

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ КРАЙНЬО-ВИСОКОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ НЕТЕПЛОВОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ**

*Д. Г. Войтюк, кандидат технічних наук,  
член-кореспондент НААН*

*Ю. В. Човнюк, О. П. Гуцол, І. М. Сівак, Ю. О. Гуменюк,  
кандидати технічних наук  
e-mail: ugmsg@ukr.net*

**Анотація.** Проведений контент-аналіз існуючих теорій, котрі обґрунтовують і пояснюють фізичний вплив електромагнітних (міліметрових) хвиль крайньо-високочастотного (КВЧ-) діапазону нетеплової інтенсивності на біологічні об'єкти. Запропоноване використання енергозберігаючих нанотехнологій інтенсифікації росту сільськогосподарських культур та організмів.

Результатом цього є гіперактивація нейтрофіла та інгібуючий ефект випромінювання на рівні функціональної активності – генерації АФК (при активації респіраторного вибуху форболовим ефіром).

При двократному збільшенні величини магнітного поля (магнітної індукції МП) у порівнянні з фоною змінюється напрямок ефекту ЕМВ КВЧ й зсувається резонансна частота ефекту. Вважаючи, що МП змінює спорідненість  $Ca^{2+}$  з  $Ca^{2+}$ -залежними ферментами, підвищення МП специфічним чином модифікує активність низки ключових ферментів. На фоні модифікованої ферментативної активності ЕМВ КВЧ викликає зміни, котрі у подальшому при впливі на функціональну активність нейтрофілів проявляють себе як активація синергічної реакції. На фоні зміненого функціонального статусу клітини за рахунок дії МП може стати більш ефективною вже інша частота КВЧ-випромінювання, тобто виникає незначний зсув резонансної частоти ефекту.

**Ключові слова:** електромагнітні хвилі, КВЧ-діапазон, нетеплова інтенсивність, біологічні об'єкти, енергозбереження, нанотехнології, інтенсифікація росту

**Постановка проблеми.** Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 7.09.2011 р., №942, у якій визначений перелік пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-

технічних розробок на період до 2015 року дана НДР відноситься до трьох наступних:

- 1) фундаментальні проблеми науки про життя та розвиток біотехнологій;
- 2) перспективні технології АПК та переробної промисловості;
- 3) створення та застосування нанотехнологій і технологій наноматеріалів.

**Аналіз останніх досліджень.** Перші публікації щодо впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на живі організми датовані 1966 роком [1, 2].

Однак до теперішнього часу, не дивлячись на все більш широке визнання фахівцями високої ефективності дії ЕМВ на будь-які живі організми (від бактерій до тварин і людини) й раціональності їх використання у практичній медицині, біології, виробництві сільськогосподарської продукції, тваринництві тощо не існує достатньо нової обґрунтованої теорії, яка б роз'яснювала природу й характер цієї дії.

Розуміння дії ЕМВ на живі організми спирається на аналіз питань, які є предметом вивчення дослідників, котрі працюють у різних галузях науки: фізиці, електродинаміці надвисоких частот (НВЧ), електроніці НВЧ, кібернетиці, біофізиці, біології, нанофізиці та ін. Але основне коло уявлень пов'язане з радіофізикою. Тому вивчення у логічній послідовності різноманітних сторін проблеми впливу ЕМВ на організми, у першу чергу базується на її радіофізичних аспектах.

Відомо, що малоінтенсивні (неіонізуючі) ЕМВ нетеплового рівня потужності у діапазоні КВЧ практично не проникають у глибину тіла тварин і у глибину середовища живлення мікроорганізмів (при проникненні усього на кілька сотень мікрометрів щільність потоку потужності знижується приблизно на порядок).

**Результати досліджень.** Дійсно, монохроматичні (одночастотні) випромінювання розглядуваного діапазону у навколишньому середовищі відсутні; крізь атмосферу вони практично не проходять. Враховуючи, що живі організми використовують усі зовнішні фактори, котрі можуть бути корисними для їх життєдіяльності, не можна виключати ту обставину, що вони прилаштувались й до використання зазначених вище обставин. Цей дуже високочастотний діапазон (інколи його називають гіпервисокочастотний діапазон) може бути використаний живою матерією для обробки великих об'ємів інформації. Енергія квантів даного діапазону  $h\nu$  ( $h$  – постійна М. Планка,  $\nu$  – лінійна частота ЕМВ), з однієї сторони, менше енергії теплового руху атомів і молекул  $kT$  ( $k$  – постійна Больцмана,  $T$  – абсолютна температура;

при кімнатній температурі  $kT \approx 4 \cdot 10^{-21}$  Джоулів), бо  $h\nu \approx 2 \cdot 10^{-23} \dots 2 \cdot 10^{-21}$  Дж (для КВЧ та гіпервисокочастотного діапазонів, відповідно), а з іншої – набагато менше енергії навіть слабких водневих зв'язків у живих організмах, котра складає  $10^{-20}$  Дж, й може призвести до їх розриву лише за наявності багатоквантових процесів. Відсутність пошкоджуючої дії на організм у сукупності з великою інформаційною ємкістю може сприяти використанню розглядуваних діапазонів хвиль живими організмами для зв'язку та управління, причому за невеликого рівня потужності керуючих сигналів.

