

## ВІДГУК

офіційного опонента д.б.н. Мартинюка В.С.

на дисертаційну роботу Яремчук Марії Михайлівни

**«ПРОЦЕСИ ЛІПОПЕРОКСИДАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – АТФ-ази ЗАРОДКІВ В'ЮНА ЗА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОДІАПАЗОНУ»**,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук

за спеціальністю 03.00.02 – біофізика

**Актуальність теми.** Проблема біологічного впливу електромагнітних полів різного частотного діапазону, особливо високих частот, давно привертає увагу біологів, екологів і медиків. Це пов'язано в першу чергу з широким використанням новітніх комунікаційних технологій у все більш широкому частотному діапазоні, що відповідно суттєво підвищує проблему електромагнітного забруднення навколишнього середовища і питання безпеки життєдіяльності людини. Останнім часом сумарна напруженість електромагнітних полів в різних місцях земної кулі збільшилася на декілька порядків порівняно з природним фоном. Водночас з цим активне освоєння різноманітних діапазонів електромагнітних хвиль є важливим фактором на сучасному етапі створення нових діагностичних і терапевтичних апаратурних комплексів та методів. Однією з актуальних задач у цьому напрямку є створення високоефективних технологій впливу на біологічні системи на основі вивчення їхнього електромагнітного відгуку. В той же час існує багато суперечливих даних щодо впливу ЕМВ радіодіапазону на живі системи. Певне коло дослідників констатують вкрай слабкий вплив електромагнітних полів і говорять про безпечність використання різних комунікаційних пристроїв. Інші вказують на достатньо серйозний вплив на окремі чутливі тканини і функціональні системи організму людини, у зв'язку з чим вони рекомендують суттєво обмежувати використання пристроїв, що електромагнітні хвилі в радіочастотному діапазоні.

Тим не менш, великий маси експериментальних даних, отриманий провідними фахівцями в області електромагнітних випромінювань однозначно свідчать про їх біологічну активність. Радіохвилі можуть викликати суттєві зміни в стані практично всіх систем організму людини та інших живих істот. Електромагнітне опромінення організму низько інтенсивними електромагнітними хвилями знижує стійкість до емоційного стресу, впливає на діяльність центральних інтегративних ланок регуляції, якісно змінює загальний функціональний стан мозку, змінює поведінку та різноманітні показники інтегративної діяльності мозку та нейроендокринної системи організму. Окремі дослідники пов'язують підвищені фонові рівні електромагнітних полів зі збільшеною вірогідністю онкозахворювань.

З огляду на вищезгадане особливу актуальність набувають дослідження, спрямовані на вивчення дії електромагнітних полів на процеси ембріогенезу. Зокрема не викликає сумнівів актуальність дисертаційної роботи Яремчук Марії Михайлівни, головною метою якої було з'ясувати вплив електромагнітного випромінювання радіодіапазону на прооксидантно-антиоксидантну систему та функціонування  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази зародкових клітин в'юна *Misgurnus fossilis* L. Дослідження, направлені на вирішення такої задачі, безсумнівно мають міждисциплінарний характер. Важливо звернути увагу, що ця дослідницька робота є частиною загальної тематики «Стан іонтранспортних та антиоксидантної систем біооб'єктів за дії фізико-хімічних чинників» (№ держреєстрації 0113U000866, 2013–2015 рр.) та комплексного фундаментального проекту «Вивчення дії електромагнітного випромінювання на життєздатність клітин і процеси запліднення та ембріогенезу» (БФ 157 ФК №0113U003062, 2013–2015 рр.).

Мета роботи сформульована чітко і коректно. Автором дисертації поставлено і вирішено чотири основних задачі, кожна з них є окремою проблемою. Ці задачі чітко сформульовані у «Вступі» і на них дані конкретні відповіді у «Висновках».

