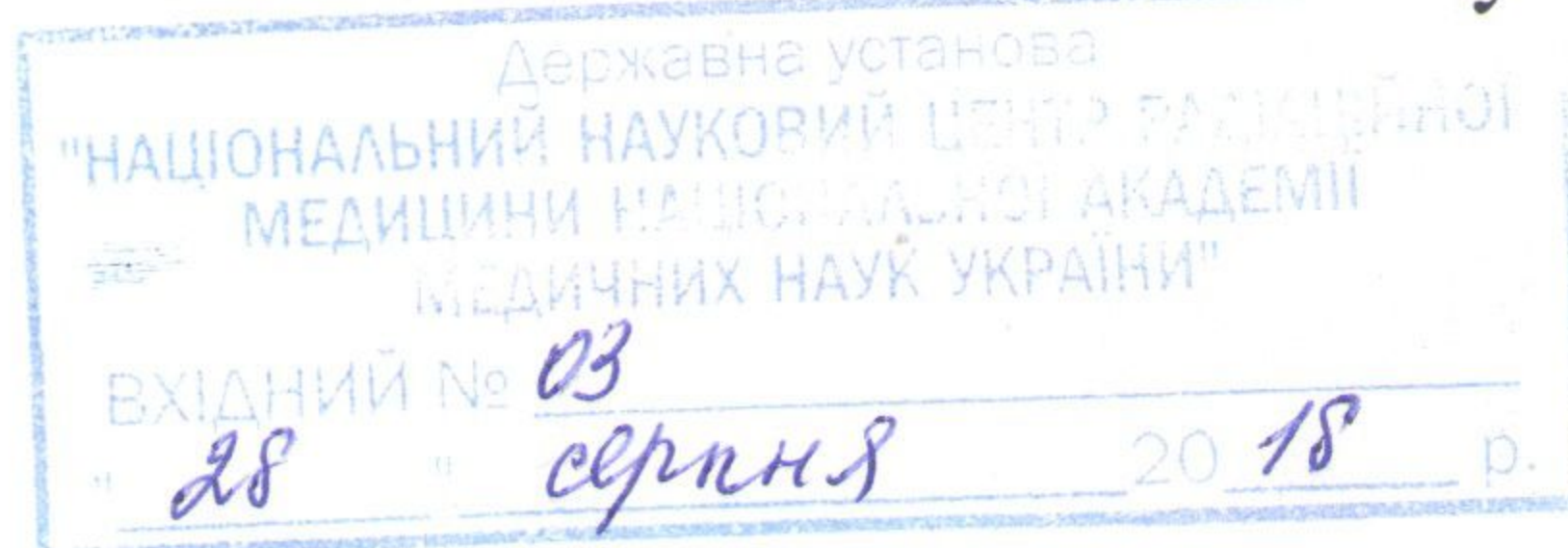


ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу ЦИБУЛІНА Олександра Сергійовича «Біологічні ризики низькоінтенсивного мікрохвильового випромінювання та метаболічні шляхи їх реалізації на моделі ембріогенезу», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.01 – радіобіологія.

Актуальність теми. Все живе на Землі, з моменту його появи, підпадає під дію природного електромагнітного випромінювання (ЕМВ) – електромагнітного поля Землі, радіовипромінювання Сонця (найбільше серед природних джерел), інших зірок, планет, галактик, різних інших космічних об'єктів. Але з розвитком людського суспільства виникли джерела штучного (антропогенного) походження – радари, теле- та радіостанції, лінії електропередач, системи супутникового зв'язку, комп'ютери, гаджети, електропобутова техніка, деякі прилади, що використовуються в медицині і для наукових досліджень тощо, а особливо в останні десятиліття надзвичайно широкого використання набув стільниковий зв'язок, яким користується переважна більшість людства. Тільки в Україні, за даними статистичних досліджень, зараз у користуванні вже майже 100 млн. мобільних (стільникових) радіотелефонів (МРТ), оскільки більшість мешканців України мають їх декілька.

