

УДК 575.577.151.537.8

**Н. С. Задерей**, канд. біол. наук, доц., **М. М. Чабан**, студ.Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
кафедра генетики і молекулярної біології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

## ЕКОГЕНЕТИЧНІ РЕАКЦІЇ ДРОЗОФІЛИ ПРИ ВПЛИВІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОЛИВАНЬ

Вивчали генотипові особливості показників життєдіяльності різних ліній дрозофіли за тривалого впливу високочастотних електромагнітних коливань. З цією метою була сконструйована СВЧ-установка, яка продукувала сигнал, що представляв собою неперервну послідовність радіоімпульсів трапецієподібної форми з частотою повторів імпульсів 217 Гц та частотою електромагнітного випромінювання 890 МГц. З'ясовано, що найбільш чутливими до впливу високочастотних електромагнітних коливань є мухи дикого типу Normal та мухи мутантної лінії *cinnabar*, що виявилось у значному зниженні активності каталази в клітинах досліджуваних форм.

**Ключові слова:** високочастотні електромагнітні коливання, дрозофіла, пристосованість, тривалість життя, плодючість, активність каталази.

Всі живі істоти на Землі виникли, еволюціонували та до сьогодні існують завдяки неперервній взаємодії з різними факторами зовнішнього середовища, пристосовуючись до їх впливу. Чимала кількість чинників має електромагнітну природу. Електромагнітні коливання є складовою частиною екологічних умов, необхідних для існування живих істот [1].

З іншого боку, розвиток науково-технічного прогресу призвів до значного підвищення кількості електромагнітних випромінювань (ЕМВ) завдяки широкому впровадженню в повсякденний побут різноманітних приладів, що здатні продукувати електромагнітні хвилі різної довжини (НЧ, СЧ, ВЧ, УВЧ, СВЧ, КВЧ). У зв'язку з цим значно підвищився рівень опромінення, що не може не мати своїх негативних наслідків, в тому числі й для людини. Особливо значимою ця проблема стає завдяки розповсюдженню мобільних телефонів, використання яких часто не супроводжується дотриманням елементарних санітарних норм, завдяки чому вплив випромінювання здійснюється безперервно, протягом багатьох років.

Сучасні дослідження показали, що живі організми – від одноклітинних до людини – чутливі до постійної дії ЕМВ, причому реакції організмів на ЕМВ виникають і в тих випадках, коли інтенсивність цих випромінювань дуже низька. Для людини характерні такі порушення фізіологічних функцій, як зміна ритму серця, кров'яного тиску, обмінних процесів; порушення роботи органів чуття, зокрема, зорових та слухових аналізаторів; у тварин спостерігаються зміни емоційного стану (від пригніченого до подібного епілептичному); чітко виражені порушення спостерігаються також у процесах розвитку [2, 3, 4, 5, 6, 7].

У досліді на щурах було встановлено, що при локальному та короткочасному (15 хв.) опроміненні мозку електромагнітними хвилями (ЕМХ) частотою 900 МГц і потужністю 4 – 32 Вт/кг змінюється функція нейрорецепторів мозку

та реакція нейроглії. У модельних дослідах було показано, що електромагнітний сигнал стандарту GSM – 900 з SAR 0,2 Вт/кг при довготривалій дії (48 год.) може викликати процес збудження в астрогліальних клітинах [8].

Шведські вчені провели широкомасштабні дослідження, пов'язані з вивченням можливого розвитку пухлин мозку у людей, які користуються мобільними телефонами, і встановили, що ризик розвитку пухлин в ділянках мозку, які знаходяться під безпосереднім впливом під час розмов по телефону у таких людей значно збільшується [9]. Сьогодні Міжнародне Агентство з питань вивчення раку (IARC) проводить досліди по оцінці можливості розвитку пухлин мозку, слинної залози та виникнення лейкемії у користувачів мобільними телефонами у 13 країнах Європи, Північної Америки та країнах Тихоокеанського регіону [8].