Хоча ці міркування можуть бути й безпідставними, оскільки могла виникнути ситуація, за якої такі судження є справедливими для мікроорганізмів, але помилковими для тварин, рослин, чи навпаки. При всіх обставинах слід розпочинати з експериментів, причому за відсутності (інколи повної відсутності) достовірних даних – з експериментів досить різноманітних, які охоплюють живі організми різної складності організації.

Стосовно природи гострорезонансної дії ЕМВ на ліквідацію чи упередження порушень функціонування живих організмів [3–19] слід зазначити деяку специфічність вказаної дії. Основні риси (вказаної) специфічності полягають у наступному:

1) існує спільність для всіх організмів (від мікроорганізмів до ссавців) основних закономірностей впливу на них ЕМВ, що говорить про наступне: ЕМВ впливають на деякі універсальні процеси, котрі регулюють життєдіяльність;

2) біологічні ефекти не зв'язані ні з нагріванням (ніяке нагрівання звичайними методами не може викликати біологічних ефектів, аналогічних тим, що спостерігаються), ні з радіаційним руйнуванням тканин, як у випадку дії іонізуючих випромінювань);

3) не може не пригорнути увагу дослідників дуже висока для біології відтворюваність результатів експериментів: при правильній постановці й строгому відтворенні умов експерименту, при переході від одного екземпляра організму до іншого того ж виду розкид параметрів, які характеризують ефект впливу ЕМВ, набагато менше значень цих параметрів;

4) цікавою у науковому плані і важливою з точки зору практичних застосувань є наступна особливість дії ЕМВ на живі організми: вона має специфічний «лікувальний» характер. При належному виборі відповідних до характеру захворювання частот коливань ЕМВ можуть активно впливати на хворий організм до тих пір, поки він не відновиться, сприяють цьому відновленню. Після відновлення організму його подальше опромінювання ЕМВ тієї ж частоти стає нібито неієвим: характер поточного функціонування

перестає змінюватись. Однак опромінювання ЕМВ на певних частотах може підготувати організм до наступних несприятливих впливів, наприклад, до побічних дій лікувальних хімічних препаратів чи іонізуючої радіації, – зробити організм менш сприйнятливим до них. (Прилаштування до наступних несприятливих впливів схоже на ефект, який дає тренування, але здійснюване за короткий відрізок часу. Ефект тренування у результаті опромінювання ЕМВ здорового організму, який проявляє себе при наступній дії несприятливого фактору свідчить про те, що вищезгадана відсутність реакції здорового організму на випромінювання є примарним: просто незмінність поточною функціонування не є вичерпним показником змін, що відбулись).

Дані численних досліджень дозволили припустити, що отриманням робочих частот (спектру частот) ЕМВ можна досягти сприятливого впливу на хід лікування багатьох хвороб, з котрими даний вид організмів в принципі може боротися. Вилив ЕМВ підсилює й прискорює боротьбу із захворюванням, мобілізуючи для цього власні резерви організму у тій мірі, у якій він та різноманітні фактори, які порушують нормальну життєдіяльність, не вичерпали цих резервів [20].

Якісно (незворотно) змінити організм (як, наприклад, при впливі іонізуючих випромінювань) за допомогою ЕМВ не вдається, проте можна відрегулювати його функціонування у межах, притаманних даному біологічному виду, і процес регулювання має не випадковий, а відтворювальний характер.

Доцільно зупинитися на деяких відомих основних закономірностях, котрі характеризують реакцію організму (біологічного об'єкта, живого) різної складності організації на ЕМВ.

Доповнюючи й уточнюючи розібрані вище специфічні особливості дії ЕМВ, коротко зазначимо наступні закономірності, які характеризують цю дію:

1. На реакцію організмів на ЕМВ, яка визначається за деяким біологічним параметром, не впливає зміна у широких межах щільності потоку потужності: починаючи від деякого найменшого (порогового) значення щільності потоку потужності й до її значень, котрі викликають суттєвий (і помітний) ефект нагрівання тканин (тобто перевищує нагрівання  $0,1^\circ$ ), біологічний ефект дії ЕМВ зберігається практично незмінним. У деяких випадках, які відносяться до опромінювання мікроорганізмів, визначений за деяким біологічним параметром ефект не змінюється при зміні щільності потоку до  $10^5$  разів.

2. Зміна деякого біологічного параметра (наприклад, деякої конкретної ферментативної активності) після впливу на організм

ЕМВ проявляє себе лише у вузьких смугах реально діючих на нього частот, які складають нерідко  $10^{-3} \dots 10^{-4}$  середньої частоти; дане явище отримало назву гострорезонансного ефекту дії. Таких смуг, які чергуються зі смугами, у яких суттєвого, помітного ефекту (зміни цього характеру) не спостерігається, може бути доволі багато.

3. Характер гострорезонансного біологічного впливу залежить від частоти коливань: дані резонансні частоти впливають у більшій мірі на дані сторони біологічної активності, інші – на інші. На різних резонансних частотах, зафіксованих по одній біологічній реакції, характер зміни іншої реакції може бути суттєво відмінним від першої.

4. Ефект опромінювання залежить від вихідного стану організмів, які опромінюються.