Незважаючи на те, що в Україні прийняті одні з найжорсткіших нормативів щодо безпеки МРТ, а саме, що інтенсивність ЕМВ радіодіапазону не повинно перевищувати $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ (в основу покладені нетеплові ефекти ЕМВ), питання безпечності стільникових пристроїв зв'язку залишається надзвичайно актуальним. Для його вирішення застосовується цілий ряд методичних підходів – від проведення медичного огляду і опиту користувачів стільникового зв'язку до експериментальної оцінки біологічної дії ЕМВ елементів систем стільникового зв'язку зі



використанням експериментальних тварин в наукових дослідженнях. Саме одна з таких моделей – ембріони і однодобовий молодняк перепелів (*Coturnix coturnix japonica*) використана в дисертаційній роботі Цибуліна О.С. Джерелом мікрохвильового випромінювання радіодіапазону широко використаного в Україні стандарту GSM-900 МГц були комерційні моделі МРТ.

Новизна та значимість одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи Цибуліна О.С. полягає в тому, що в ній розширені уявлення про ризики і безпеку мікрохвильового ЕМВ радіодіапазону МРТ стільникового зв'язку розповсюдженого в Україні GSM-900 МГц завдяки залученню моделі розвитку перепелиних ембріонів і однодобового молодняка при визначенні впливу низькоінтенсивного такого випромінювання на розвиток ембріонів, ряд показників прооксидантно-антиоксидантної системи печінки, серця та мозку, еритроцитопоезу, мутагенезу тощо.

Значимість даної дисертаційної роботи полягає в тому, що отримані експериментальні результати дозволили розширити існуючі уявлення про шкідливу дію ЕМВ, зокрема радіодіапазону, необхідність його жорсткого нормування. Виявлено нормалізуючий ефект червоного світла ($\lambda_{\max}=630$ нм) на фоні мікрохвильового опромінення МРТ діапазону GSM-900 МГц.

Ця дисертаційна робота є суттєвою ланкою в ланцюзі дослідження біологічної дії ЕМВ, відкриває перспективи для подальших наукових досліджень з метою зниження уражуючої дії надлишкового опромінення ЕМВ радіодіапазону.

З огляду на активний розвиток стільникового зв'язку в Україні представляється актуальним формування банку даних по параметрам безпеки МРТ різних типів і стандартів, а також їх сертифікація на такій основі. Саме результати даної дисертаційної роботи та їх аналіз цьому сприяє.

Оцінка наукової якості, складу матеріалу і стилю написання дисертації та автореферату. Дисертаційна робота Цибуліна О.С. оформлена зі дотриманням усіх існуючих правил, побудована за традиційним планом з використанням науково-фахової термінології, ілюстрована 37 рисунками та 59

таблицями. Вона складається зі вступу, огляду наукової літератури, опису матеріалів і методів дослідження, наведення результатів власних досліджень (8 підрозділів), узагальнення та обговорення результатів дослідження, висновків, списку використаної наукової літератури. Все це дозволяє сприймати дану дисертаційну роботу як закінчене наукове дослідження.

У «Вступі» наведено відомості стосовно актуальності досліджень, зв'язку роботи з науковими програмами, планами і темами, мети завдань, об'єкту і предмету досліджень, їх практичного значення, особистого внеску автора досліджень по темі дисертації, апробації результатів, публікацій по темі, структури та обсягу дисертаційної роботи. Все це зроблено згідно існуючих вимог і рекомендацій. Все ж таки, автор проявив, мабуть, певну скромність стосовно визначення наукового значення даної дисертаційної роботи, а саме теоретичного значення. Справа в тому, що в роботі проведено ряд досліджень, які мають не тільки практичну цінність, але і фундаментальне значення. Насамперед, це встановлення закономірностей формування науково-обґрунтованого світогляду стосовно можливої уражуючої дії неіонізуючого ЕМВ за надмірного користування МРТ, а саме поріг цього надмірного користування і визначається результатами даних досліджень.

В розділі «Огляд наукової літератури» розглянуто і представлено інформацію стосовно основних міжнародних принципів визначення стандартів безпеки ЕМВ, зокрема стільникового зв'язку, а особлива увага приділена визначенню біологічних ефектів дії низькоінтенсивного мікрохвильового ЕМВ, первинним механізмам прояву такої дії.

Аналіз наведених в цьому розділі дисертаційної роботи відомостей свідчить про високу наукову компетентність автора, розуміння проблеми дослідження. Позитивним моментом є критичний аналіз сучасних даних наукової літератури. Саме це дозволило авторіві роботи визначити невирішені питання, які стали основою створення схеми досліджень та їх проведення.