Зважаючи на те, що дослідження змін, отриманих в результаті опромінення електромагнітними хвилями, у людей є значно обмеженими, в якості модельного об'єкту була обрана *Drosophila melanogaster*, яка відрізняється відносно короткою тривалістю життя, достатньо швидкою зміною поколінь та наявністю маркованих мутантних ліній. Метою проведених досліджень було з'ясування змін таких показників життєдіяльності різних ліній дрозофіли, як тривалість життя, плодючість та активність ферменту каталази за тривалого впливу високочастотних електромагнітних коливань.

### Матеріали і методи дослідження

Для вивчення особливостей дії ЕМВ на життєздатність дрозофіли використовували мух дикого типу Canton-S та Normal і мутантних ліній з високою (cinnabar) та низькою (vestigial) пристосованістю. Умови утримання мух були стандартні, температура – 24–25°C. Опромінення мух здійснювали електромагнітними хвилями з частотою 890 МГц при температурі 24–25°C приладом, самостійно сконструйованим за наданою схемою (рис. 1).

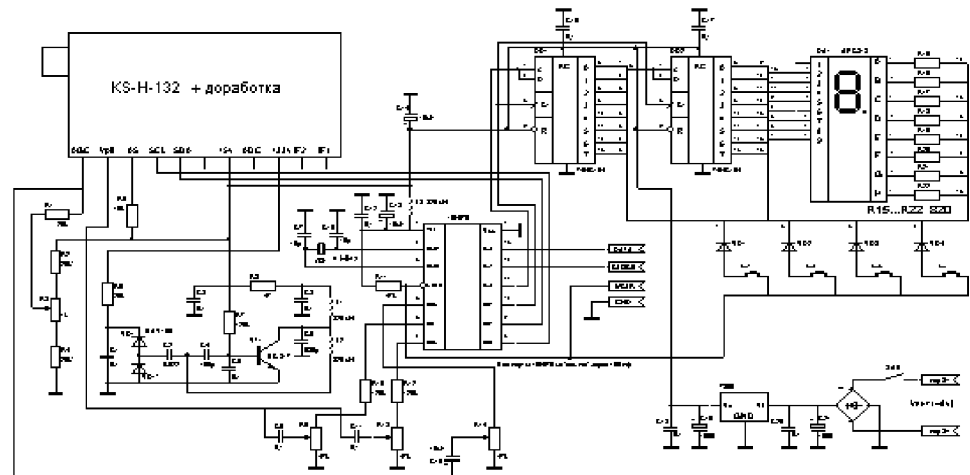


Рис. 1. Схема СВЧ-установки

Дію ЕМВ оцінювали за зміною активності каталази у тканинах *Drosophila melanogaster*, рівнем плодючості мух та тривалістю життя.

### **Методика опромінення дрозозфіли високочастотними хвилями**

Пробірки з мухами (50 мух у кожній пробірці) поміщали у зону розташування антени, яка випромінювала електромагнітні хвилі. Антена являє собою замкнений циліндр висотою 5 см та діаметром 5 см. Сконструйована СВЧ-установка продукувала сигнал, що являв собою неперервну послідовність радіоімпульсів трапецієподібної форми з частотою повторів імпульсів 217 Пц та частотою електромагнітного випромінювання 890 МПц. Сила огинаючого високочастотного сигналу ( $Q$ ) = 8. Антена щільність потоку потужності еквівалентна плоскій хвилі ( $S$ ) = 5 мВт/см<sup>2</sup>, імпульсна щільність потоку потужності – 28 Вт/см<sup>2</sup>, SAR – 2 Вт/кг.

Опромінення мух ЕМХ здійснювали протягом п'яти діб. Аналіз мух проводили на першу та п'яту добу.

### **Методика вимірювання активності каталази в тканинах *D. melanogaster***

Активність каталази вимірювали за стандартною методикою Королюк М. А. [10]. Цей метод оснований на здатності  $H_2O_2$  утворювати з солями молібдату амонію забарвлений стійкий комплекс жовтого кольору. Інтенсивність забарвлення вимірювали на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі 410 нм супроти проби з дистильованою водою.