5. Результати впливу ЕМВ мають запам'ятовуватись організмами на тривалий час, але для цього необхідно й достатньо тривалий час (не менше, ніж півгодини), нерідко багаторазово впливати на біологічний об'єкт ЕМВ.

6. Для тварин біологічний ефект дії ЕМВ не пов'язаний з безпосереднім впливом енергії, яка падає зовні на поверхню тіла, на орган (чи систему), який визначає, у свою чергу, функцію, що змінилась під впливом ЕМВ. Відстань від місця, на яке падає випромінювання, до відповідних органів чи систем може перевищувати у сотні тисячі разів відстань, на якій щільність потоку потужності у зв'язку із втратами у тканинах знижується на порядок. У той же час дієвість опромінювання ЕМВ різних ділянок поверхні тіла виявляється неоднаковою.

Основні гіпотези про сутність гострорезонансного впливу ЕМВ на функціонування живих організмів зводяться до наступних, викладених нижче.

1. Гіпотеза авторів робіт [14–17]. Дуже мала енергія, необхідна для створення суттєвого впливу ЕМВ на функціонування організмів; специфіка цього впливу, висока відтворюваність результатів – все це наштовхнуло дослідників на гіпотезу [14–17], що ЕМВ – не випадковий для живих організмів фактор, що подібні сигнали виробляються й використовуються у певних цілях самим організмом, а зовнішнє випромінювання (яке опромінює даний біологічний об'єкт) лише імітує сигнали, котрі виробляються даним організмом.

2. Сутність другої гіпотези, сформульованої на основі проведеного аналізу, полягає у наступному [20]. Закономірності дії на живі організми монохроматичних електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону хвиль нетеплової інтенсивності, які спостерігаються, пояснюються тим, що, проникаючи у організм, ці випромінювання на певних (резонансних) частотах трансформуються у інформаційні сигнали, котрі

здійснюють керування та регулювання відновлювальних чи адаптаційних процесів у організмі. (Під виразами «інформаційні сигнали», «інформаційна функція», розуміють сигнали, роль котрих полягає в управлінні процесами, що відбуваються у організмі (типу: відновлюваних й адаптаційних). І ті, й інші процеси зараз об'єднані загальним терміном «адаптаційне зростання» [21]. У загальному випадку інформаційні системи – це системи обробки інформації й формування сигналів керування).

Живі організми у природних умовах не знаходяться під впливом монохроматичних електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону хвиль, оскільки у навколишньому середовищі вони відсутні. Яким же чином всі організми від бактерій до людини у процесі еволюції виробили специфічну (залежну від частоти коливань) реакцію на ці випромінювання? Інформаційній гіпотезі даний факт не суперечить, оскільки згідно з цією гіпотезою ефективність дії зовнішніх монохроматичних випромінювань пояснюється тим, що проникаючи у організм, вони трансформуються у сигнали, подібні інформаційним сигналам, які виробляються самим організмом для регуляції процесу свого відновлення чи прилаштування/адаптації до зміни умов існування. Наявність таких самих випромінювань у навколишньому середовищі порушувало б роботу інформаційної системи організму, вносячи різноманітні завади, шуми. Тому використання у внутрішній інформаційній системі сигналів управління, у які наявне у навколишньому середовищі випромінювання перетворитись/трансформуватись нездатне, стає біологічно доцільним.

З точки зору обґрунтування інформаційної природи дії ЕМВ на живі організми суттєвим є те, що інформативність та інформаційна цінність енергії (відношення кількості обробленої інформації до енергетичних витрат на її обробку) для міліметрового діапазону виключно високі, зокрема, суттєво перевищують у живих організмів значення вказаних параметрів для оптичного чи НВЧ – діапазонів.

Слід також зазначити наступне. Характер біологічного відгуку організму залежить від частоти реально діючих/впливаючих на нього хвиль, причому кожна конкретна дія має місце лише у вузьких смугах частот. На інших частотах ця дія може й не існувати, а може мати місце якісно чи кількісно існуюча дія (у тому числі повна відсутність будь-якої дії [8, 9, 13, 19]). Інакше кажучи, частоти коливань визначають характер дії випромінювань, що розглядаються, на організм, тобто частота є носієм інформації.

3. До проблеми резонансних біоефектів тісно приєднується гіпотеза про можливу так звану інформаційну дію ЕМВ. У 1964 р. А. С. Пресман сформулював гіпотезу про так звану інформаційну

значущість ЕМВ [22, 23]. На думку К. А. Іванова-Муромського [24], біологічна дія та роль ЕМВ у організмі повинна розглядатись не тільки з позиції енергетичних ефектів, але й з точки зору інформаційної взаємодії з біологічними підсистемами. Були отримані результати, які показують роль модуляції ЕМВ при зміні імунологічного статусу експериментальних тварин [25, 26].