Розділ «Матеріали і методи досліджень» базується на викладені основних положень всієї сукупності використаних методів і методичних підходів. Використані методи добре апробовані, а головне – високоінформаційні. Це, а також обрана схема досліджень, дозволили автору роботи досягнути мети досліджень і вирішити поставлені задачі.

Безумовно, найважливішим є розділ «Результати власних досліджень». Оригінальним є початок цієї частини роботи – результати аналізу опиту молоді (як дівчат так і юнаків) щодо суб'єктивних відчуттів під час тривалого користування МРТ. Це дало змогу поставити ряд питань, і в першу чергу – а чи всі комерційні МРТ відповідають стандартам національних санітарно-гігієнічних норм, що і було перевірено для цілого ряду МРТ поширених фірм-виробників.

В подальшому у цьому розділі наведені результати впливу низькоінтенсивного мікрохвильового випромінювання ($0,21$ і $13,87$ мкВт/см²) на ранній розвиток ембріонів та однодобового молодняку перепелів (*Coturnix coturnix japonica*). Це є поширеною і добре апробованою моделлю для вивчення біологічної дії різних випромінювань, але так широко вона використана вперше для визначення впливу на біологічні об'єкти саме ЕМВ МРТ (стандарт GSM-900 МГц, що є одним з найпоширеніших в Україні).

Проведено надзвичайно великий обсяг експериментальних досліджень як за різних умов (різна інтенсивність і час дії випромінювання, до і в період інкубації яєць при вивченні ембріонів, добовий молодняк), а також за залученням адекватних для досягнення мети і вирішення поставлених задач показників (оцінка стану ембріонів і молодняка, а також таких життєважливих органів як печінка, серце та мозок, визначення диференційованих пар сомітів, аналіз рівня пошкоджень ДНК (одно- і двониткових розривів), окисне пошкодження ДНК, концентрація і швидкість генерування супероксидних радикалів, відновлених залізосульфурних комплексів, рівень експресії NO-синтазних систем, рівень ПОЛ, активність каталази і СОД, вміст гемоглобіну і церулоплазміну, загальна антиоксидантна активність та

ін.). Суттєвим є встановлення можливості червоним світлом ($\lambda_{\text{max}}=630$ нм) зменшити негативний вплив ЕМВ радіодіапазону, хоча поки що за умов дослідження.

Таким чином, в даній дисертаційній роботі проведено комплексне дослідження впливу низькоінтенсивного мікрохвильового ЕМВ радіодіапазону МРТ (стандарт GSM-900 МГц) на моделі ембріонального розвитку перепелів і визначення ще додатково до вже відомого ряд можливих уражень біологічних об'єктів.

Заключний розділ дисертаційної роботи Цибуліна О.С. присвячений узагальненню результатів дослідження. Виявлені зміни досліджуваних показників зі залученням даних наукової літератури дозволяють вже наблизитися до створення схеми прояву ушкоджуючої дії мікрохвильового ЕМВ радіодіапазону. Це дозволяє вести пошук засобів ефективного зменшення такої дії за можливого переопромінення, а також, що особливо важливо, створювати науково-обґрунтовані вимоги для перегляду існуючих нормативів безпечності такого випромінювання.

Текст даної дисертаційної роботи викладений змістовно, послідовно та логічно.

У авторефераті сформульовані основні положення дисертації, які відповідають її змісту та суті.

Зауваження та побажання. До дисертаційної роботи Цибуліна О.С. є певні зауваження і побажання.

1. Дуже докладно в розділі «Огляд наукової літератури» описано нормування ЕМВ стільникового зв'язку, але це один із підходів. Бажано, напевно, навести також принципи гігієнічного нормування за гранично допустимими рівнями (ГДР) щільності поглиненої енергії (ЩПЕ) – $\text{ЩПЕ}_{\text{ГДР}}$ для користувачів МРТ (за порогом біологічної дії, а не шкідливої).

2. В розділі «Матеріали і методи досліджень» необхідно чітко обґрунтувати умови досліджень (інтенсивність і час опромінення, послідовність тощо). Це можна зробити на основі як даних наукової літератури, так і особистих в опублікованих раніше роботах.