**Хід проведення вимірювань:** наважку заморених мух (2 мг) гомогенізували у 0,1 мл Трис-НСІ буферному розчині з рН – 7,8. Гомогенат центрифугували при 5 000 g протягом 5 хвилин. Надосадкову рідину використовували для визначення активності каталази у дрозозфіли. Для цього готували контрольну, нульову і дослідну проби. У кожну пробу вносили по 1 мл трис-НСІ буфера з рН 7,8. У нульову пробу додавали 2 мл дист.  $H_2O$ , в контрольну і дослідну – по 2 мл 0,03%  $H_2O_2$ . Потім в нульову і дослідну проби додавали по 0,1 мл гомогенату. Реакцію зупиняли через 10 хвилин додаванням 1 мл 4% розчину молібдату амонію у всі пробірки, після чого в контрольну пробу доливали 0,1 мл гомогенату. Екстинцію розчинів визначали на ФЕК при довжині хвилі 410 нм. Активність ферменту обчислювали за формулою:

$$A = (E_k - E_o) \cdot K / t \cdot m,$$

де  $E_k$ ,  $E_o$  – екстинція контрольної і дослідної проб;  $t$  – час (600 с);  $m$  – маса (20 мг);  $K$  – коефіцієнт мілімолярної екстинції,  $K = 22,2$ .

### **Методика визначення тривалості життя та плодючості мух**

Для визначення тривалості життя мух (до 20 особин кожної статі) після опромінювання їх ЕМХ утримували на стандартному середовищі. Контролем слугували неопромінені мухи, які теж утримувались у стандартних умовах. Підрахунок живих мух проводили щоденно, зміну поживних середовищ здійснювали на третю добу. Тривалість життя виражали кількістю днів, протягом яких відбувалася загибель 50% мух ( $L_{150}$ ) [11].

Плодючість мух у контролі та досліді визначали як кількість лялечкових пупарів та імаго у потомстві однієї самки, яка відклала яйця протягом трьох діб [12].

Статистичну обробку отриманих даних проводили загальноприйнятими методами [13, 14].

### Результати досліджень та їх аналіз

Отримані результати досліджень дозволяють стверджувати, що опромінення мух ЕМХ з частотою повторів імпульсів 217 Гц на протязі однієї доби не впливало на основні фізіологічні функції дрозофіли. Опромінення протягом п'яти діб приводило до незначного зниження тривалості життя у всіх досліджуваних генотипів. Так, у мух дикого типу С-S спостерігалось зниження тривалості життя на 35%, у мутантної лінії *cn* на 33% і у мутантної лінії *vg* на -8 % (табл. 1).

Таблиця 1  
Тривалість життя особин різних ліній дрозофіли за опромінення їх ЕМХ ( $Lt_{50}$ , дні)

Лінія / Час опромінення	Normal	C-S	<i>cn</i>	<i>vg</i>
Контроль	15,2 ± 1,8	17,1 ± 1,7	20,3 ± 2,4	7,3 ± 0,7
1 доба	14,7 ± 1,1	16,4 ± 1,9	20,3 ± 1,8	7,2 ± 0,7
5 діб	14,9 ± 1,5	11,2 ± 1,1	13,8 ± 1,9	6,7 ± 0,9

З метою визначення впливу ЕМХ на плодючість мух підраховували кількість лялечкових пупаріїв та число особин *imago* після схрещування мух, опромінюваних ЕМХ протягом 5 діб. Результати дослідження представлені в табл. 2.

Таблиця 2  
Плодючість різних ліній дрозофіли після опромінення високочастотними електромагнітними хвилями

Лінії мух	Контроль		Дослід, мухи після 5-денного опромінення	
	Число лялечкових пупаріїв	Число особин <i>imago</i>	Число лялечкових пупаріїв	Число особин <i>imago</i>
Normal	62 ± 8	53 ± 7	61 ± 6	59 ± 8
C-S	50 ± 7	45 ± 5	53 ± 6	48 ± 6
<i>cn</i>	67 ± 9	61 ± 8	49 ± 8	42 ± 7
<i>vg</i>	36 ± 4	34 ± 4	27 ± 4	24 ± 3

Було встановлено, що зниження плодючості за умови опромінення батьків ЕМХ характерно тільки для мутантних форм (*cn* – на 27% по кількості лялечкових пупаріїв та на 31% по числу *imago*; *vg* – на 25% та 30% відповідно). Мухи, що мають дикий генотип, виявилися більш стійкими до впливу цього екологічного чинника. Така реакція генотипів чітко пов'язана з рівнем показників пристосованості даних генотипів до змін умов навколишнього середовища.