4. Гіпотеза авторів робіт [27–29]. Міліметровий діапазон хвиль ( $f=30\dots300$  ГГц) характеризується низкою особливостей, при розповсюдженні у атмосфері Землі й впливі на живі організми. Земна атмосфера перешкоджає розповсюдженню більшості міліметрових хвиль, що пов'язано з поглинанням випромінювань мм-діапазону молекулами кисню та парів води. Дослідниками зафіксовані максимуми поглинання (резонансні поглинання) водних парів на частотах 26 та 188 ГГц. Атмосферний кисень має максимум поглинання на частотах 60 ГГц та 118,7 ГГц, причому у діапазоні частот 50...80 ГГц мінімальне послаблення не опускається нижче 1 дБ/км (на границях діапазону). Резонанси поглинання характеризуються широкою смугою й незначною крутістю характеристики (пологим резонансом). Подібні «резонанси поглинання» пологого типу знайдені й при опромінюванні людини у діапазоні 53–64 ГГц. Крім того, поряд з дивними загороджуючими властивостями атмосфери Землі, яка не пропускає окремі спектри частот мм-діапазону з космосу, у цьому діапазоні є також вікна прозорості на частотах з довжиною хвиль 8,6 мм, 3,2 мм, 2,1 мм та 1,2 мм, де послаблення складає всього 0,5...0,05 дБ/км. За допомогою спеціального радіометра досліджені властивості й особливості розповсюдження хвиль мм-діапазону у атмосфері.

Такий радіометр був використаний для вимірювання випромінювання людини у мм-діапазоні, котре складало  $\sim 1 \cdot 10^{-21} \dots 1 \cdot 10^{-22} \text{ Вт}/(\text{Гц} \cdot \text{см}^2)$ .

Автори [27–29] вважають, що електромагнітні властивості води, як найбільш вагомий компоненти всіх живих істот (об'єм її у організмі складає від 30% до 80%), такі, що вона активно поглинає й випромінює електромагнітні коливання мм-діапазону.

Частотні властивості води вивчені при температурі  $t \approx 37^\circ \text{C}$  у діапазоні частот 53–64 ГГц підтверджують рівномірний рівень потужності, котрий на частоті  $f=60$  ГГц складає  $P_{\text{випр}} \approx 0,5 \cdot 10^{-21} \frac{\text{Вт}}{(\text{Гц} \cdot \text{см}^2)}$ , тобто такий самий, як і людського тіла.

Отже, електромагнітне мікрохвильове випромінювання води є поточним стимулятором живого організму й виконує нормалізуючу дію у ньому.

5. Гіпотеза авторів роботи [30]. Відомо, що електромагнітні поля можуть мати виражену імуномодельючу дію, змінюючи функціональний статус елементів імунної системи. Зокрема, ЕМВ КВЧ-діапазону низької інтенсивності інгібує продукцію активних форм кисню (АФК) нейтрофілами. Ефективність дії ЕМВ КВЧ-діапазону на продукцію АФК нейтрофілами залежить як від їх функціонального стану, зокрема, від рівня активності ферментів, контролюючих цикл арахідонової кислоти, так і від фізичних параметрів випромінювання – інтенсивності, несучої та модельючої частот. Автори вказаної роботи припускають, що крім цих фізичних параметрів, ефективність дії ЕМВ КВЧ-діапазону може залежати від величини магнітної індукції прикладеного до об'єкта постійного магнітного поля (МП). Ефект змінного магнітного поля залежить від величини постійного магнітного поля. Крім того, на користь такого припущення свідчить та обставина, що як ЕМВ КВЧ-діапазону, так і змінне магнітне поле впливають на кальцій залежні процеси. Це означає, що молекулярно-клітинні мішені для ЕМВ КВЧ-діапазону й змінного магнітного поля можуть бути схожими, й ця обставина призводить до думки про необхідність пошуку загальних моментів у механізмах дії електромагнітного й змінного магнітного полів, котрі кардинально ( $\sim 10^9$ ) розрізняються за частотою.

При величині магнітної індукції МП, яке може бути одного порядку з фоновою величиною магнітної індукції геомагнітного поля Землі ( $\approx 50$  мкТл), резонансне інгібування синергічної реакції при дії ЕМВ КВЧ може бути обумовлене впливом випромінювання на  $\text{Ca}^{2+}$ -залежні системи внутрішньоклітинної сигналізації нейтрофілів. Ефект проявляє себе тільки при наявності потоків іонів  $\text{Ca}^{2+}$  через плазматичну мембрану й при підвищеній  $[\text{Ca}^{2+}]_i$ . Можливо, що ЕМВ КВЧ ( $f_{\text{несуча}} \approx 42$  ГГц) змінює  $[\text{Ca}^{2+}]_i$  чи спорідненість ключових ферментів до іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , тим самим ведучи до активації низки  $\text{Ca}^{2+}$ -залежних ферментів й зміщенню рівноваги внутрішньоклітинних сигнальних систем у бік позитивних зворотних зв'язків. Результатом цього є гіперактивація нейтротіла та інгібуючий ефект випромінювання на рівні функціональної активності – генерації АФК (при активації респіраторного вибуху форболовим ефіром). При двократному збільшенні величини магнітного поля (магнітної індукції МП) у порівнянні з фоновою змінюється напрямок ефекту ЕМВ КВЧ й зсувається резонансна частота ефекту. Вважаючи, що МП змінює спорідненість  $\text{Ca}^{2+}$  з  $\text{Ca}^{2+}$ -залежними ферментами, підвищення МП специфічним чином модифікує активність низки ключових ферментів. На фоні модифікованої ферментативної активності ЕМВ КВЧ викликає зміни, котрі у подальшому при впливі на функціональну активність нейтрофілів



проявляют себе как активация синергичной реакции. На фоне измененного функционального статуса клетки за рахунок дії МП може стати більш ефективною вже інша частота КВЧ-випромінювання, тобто виникає незначний зсув резонансної частоти ефекту.