Для досягнення поставлених завдань автор дисертації вдало використовував певний спектр методичних підходів і методів. Зокрема, дослідження проводили класичній моделі процесу ембріогенезу - на зародках в'юна. Для дослідження впливу електромагнітного випромінювання на зародки в'юна авторка використовувала спектр показників, що характеризують стан процесів електрогенерації на мембранах, а також стан про- і антиоксидантної системи. Зокрема визначали активність ферментів антиоксидантної системи і показники перекисного окиснення ліпідів. Такий спектр показників стану зародків в'юна дозволив автору достовірно зареєструвати зміни у процесі ембріогенезу тварин, що досліджувались.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше було проаналізовано вплив електромагнітного випромінювання радіодіапазону, що випромінюють мобільні телефони, різної інтенсивності на стан прооксидантно-антиоксидантної системи захисту та функціонування  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази зародкових клітин в'юна *Misgurnus fossilis* L. Виявлено зміни показників ПОЛ, активності ензимів АОС та  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази впродовж ембріогенезу. Вперше показано зміни вмісту первинних та вторинних продуктів ліпопероксидації. Вперше з'ясовано особливості впливу ЕМВ (6,9; 30,1 мкВт/см<sup>2</sup>) на активність супероксиддисмутази на фоні зниження активності каталази та глутатіонпероксидази на всіх досліджуваних етапах ембріогенезу в'юна. Вперше встановлено здатність електромагнітного випромінювання радіодіапазону (1,7; 6,9, 30,1 мкВт/см<sup>2</sup>) пригнічувати активність  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази зародків в'юна впродовж ембріогенезу. Встановлені істотні частки впливу ЕМВ радіодіапазону у мінливість показників ПОЛ, активності ензимів АОС та  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу.

**Теоретичне та практичне значення дисертаційної роботи.** Отримані результати деталізують сучасні уявлення про механізми впливу

електромагнітного випромінювання радіодіапазону на процеси ембріогенезу, зокрема на стан про- і антиоксидантної системи та  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази зародкових клітин. Висновки, що випливають із результатів досліджень, можуть бути використані у формуванні нових нормативних документів для встановлення норми та гранично допустимих рівнів ЕМВ. Експериментальні дані та теоретичні узагальнення дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес на кафедрі біофізики та біоінформатики біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка під час викладання загального курсу «Біофізика» та спецкурсів «Біофізика мембран», «Механізми біологічної дії модифікуючих факторів».

**Особистий внесок претендента** – є достатнім. Він полягає в самостійному аналізі літературних даних, проведенні експериментів та узагальненні отриманих результатів, оформленні роботи і підготовці публікацій разом зі співавторами.

**Апробація роботи** відбулась на різноманітних наукових конференціях державного і міжнародного рівня. За темою дисертації опубліковано 7 статей у фахових наукових журналах та 14 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних наукових конференціях, що є достатнім для захисту дисертації.

**Загальна характеристика роботи.** Дисертаційна робота побудована за стандартною схемою з відносним дотриманням процентного співвідношення усіх складових частин. Дисертація складається з наступних розділів: «Вступ», «Огляд літератури», «Матеріали та методи досліджень», «Результати досліджень», «Аналіз та узагальнення результатів досліджень», «Висновки», «Список використаних джерел», а також двох додатків. Робота викладена на 185 сторінках (із них основна частина займає 145 сторінок), ілюстрована 75 рисунками та 9 таблицями. Список літератури включає 322 найменувань.

В «*Огляді літератури*» наводяться сучасні дані про екологічну роль електромагнітних полів природного та штучного походження. Зосереджується

увага на відомості про функціонування ензиматичної ланки антиоксидантної системи та іонтранспортних систем, охарактеризовано процеси пероксидного окиснення ліпідів за впливу електромагнітного випромінювання радіодіапазону.

В розділі дисертаційної роботи «*Матеріали і методи*» автором достатньо повно наведено інформацію про загальну структуру експериментального дослідження, про використані об'єкти і матеріали дослідження, детально описано всі методи і методичні прийоми, які використовував дисертант.

Статистичний аналіз результатів експериментальних досліджень автор дисертації проводив на основі загальноприйнятих статистичних оцінок, зокрема розрахунку математичного очікування та середньої похибки математичного очікування. Порівняння статистичних вибірок проводили за алгоритмом t- критерію Стьюдента. Експериментальні дані авторка опрацьовувала також за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу. Обчислення кінетичних параметрів проводився за допомогою регресійного аналізу. Таки широкий спектр методів статистичного аналізу надав автору дисертації можливість отримати достовірні результати і зробити логічні і правильні висновки.