Ще одним важливим показником життєздатності організмів є ефективність роботи антиоксидантної системи, яка виражається в активності ферментів, що її утворюють. Одним із таких ферментів є каталаза. Визначення змін активності цього фермента може стати показником глибоких змін фізіолого-біохімічного стану організму. Активність каталази вимірювали у мух після їх опромінення протягом однієї та п'яти діб. Результати дослідження представлені в табл. 3.

Як видно з наведеної таблиці, активність каталази в тканинах різних ліній *D. melanogaster* має генотипову залежність. Найбільша активність ферменту від-

мічена у мутантної лінії *cn* –  $14,85 \pm 1,51$  мкат/л, найменша у мух дикого типу *C-S* –  $1,75 \pm 0,11$  мкат/л. Після опромінення мух ЕМХ протягом однієї доби змін в активності каталази не відмічається, у той час як після п'яти діб опромінення активність ферменту у мух *Normal* знизилась на 75%, а у мух мутантної лінії *cn* на 87%. Для мух *C-S* та *vg* особливих змін у активності ферменту не спостерігалось. Такі результати говорять про особливості змін активності каталази залежно від генотипів ліній мух і потребують подальшого вивчення.

Таблиця 3

Активність каталази в тканинах *D. melanogaster* за опромінення їх високочастотними електромагнітними коливаннями (мкат/л)

Час опромінення \ Лінія	Normal	C-S	vg	cn
Контроль	$10,66 \pm 0,73$	$1,75 \pm 0,11$	$2,06 \pm 0,09$	$14,85 \pm 1,51$
1 доба	$9,94 \pm 0,51$	$2,63 \pm 0,24$	$2,85 \pm 0,28$	$13,90 \pm 1,18$
5 діб	$2,61 \pm 0,31$	$2,37 \pm 0,10$	$2,77 \pm 0,12$	$1,94 \pm 0,15$

Отримані результати свідчать, що електромагнітні коливання можуть викликати у живих організмів віддалені наслідки, які можуть виражатись у скороченні тривалості життя і зміні репродуктивної функції. Ступінь вираженості цих негативних впливів значною мірою визначається особливостями пристосованості окремих генотипів.

### Висновки

1. Тривалість життя мух після опромінення їх ЕМХ знижувалась у *C-S* на 35%, *cn* – 33%, *vg* – 8%.
2. Плодючість мух після опромінення протягом 5 діб знижується тільки у мутантних форм: *cn* – на 27%, *vg* – на 25%; плодючість диких генотипів *Normal* і *C-S* за даних умов не змінюється.
3. Активність каталази в тканинах різних ліній *D. melanogaster* має генотипову залежність. Найбільша активність ферменту відмічена у мутантної лінії *cn* –  $14,85 \pm 1,51$  мкат/л, найменша у мух дикого типу *C-S* –  $1,75 \pm 0,11$  мкат/л.
4. Опромінення мух високочастотними електромагнітними коливаннями протягом однієї доби не викликало змін в активності каталази, плодючості та тривалості життя.
5. Опромінення мух високочастотними електромагнітними коливаннями протягом п'яти діб призвело до зниження активності каталази у мух дикого типу *Normal* та у мух мутантної лінії *cn* на 75% та 87% відповідно.

### Література

1. Хилл В. А. Радиационная биология // Радиоэкология. – 2004. – Т. 41, № 2. – С. 141–152.
2. Краев А. Н. Воздействие электрического поля на макромолекулы // Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений. – М.: Алана, 2006. – С. 56–61.
3. Нефедов Н. Актуальные проблемы теоретической и прикладной биохимии. – Ижевск: Госхимиздат, 2001. – С. 87–89.
4. Пряхин Е. А. Оценка биологических эффектов электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с различной пространственной поляризационной структурой // Вестник ЧГПУ. – 2005. – № 7. – С. 166–174.