### Список літератури

1. *Девятков Н. Д.* Развитие работ в области исследования нетепловых эффектов миллиметрового излучения / *Н. Д. Девятков* // Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты: Сб. статей / Под ред. *Н. Д. Девяткова*. – М: ИРЭ АН СССР, 1983. – С. 3–6.
2. *Влияние* миллиметровых волн на микрофлору воздуха помещений / *В. Г. Адаменко, Р. Л. Виленская, И. Б. Голант* и др. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1966. – Вып. 12. – С. 132–136.
3. *Воздействие* электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона волн на биологические системы / *Н. Д. Девятков, О. В. Бецкий, Е. А. Гельвич* и др. // Радиобиология. – 1981. – Т. 21, №2. – С. 163–171.
4. *Резонансные* явления при действии электромагнитных волн миллиметрового диапазона на биологические объекты / *А. З. Смоленская, Е. А. Гельвич, М. Б. Голант, А. М. Махов* // Успехи современной биологии. – 1979. – Т. 87, №3. – С. 381–392.
5. *Некоторые* вопросы методики и результаты экспериментального исследования воздействий СВЧ на микроорганизмы и животных / *Э. Б. Базанова, А. К. Брюхова, Р. Л. Виленская* и др. // Успехи физических наук. – 1973. – Т. 110, вып. 3. – С. 455–456.
6. *Голант М. Б.* Влияние монохроматических электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности на биологические процессы / *М. Б. Голант* // Биофизика. – 1986. – Т. 31, вып. 1. – С. 139–147.
7. *Dardelhon M.* Determination of a Thermal Equivalent of Millimeter Microwaves in Living Cells / *Dardelhon M., Averbek D., Berteand A.* // J. Microwave Power. – 1979. – №14. – P. 307–312.
8. *Научная сессия* отделения общей физики и астрономии АН СССР (17 – 18 января 1973 г.) // Успехи физических наук. – 1973. – Т. 110, вып.3. – С. 456–460.
9. *Gründler W.* Sharp Resonances in Yeast Growth Prove Nonthermal Sensitivity in Microwaves / *Gründler W., Keilwann F.* // Phys. Rev. Letters. – 1983. – Vol. 51, №13. – P. 1214–1216.
10. *Девятков Н. Д.* Радиоэлектроника и медицина / *Девятков Н. Д., Голант М. Б., Петрова Т. Б.* // Радиоэлектроника. – 1982. – Т. 25. – №9. – С. 3–8.
11. *Webb S. J.* Factors Affecting the Induction of Lambda Prophages by Microwaves / *Webb S. J.* // Phys. Letters. – 1979. – Vol. 73A, № 2. – P. 145–148.
12. *Резонансный* характер воздействий радиоволн миллиметрового диапазона на биологические системы / *Л. А. Севастьянова, А. Г. Бородина, Э. С. Зубенкова* и др. // Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты: Сб. статей / Под ред. *Н. Д. Девяткова*. – М.: ИРЭ АН СССР, 1983. – С. 34–37.
13. *Андреев Е. А.* Проявление собственных характеристических частот организма человека / *Андреев Е. А., Белый М. У., Ситько С. П.* // Доклады АН УССР, сер. Е. – 1984. – №10. – С. 60–63.
14. *Радиофизические* аспекты использования в медицине энергетических и информационных воздействий электромагнитных колебаний / *Н. Д. Девятков, Э. А. Гельвич, М. Б. Голант* и др. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1981. – Вып. 9 (333). – С. 43–50.

