Коротков Ю. С., Буренков М. С., Буренкова Л. А., Пичугин В. Ю., Чунихин С. П., Энговатов В. В. Реакция клеща *Hyalomma asiaticum* (Acarina, Ixodidae) на микроволны 1—4 ГГц // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. — 1996. — № 4. — С. 28—31.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.
5. Григор'єва О. О. Вплив мікрохвильової радіації на життєздатність ікри та пуголовків жаби ставкової *Rana esculenta* // Вісник Київського університету. Біологія. — 2003. — Вип. 39. — С. 41—46.
6. Большаков М. А., Евдокимов Е. В., Миненко О. В., Плеханов Г. Ф. О влиянии ЭМИ дециметрового диапазона на морфогенез дрозофил // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1996. — Т. 36, вып. 5. — С. 676—680.
7. Слесарев В. И. Химия: основы живого. — СПб.: Химиздат, 2000. — 212 с.

О. О. Григорьева

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко,
кафедра зоологии,
ул. Владимирская, 64, Киев, 01033, Украина

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИАЦИИ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ЛИЧИНОК КОМАРОВ *CULEX PIPIENS MOLESTUS* FORSKAL.

Резюме

Исследовали влияние микроволнового излучения дециметрового диапазона с частотой 2450 МГц (длина волны 12,5 см) на личинки комаров *Culex pipiens molestus* Forskal. Показано, что влияние радиации на жизнеспособность насекомых имеет преимущественно тепловой характер, однако в условиях радиационного нагрева критическая температура оказалась более низкой, чем при обычном нагревании. Установлено, что в конкретных условиях микроволны дециметрового диапазона не оказывают накопительного эффекта.

Ключевые слова: СВЧ облучение, личинки комаров.

O. O. Grygorjeva

Kyiv National Taras Shevchenko University,
Department of Zoology,
Volodymyrska Str., 64, Kyiv, 01033, Ukraine

**THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION ON
SURVIVABILITY OF *CULEX PIPIENS MOLESTUS* FORSKAL
LARVAE.**

Summary

The influence of microwave radiation (2450 MHz frequency, 12.5 cm wavelength) on *Culex pipiens molestus* Forskal larvae was studied. It was shown that the radiation effect on the insect survivability had mainly the thermal nature, however, the critical temperature turned out to be lower in the radiative heating than that at usual heating. At the same time, it was found out that microwaves of decimeter range gave no cumulative effect under certain conditions.

Key words: electro magnetic fields, gnats larvae.