5. *Пряхин Е. А.* Адаптивные реакции при воздействии факторов электромагнитной природы // Вестник ЧГПУ. – 2006. – № 6. – С. 136–145.
6. *Пряхин Е. А.* Оценка повреждений ДНК при воздействии электромагнитных излучений радиочастотного диапазона *in vivo* и *in vitro* // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды / Под. ред. Д. З. Шибкова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2006. – С. 226–231.
7. *Пряхин Е. А., Аклеев А. В.* Влияние неионизирующих электромагнитных излучений на животных и человека. – Челябинск: Полиграф-мастер, 2007. – 247 с.
8. *Lagroye I.* Condensed Matter Nuclear Science // World Scientific Publishing Co / Ed. J. P. Biberian. – Singapore, 2006. – P. 537–545.
9. *Hardell L.* Influence electromagnetic oscillation on rise cancer in a brain man // Radioprotection – Colloques. – 1997. – Vol. 32, N 1. – P. 153–155.
10. *Метод* определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. И. Иванова, Н. О. Майорова, В. Е. Токарев // Лабораторное дело. – 1988. – №1. – С.16
11. *Экспрессивность* ген-энзимных систем и показатели жизнеспособности в онтогенезе инбредных линий и гибридов дрозофилы / В. Н. Тоцкий, Н. Д. Хаустова, А. М. Андриевский, Н. Г. Гандирук, Е. В. Есеркепова // Генетика. – 1990. – Т. 26, №2. – С. 1791–1799.
12. *Тоцкий В. Н., Гандірук Н. Г., Ланцман І. В.* Життєздатність і частота кросинговеру на ділянці b-сн хромосоми 2 у *Drosophila melanogaster*, за вмісту солей тяжких металів у поживному середовищі // Вісник ОНУ. – 2003. – Т. 8, Вип. 1. – С. 75–80.
13. *Вознесенский В. Л.* Первичная обработка экспериментальных данных. – Л.: Наука, 1969. – С. 87–88.
14. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 326 с.

### **Н. С. Задерей, Н.Н. Чабан**

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
кафедра генетики и молекулярной биологии,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

### **ЭКОГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ДРОЗОФИЛЫ НА ОБЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ**

#### **Резюме**

Изучали генотипические особенности показателей жизнедеятельности разных линий дрозофилы в ответ на действие на них высокочастотными электромагнитными волнами. С этой целью была сконструирована СВЧ-установка, которая продуцировала сигнал, представляющий собой непрерывную последовательность радиоимпульсов трапециевидной формы с частотой повторения импульсов 217 Гц и частотой электромагнитного излучения 890 МГц. Установлено, что наиболее чувствительными к воздействию высокочастотных электромагнитных волн оказались мухи дикого типа *Normal* и мухи мутантной линии *cinabar*, что проявилось в значительном снижении активности каталазы в клетках исследованных генотипов.

**Ключевые слова:** высокочастотные электромагнитные колебания, дрозофила, приспособленность, продолжительность жизни, плодовитость, активность каталазы.

**N. S. Zaderey, N.N. Chaban**

Odessa National University, Department of Genetics and Molecular Biology,  
Dvoryanskaya Str. 2, Odessa, 65082, Ukraine

**ECOGENETIC DROSOPHILA REACTIONS IN PRESENCE OF HIGH FREQUENCY  
ELECTROMAGNETIC WAVES**

**Summary**

The genotypic properties of life activity indicator of different lines of drosophilae have been studied in presence of minor high frequency waves. Due to this study it has been constructed a SVH-installation, which produced a signal represented the continuous sequences of radio impulses of trapezoid form with frequency of 217 Hz and frequency of electromagnetic waves radiation of 890 MHz. It is know that the most sensitive to high frequency electromagnetic waves are flies of the type wild Normal and flies of mutant line cinnabar, what has been significantly shown in decrease of catalase activity in the cells of researched forms.

**Keywords:** high frequency electromagnetic waves, drosophila, reproduction, activity of catalase.