15. *Девятков Н. Д.* Об информационной сущности нетепловых и некоторых энергетических воздействий электромагнитных колебаний на живой организм / *Н. Д. Девятков, М. Б. Голант* // Письма в ЖТФ. – 1982. – Т. 8, вып. 1. – С. 39–41.
16. *Fröhlich H.* The Biological Effects of Millimeter Waves Models Photoresponsiveness / *Fröhlich H.* // Proc. NATO Adv. study Inst. (San Moniato 29 Aug – 8 Sept 1982). – New York, London. – 1983. – P. 30–42.
17. *Девятков Н. Д.* Научное обоснование возможности использования электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности в медицине и биологии / *Девятков Н. Д., Бецкий О. В., Голант М. Б.* // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. – Пушино: Научный центр биологических исследований АН СССР. – 1986. – С. 75–94.
18. *Перспективные исследования и методы для медицины и биологии* // Электронная промышленность. – 1985. – Вып. 1. – С. 6–13, а также 1987. – Вып. 1. – С. 30–36.
19. *Возможность регулирования жизнедеятельности микроорганизмов при воздействии на них электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона* / *М. Б. Голант, А. К. Брюхова, Е. А. Двадцатова* и др. // Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты: Сб. статей / Под. ред. *Н. Д. Девяткова*. – М.: ИРЭ АН СССР. – 1983. – С. 115–122.
20. *Девятков Н. Д.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / *Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В.* – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
21. *Бабаева А. Г.* Иммунология процессов адаптивного роста, пролиферации и их нарушений / *А. Г. Бабаева, Е. А. Зотиков*. – М.: Наука, 1987. – 207 с.
22. *Пресман А. С.* Биофизика / *А. С. Пресман*. – 1964. – Т. 9, вып.1. – С. 131–134.
23. *Пресман А. С.* Электромагнитные поля и живая природа / *А. С. Пресман*. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
24. *Иванов-Муромский К. А.* Электромагнитная биология / *К. А. Иванов-Муромский*. – К.: Наукова думка, 1977. – 77 с.
25. *Veyret B., Bouthet C.P., Deschaux P., et al.* // Bioelectromagnetics. – 1991. – Vol. 12. – P. 47–56.
26. *Григорьев Ю. Г.* Роль модуляции в биологическом действии электромагнитного излучения / *Ю. Г. Григорьев* // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1996. – Т. 36. – Вып. 5. – С. 659–670.
27. *Ситько С. П.* Введение в квантовую медицину / *С. П. Ситько, Л. Н. Мкртчян*. – К.: Паттерн, 1994. – 146 с.
28. *Ситько С. П.* Прямая реєстрація нерівноважного електромагнітного випромінювання людини в мм-діапазоні / *С. П. Ситько, О. П. Яненко* // Фізика живого. – 1997. – Т. 5, №2. – С. 60.
29. *Ситько С. П.* Природные феномены микроволн и их возможное использование / *Ситько С. П., Скрипник Ю. А., Яненко А. Ф.* // Труды IV Международной научн.-практич. конф. «Современные информационные и энергосберегающие технологии жизнеобеспечение человека». СИЭТ-4-98. – Вып. 4 (в пяти книгах). Севастополь, 7–11 сентября 1998 г. – К., 1998. – С. 4–7.
30. *Галеев А. Б.* Зависимости эффектов ЭМИ КВЧ от величины постоянного магнитного поля / *А. Б. Галеев, В. С. Якушина, Н. К. Чемерис, Е. Е. Фесенко* // Доклад АН России. – 1999. – Т. 369. – №3. – С. 404–407.

## References

1. *Devyatkov, N. D.* (1983). Razvitye rabot v oblasti yssledovaniya neteplovykh effektov myllymetrovoho yzlucheniya [The development of works in the study of nonthermal effects of millimeter radiation]. The effects of nonthermal effects of mm radiation on biological objects: Sb. statey / Pod red. N. D. Devyatkova. M: YRE AN SSSR, 3–6.
2. *Vlyyanye myllymetrovykh voln na mykrofloru vozdukha pomeshcheny (1986).* [Effect of millimeter waves on the microflora of indoor air]. Electronic equipment. Ser. Microwave electronics, Vyp. 12, 132–136.
3. *Vozdeystviye elektromahnytnykh kolebaniy myllymetrovoho dyapazona voln na byolohycheskiye systemy (1981).* [The impact of electromagnetic waves of millimeter waves on biological systems]. Radiobiology, T. 21, №2, 163–171.
4. *Rezonansnye yavleniya pry deystviy elektromahnytnykh voln myllymetrovoho dyapazona na byolohycheskiye obekty (1979).* [Resonance phenomena in longevity of electromagnetic waves of millimeter range on biological objects]/ The successes of modern biology, T. 87, №3, 381–392.
5. *Nekotorye voprosy metodyky y rezul'taty eksperymental'noho yssledovaniya vozdeystviy SVCh na mykroorhanyzmy y zhyvotnykh (1973).* [Some questions of methodology and results of an experimental study of the effects of microwave on microorganisms and animals]. Advances in physical Sciences, T. 110, vyp. 3, 455–456.
6. *Holant, M. B.* (1986). Vlyyanye monokhromatycheskykh elektromahnytnykh yzucheniy myllymetrovoho dyapazona maloy moshchnosti na byolohycheskiye protsessy [The influence of monochromatic electromagnetic radiation of millimeter band low-power biological processes]. Biophysics, T. 31, vyp. 1, 139–147.
7. *Dardelhon, M.* (1979). Determination of a Thermal Equivalent of Millimeter Microwaves in Living Cells. J. Microwave Power, 14, 307–312.
8. *Nauchnaya sessyya otdeleniya obshchey fizyky y astronomyy AN SSSR (1973).* [Scientific session of the division of General physics and astronomers of the USSR] (17–18 yanvarya 1973 h.) // Advances in physical Sciences, T. 110, vyp. 3, 456–460.
9. *Gründler, W., Keilwann, F.* (1983). Sharp Resonances in Yeast Growth Prove Nonthermal Sensitivity in Microwaves. Phys. Rev. Letters, Vol. 51, 13, 1214–1216.
10. *Devyatkov, N. D., Holant, M. B., Petrova, T. B.* (1982). Radyoelektronika y medytsyna [Electronics and medicine]. RadioElectronics, T. 25, 9, 3–8.
11. *Webb, S. J.* (1979). Factors Affecting the Induction of Lambda Prophages by Microwaves. Phys. Letters, Vol. 73A, 2, 145–148.
12. *Rezonansnyy kharakter vozdeystviy radyovoln myllymetrovoho dyapazona na byolohycheskiye systemy (1983).* [The resonant nature of the effects of radiowaves of millimeter range on biological systems]/ The effects of nonthermal effects of mm radiation on biological objects: Sb. statey. M.: YRE AN SSSR, 34–37.
13. *Andreev, E. A., Belyy, M. U., Syt'ko, S. P.* (1984). Proyavlenye sobstvennykh kharakterystycheskykh chastot orhanyzma cheloveka [The manifestation of his own characteristic frequencies of the human body]. Doklady AN USSR, ser. E, 10, 60–63.
14. *Radyofyzycheskiye aspekty yspol'zovaniya v medytsyne enerhetycheskykh y ynformatsyonnykh vozdeystviy elektromahnytnykh kolebaniy (1981).* [Radiophysical aspects of the use in medicine of energetic and informational effects of electromagnetic oscillations]. Electronic equipment. Ser. Microwave electronics, Vyp. 9 (333), 43–50.
15. *Devyatkov, N. D., Holant, M. B.* (1982). Ob ynformatsyonnoy sushchnosti neteplovykh y nekotorykh enerhetycheskykh vozdeystviy elektromahnytnykh kolebaniy na zhyvoy orhanyzm [About information entities and some non-thermal