3. Універсальним проявленням стрес-реакції є окисний стрес – це поява первинних і вторинних продуктів взаємодії стрес-чинника, зокрема, ЕМВ, з речовиною живих організмів, а саме окисних радикалів і пероксидів. Тому таким важливим є дослідження прооксидантно-антиоксидантної рівноваги. В даній дисертаційній роботі вивчена дія ЕМВ GSM-стандарту 900 МГц тільки на певні ланки цього процесу – загальна антиокисна активність, супероксидні радикали (методом ЕПР), активність каталази і супероксиддисмутази, а серед продуктів ПОЛ тільки кількість ТБК-активних продуктів, за якими, напевно, оцінювали вміст малонового діальдегіда (МДА). Разом з тим бажано, можливо, в майбутньому, для отримання більш узагальненої картини стосовно прооксидантно-антиоксидантної рівноваги дослідити весь процес ПОЛ, тобто визначити ще дієнові та триєнові кон'югати, Шиффові основи, а також хоча би ще глутатіонову систему антиоксидантного захисту – активність глутатіонредуктази і глутатіонпероксидази, вміст вільного глутатіону.

4. Стосовно різнонаправленої за ефектом дії мікрохвильового опромінення стандарту GSM-900 МГц інтенсивністю $0,21 \text{ мкВт/см}^2$ – опромінення 38 год в період інкубації ембріонів перепелів викликало зменшення одно- і двониткових розривів ДНК в клітинах, а до цього попередньо ще 5 діб до інкубації – зростання кількості цих розривів. Ці результати не протирічать закону Арндт – Шульца, згідно якого біологічні системи реагують на зовнішні малі і великі дози чинників діаметрально протилежним чином. Основне питання до цього – чому у порівнянні з контролем у першому випадку зменшується кількість розривів ДНК? Пояснення цього феномену явищем гормезиса, з моєї точки зору, є не дуже вдалим. Стимуляція від чого? Це ж порівняння з контролем. Ці результати отримані методом «ДНК-комет», але, як відмічає сам автор даної дисертаційної роботи, такий ефект може бути спірним і залежати від методу визначення кількості розривів ДНК за дії ЕМВ. Тому необхідно було це перевірити іншими методами і за підтвердження цього феномену вже висувати припущення щодо його причини. Якщо це так, то може все ж таки це прояв (активація) адаптації, а не гормезиса?

5. Ряд питань є також до вивчення поєднаної дії мікрохвильового випромінювання стандарту GSM-900 МГц і червоного світла ($\lambda_{\max}=630$ нм). Чому саме це за довжиною хвилі червоне випромінювання, а не якесь інше, зокрема неіонізуюче ультрафіолетове? Діло в тому, що таке випромінювання вже є (хоча інфрачервоне, де довжина хвилі від 0,75 мкм до 1 мм, більш виражено) термогенне, тобто «теплове». В свою чергу, ЕМВ радіодіапазону теж нагріває об'єкти опромінення і підвищення їх температури та наслідки цього – прояв його шкідливої дії (разом з нетепловими ефектами). Так званий «нормалізуючий вплив» червоного світла на розвиток ембріонів перепелів прооксидантну-антиоксидантну рівновагу у них можна було би викликати більш низькими дозами випромінюванням того ж радіодіапазону. Воно може бути більш ефективним як стимулююче для прояву захисту, оскільки сприяє активації захисту від як теплового випромінювання для того ж самого радіодіапазону. Це може бути окремою темою досліджень.

Зроблені зауваження і побажання носять дискусійний характер, направлені на покращення викладання матеріалу і не в якій мірі не зменшують суть і значимість дисертаційної роботи.

Узагальнюючий висновок. Дисертаційна робота Цибуліна О.С. «Біологічні ризики низькоінтенсивного мікрохвильового випромінювання та метаболічні шляхи їх реалізації на моделі ембріогенезу» є завершеною науковою працею, яка містить нові результати проведених дисертантом досліджень, що поглиблюють існуючі уявлення про біологічні ризики за дії ЕМВ GSM-стандарту 900 МГц стільникових радіотелефонів.

Вважаю, що ця дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, теоретичною і практичною значимістю, обсягом досліджень, вірогідністю отриманих результатів, за їх змістом і оформленням, обґрунтованістю висновків відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», які пред'являються до докторських

дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора біологічних наук зі спеціальності 03.00.01 – радіобіологія.

Доктор біологічних наук, професор,
провідний науковий співробітник
Української лабораторії якості і безпеки
продукції АПК Національного
університету біоресурсів і
природокористування України



В.М. Войціцький