В експериментальних розділах автор дисертації послідовно наводить результати власних досліджень. В першу чергу автор дисертації проводить аналіз впливу електромагнітного випромінювання радіодіапазону на інтенсивність процесів ліпопероксидації зародків в'юна впродовж ембріогенезу . Зокрема, встановлено, що за впливу ЕМВ радіодіапазону, у більшості випадків, активуються процеси вільнорадикального окиснення ліпідів впродовж ембріогенезу в'юна. Вказані зміни відбуваються на тлі відповідних змін в стані антиоксидантної системи. Важливо, що це факт узгоджується з даними інших дослідників, які показали подібні ефекти на інших біологічних моделях.

Важливим є той факт, що знайдені функціональні зміни з боку різноманітних метаболічних процесів, в першу чергу з боку про- та

антиоксидантної системи, добре доводять біологічну активність електромагнітних випромінювань мобільних телефонів по відношенню до процесів ембріогенезу. Водночас автор дисертації пробує пояснити окремі механізми впливу електромагнітних полів не тільки на окремі ланки про- і антиоксидантної системи, але і на процес ембріогенезу в цілому. Такі дані є вагомим внеском в розвиток сучасної електромагнітної біології.

Дуже важливим є той факт, що знайдені автором зміни у стані про- і антиоксидантної системи є характерними для дії електромагнітних полів інших діапазонів, аж до світлових хвиль. Цей феномен явно вказує на неспецифічність відповіді живих об'єктів на електромагнітні випромінювання і заслуговує серйозної уваги і подальшого наукового пояснення.

Сильною стороною роботи є узагальнююча гіпотетична схема біологічної дії електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону на мембранопов'язані процеси впродовж ембріогенезу в'юна. Це свідчить про вміння авторки дисертації проводити системний аналіз даних і інтегрувати отримані результати в систему сучасних уявлень про роботу метаболічних мереж клітини.

«Висновки» дисертаційної роботи складаються з 8 пунктів. Вони є інформаційно ємними, адекватними отриманим експериментальним результатам, а також дають відповідь на поставлені автором меті та задачам дисертаційного дослідження.

### **Зауваження.**

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, слід висловити наступні зауваження та запитання, що виникають до змісту і оформлення дисертації.

1. В розділі «Матеріали і методи» вказані загальні параметри електромагнітних полів, що випромінює мобільний телефон. Автор посилається на офіційні паспортні дані. Було б добре уточнити за якими

параметрами електромагнітний сигнал в режимі очікування відрізняється від випромінювання в режимі розмови.

2. Ймовірно, в обґрунтуванні вибору типу електромагнітного випромінювання було б корисно вказати, чи існують якісь інші джерела електромагнітного випромінювання саме на таких або близьких частотах з такою інтенсивністю?

3. Хотілося більш чітко почути думку авторки дисертації про те, чи є зміни, які були нею знайдені, суто несприятливими і патологічними, чи вони можуть розглядатись як адаптаційні?

**Відповідність дисертації вимогам ДАК МОН України.** Аналіз матеріалів дисертації Яремчук Марії Михайлівни «ПРОЦЕСИ ЛПОПЕРОКСИДАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – АТФ-ази ЗАРОДКІВ В'ЮНА ЗА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОДІАПАЗОНУ» за спеціальністю 03.00.02 — біофізика, свідчить про те, що дисертаційна робота є завершеним, самостійно виконаним системним науковим дослідженням. В представленій до захисту дисертаційній роботі одержано нові, важливі як у теоретичному, так і в практичному аспекті результати, які можуть бути основою для подальших досліджень. Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані у дисертації і авторефераті дисертаційної роботи, викладені в опублікованих працях. Результати досліджень апробовано на наукових конференціях державного і міжнародного рівня. Зміст автореферату ідентичний до основних положень дисертації.

Вважаю, що за своєю актуальністю, високим науково-методичним рівнем, обсягом проведених досліджень, новизною одержаних результатів, повнотою відображення результатів роботи у фахових виданнях, логічністю і обґрунтованістю висновків дисертаційна робота Яремчук Марії Михайлівни «ПРОЦЕСИ ЛПОПЕРОКСИДАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – АТФ-ази ЗАРОДКІВ В'ЮНА ЗА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОДІАПАЗОНУ» відповідає вимогам Постанови

Кабінету міністрів України «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» від 24 липня 2013 р. і вимогам Міністерства освіти і науки України, а також паспорту спеціальності 03.00.02 — біофізика. Автор заслуговує на присудження йому вченого ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.02 — біофізика.

Офіційний опонент, д.б.н., професор,  
завідувач кафедри біофізики  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

В.С. Мартинюк