- energy effects of electromagnetic waves on living organisms]. Pys'ma v ZhTF, T. 8, vyp. 1, 39–41.
16. *Fröhlich, H.* (1983). The Biological Effects of Millimeter Waves Models Photoresponsiveness. Proc. NATO Adv. study Inst. (San Moniato 29 Aug – 8 Sept 1982), New York, London, 30–42.
  17. *Devyatkov, N. D., Betskyy, O. V., Holant, M. B.* (1986). Nauchnoe obosnovanye vozmozhnosti yspol'zovanyya elektromahnytnykh yzluchenyi myllymetrovoho dyapazona maloy moshchnosti v medytsyne y byolohyy [Scientific substantiation of the possibility of using electromagnetic radiation of millimeter range low power in medicine and biology]. Biological effects of electromagnetic fields. Questions their use and regulation. Pushchyno: Nauchnyy tseñtr byolohycheskykh yssledovanyy AN SSSR, 75–94.
  18. *Perspektyvnye yssledovanyya y metody dlya medytsyny y byolohyy* (1985). [Advanced research and techniques for medicine and biology] // Electronic engineering, Vyp. 1, 6–13, a takzhe 1987, Vyp. 1, 30–36.
  19. *Vozmozhnost' rehulyrovanyya zhyznedeyatel'nosti mykroorhanyzmov pry vozdeystvyy na nykh elektromahnytnykh kolebanyy myllymetrovoho dyapazona* (1983). [The ability to control the micro-organisms when exposed to electromagnetic waves of a millimetric range]. The effects of nonthermal effects of mm radiation on biological objects : Sb. statey. M.: YRE AN SSSR, 115–122.
  20. *Devyatkov N. D., Holant, M. B., Betskyy, O. V.* (1991). Myllymetrovye volny y ykh rol' v protsessakh zhyznedeyatel'nosti [Millimeter waves and their role in the processes of life]. M.: Radyo y svyaz', 168.
  21. *Babaeva, A. H., Zotikov, E. A.* (1987). Immunolohyya protsessov adaptivnoho rosta, prolyferatsyy y ykh narushenyi [Immunology adaptive processes of growth, proliferation, and violations]. M.: Nauka, 207.
  22. *Presman, A. S.* (1964). Byofyzyka [Biophysics]. T. 9, vyp. 1, 131–134.
  23. *Presman, A. S.* (1968). Elektromahnytnye polya y zhyvaya pryroda [Electromagnetic fields and living nature]. M.: Nauka, 288.
  24. *Ivanov-Muromskyy, K. A.* (1977). Elektromahnytnaya byolohyya [Electromagnetic biology]. K.: Naukova dumka, 77.
  25. *Veyret, B., Bouthet, C.P., Deschaux, P., et al.* (1991). // Bioelectromagnetics, Vol. 12, 47–56.
  26. *Hryhor'ev, Yu. H.* (1996). Rol' modulyatsyy v byolohycheskom deystvyy elektromahnytnoho yzluchenyya [The role of modulation in biological longevity of electromagnetic radiation]/ Radiation biology. Radioecology, T. 36, Vyp. 5, 659–670.
  27. *Syt'ko, S. P., Mkrtchyan, L. N.* (1994). Vvedenye v kvantovuyu medytsynu [Introduction to quantum medicine]. K.: Pattern, 146.
  28. *Sit'ko, S. P., Yanenko, O. P.* (1997). Pryama reyestratsiya nerivnovazhnoho elektromahnitnoho vyprominyuvannya lyudyny v mm-diapazoni [Direct registration of non-equilibrium of human electromagnetic radiation in mm-range]. Physics of the living, T. 5, № 2, 60.
  29. *Syt'ko, S. P.* (1998). Pryrodnye fenomeny mykrovoln y ykh vozmozhnoe yspol'zovanye [Natural phenomena of microwaves and their possible use] / Syt'ko S. P., Skrypnyk, Yu. A., Yanenko, A. F. // Trudy IV Mezhdunarodnoy nauchn.-praktych. konf. «Sovremennyye ynformatsyonnye y enerhosberehayushchyye tekhnolohyy zhyzneobespechenye cheloveka». SYET-4-98. Vyp. 4 (v pyaty knyhakh). Sevastopol', 7–11 sentyabrya 1998 h, 4–7.
  30. *Hapeev, A. B., Yakushyna, V. S., Chemerys, N. K., Fesenko, E. E.* (1999). Zavysymosti effektov ЭМВ КВЧ от velychyny postoyannoho mahnytnoho polya [Based on effects of EMR UHF on the magnitude of a constant magnetic field]. Doklad AN Rossyy, T. 369, 3, 404–407.

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КРАЙНЕ-  
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ  
ИНТЕНСИВНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**  
*Д. Г. Войтюк, Ю. В. Човнюк, А. П. Гуцол, И. Н. Сивак,  
Ю. О. Гуменюк*

**Аннотация.** Проведен контент-анализ существующих теорий, которые обосновывают и объясняют физическое воздействие электромагнитных (миллиметровых) волн крайне-высокочастотного (КВЧ-) диапазона нетепловой интенсивности на биологические объекты. Предложенное использование энергосберегающих нанотехнологий интенсификации роста сельскохозяйственных культур и организмов.

Результатом этого является гиперактивация нейтрофилов и ингибирующий эффект излучения на уровне функциональной активности генерации АФК (при активации респираторного взрыва форболовим эфиром).

При двукратном увеличении величины магнитного поля (магнитной индукции МП) по сравнению с фоновой меняется направление эффекта ЭМИ КВЧ и сдвигается резонансная частота эффекта. Полагая, что МП изменяет сродство  $Ca^{2+}$  с  $Ca^{2+}$ -зависимыми ферментами, повышение МП специфическим образом модифицирует активность ряда ключевых ферментов. На фоне модифицированной ферментативной активности ЭМИ КВЧ вызывает изменения, которые в дальнейшем при воздействии на функциональную активность нейтрофилов проявляют себя как активация синергической реакции. На фоне измененного функционального статуса клетки за счет действия МП может стать более эффективной уже другая частота КВЧ-излучения, то есть возникает незначительный сдвиг резонансной частоты эффекта.

**Ключевые слова:** электромагнитные волны, КВЧ-диапазон, нетепловая интенсивность, биологические объекты, энергосбережение, нанотехнологии, интенсификация роста

**EFFECT OF ELECTROMAGNETIC WAVES OF EXTREMELY  
HIGH FREQUENCY RANGE OF NON-THERMAL INTENSITY  
ON BIOLOGICAL OBJECTS**

*D. G. Voytyuk, Yu. V. Chovnyuk, O. P. Gutsol, I. M. Sivak,  
Yu. O. Gumenyuk*

**Abstract.** Conducted content analysis of existing theories that justify and explain the physical effects of electromagnetic (mm) waves extremely high frequency (EHF) range of non-thermal intensity on biological objects. Proposed use of energy-saving nanotechnologies intensify the growth of crops and organisms.

*The result is a Hyper-activation nitrate and the inhibitory effect of radiation on the functional activity of the ROS generation (with the activation of respiratory explosion turbolover ether).*

*When two-fold increase in the magnitude of the magnetic field (magnetic induction MP) compared to the background changes the direction of the effect of EMR UHF and shifts the resonant frequency effect. Assuming that MP alters the affinity  $Ca^{2+}$  with  $Ca^{2+}$ -dependent enzymes, increase MP specific way modifies the activity of some key enzymes. On the background of the modified enzymatic activity of EMR UHF is changing that in the future if the impact on functional activity of neutrophils are manifested as activation of synergistic reactions. On the background of the changed functional status of the cell due to the action of MP can become more effective is another frequency of EHF-radiation, so there is a slight shift of the resonance frequency of the effect.*

**Key words:** *electromagnetic wave, UHF band, non-thermal intensity, biological objects, energy conservation, nanotechnology, intensification of growth*

УДК 661.722:663.15:664.788.2:543.42

## **ФЕРМЕНТУВАННЯ СОРГОЦУКРОВОГО СОКУ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗУВАННЯ ЛЕТКИХ БІОПАЛИВНИХ КОМПОНЕНТІВ**

**О. І. Володько, здобувач\***

**Г. В. Лантух, кандидат хімічних наук**

**К. М. Лукашевич, інженер**

**А. Г. Новак, хімік**

**С. П. Циганков, доктор технічних наук**

**Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України»**

**E-mail: vilforr@gmail.com**

**Анотація.** Сучасні світові тенденції в енергетиці в розвинених країнах світу спрямовані на всебічне використання поновлюваних джерел енергії через негативний екологічний вплив промисловості та транспорту, що використовують викопні джерела енергії. Україна, маючи один з найбільших потенціалів в Європі в аграрній сфері, не використовує в повній мірі поновлювальні джерела енергії з фітомаси. Одним з

\*Науковий керівник – доктор технічних наук С. П. Циганков

© О. І. Володько, Г. В. Лантух, К. М. Лукашевич, А. Г. Новак, С. П. Циганков, 2016