

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЕНЕРГООЩАДНИХ НАНОТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РОСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ТА ОРГАНІЗМІВ**

**Д. Войтюк**, канд. техн. наук, проф., чл.-кор. НААН України,  
**Ю. Човнюк**, канд. техн. наук, доц, **О. Гуцол**, канд. техн. наук, доц,  
**І. Сівак**, канд. техн. наук, доц, **Ю. Гуменюк**, канд. техн. наук, доц,  
**Л. Карпенко**  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

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

**Ключові слова:** електромагнітні хвилі, НВЧ-діапазон, нетеплова інтенсивність, біологічні об'єкти, сільськогосподарські культури, організми, енергозбереження, нанотехнології, інтенсифікація росту.

### **Вступ**

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 7.09.2011р., №942, у якій визначений перелік пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року ця науково-дослідна робота (НДР) відноситься до трьох наведених нижче:

- 1) Фундаментальні проблеми науки про життя та розвиток біотехнологій;
- 2) Перспективні технології агропромислового комплексу (АПК) та переробної промисловості;
- 3) Створення та застосування нанотехнологій і технологій наноматеріалів.

### **Суть проблеми.**

Перші публікації щодо впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на живі організми датовані 1966 роком [1, 2]. Однак до теперішнього часу, незважаючи на все більш широке визнання фахівцями високої ефективності дії ЕМВ на будь-які живі організми (від бактерій до тварин і людини) і 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.

**Метою досліджень** роботи є проведення контент-аналізу існуючих теорій, котрі обґрунтовують і пояснюють фізичний вплив електромагнітних (міліметрових) хвиль НВЧ-діапазону нетеплової інтенсивності на біологічні об'єкти.

#### **Результати досліджень.**

Відомо, що малоінтенсивні (неіонізувальні) ЕМВ нетеплового рівня потужності у діапазоні НВЧ практично не проникають у глибину тіла тварин і в глибину середовища живлення мікроорганізмів (під час проникнення усього на кілька сотень мікрометрів щільність потоку потужності знижується приблизно на порядок).

Дійсно, монохроматичні (одночастотні) випромінювання розглядуваного діапазону у навколишньому середовищі відсутні; крізь атмосферу вони практично не проходять. Враховуючи те, що живі організми використовують усі зовнішні фактори, котрі можуть бути корисними для їх життєдіяльності, не можна виключати ту обставину, що вони прилаштувались і до використання зазначених вище обставин. Цей дуже високочастотний діапазон (інколи його називають гіпервисокочастотним) може бути використаний живою матерією для обробки великих обсягів інформації. Енергія квантів цього діапазону  $h\nu$  ( $h$  - постійна М. Планка,  $\nu$  - лінійна частота ЕМВ), з одного боку, менша енергії теплового руху атомів і молекул  $kT$  ( $k$  - постійна Больцмана,  $T$  - абсолютна температура; за кімнатної температури  $kT \approx 4 \cdot 10^{-21}$  Джоулів), бо  $h\nu \approx 2 \cdot 10^{-23} \dots 2 \cdot 10^{-21}$  Дж (для НВЧ та гіпервисокочастотного діапазонів, відповідно), а з іншого – набагато менша енергії навіть слабких водневих зв'язків у живих організмах, котра складає  $10^{-20}$  Дж і може призвести до їх розриву лише за наявності багатоквантових процесів. Відсутність шкідливої 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 керівних 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. За всіх обставин 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 такому:

1) існує спільність для всіх організмів (від мікроорганізмів до ссавців) основних закономірностей впливу на них ЕМВ, що говорить про таке: 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 привернути увагу дослідників дуже висока для біології відтворюваність результатів експериментів: за правильної постановки і неухильного відтворення умов експерименту, під час переходу від одного екземпляра організму до іншого того ж виду розкид параметрів, які характеризують ефект виливу ЕМВ, набагато менший від значень цих параметрів;

4) цікавою у науковому плані і важливою з точки зору практичних застосувань є особливість дії ЕМВ на живі організми, яка має специфічний «лікувальний» характер. За належного вибору відповідних до характеру захворювання частот коливань ЕМВ можуть активно впливати на хворий організм до тих пір, поки він не відновиться і сприяти цьому відновленню. Після відновлення організму його подальше опромінювання ЕМВ тієї ж частоти стає нібито неідеальним: 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. (Пристосування 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 під час наступної дії несприятливого фактора свідчить про те, що вищезгадана відсутність реакції здорового організму на випромінювання є примарною: просто незмінність поточного функціонування не є вичерпним показником змін, які відбулись).

Дані численних досліджень дозволили припустити, що отриманням робочих частот (спектра частот) ЕМВ можна досягти сприятливого впливу на хід лікування багатьох хвороб, з котрими певний вид організмів, у 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, під час впливу 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 з'ясовані вище специфічні особливості дії ЕМВ, коротко зазначимо 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 зі зміною 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; це 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: ці резонансні частоти впливають у більшій мірі на одні сторони біологічної активності, інші – на інші. На різних резонансних частотах, зафіксованих за однією біологічною реакцією, 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, яка 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 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 для певних потреб самим організмом, а зовнішнє випромінювання (яке опромінює певний біологічний об'єкт) лише імітує сигнали, котрі виробляються певним організмом.

2. Сутність другої гіпотези, сформульованої на основі проведеного аналізу, полягає у такому [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 в інформаційні сигнали, котрі здійснюють керування та регулювання відновлювальних чи адаптаційних процесів у організмі.

(Під виразами «інформаційні сигнали», «інформаційна функція» розуміють сигнали, роль яких полягає в управлінні процесами, які відбуваються у організмі (типу: відновлюваних та 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 цей 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 таке. Характер біологічного відгуку організму залежить від частоти хвиль, які реально діють/впливають на нього, 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 наявна дія (у тому числі повна відсутність будь-якої дії [8, 9, 13, 19]). Інакше кажучи, частоти коливань визначають характер дії випромінювань, які розглядаються, на організм, тобто частота є носієм інформації.

3. До проблеми резонансних біоефектів тісно приєднується гіпотеза про можливу так звану інформаційну дію ЕМВ. У 1964р. 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 зі зміною імунологічного статусу експериментальних тварин [25, 26].

4. Гіпотеза авторів робіт [27 - 29]. Міліметровий діапазон хвиль ( $f=30\dots300$  ГГц) характеризується низкою особливостей, під час розповсюдження в атмосфері Землі та впливу 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 і незначною кругістю характеристики (пологим резонансом). Подібні «резонанси поглинання» пологого типу знайдені й під час опромінювання людини у діапазоні 53-64 ГГц.

Крім того, поряд з дивними загороджувальними властивостями атмосфери Землі, яка не пропускає окремих спектрів 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 в 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 вагової 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 за температури  $t \approx 37^\circ\text{C}$  у діапазоні частот 53 – 64 ГГц підтверджують рівномірний рівень потужності, котрий на частоті  $f=60 \text{ ГГц}$  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 дію нормалізації у ньому.

5. Гіпотеза авторів роботи [30]. Відомо, що електромагнітні поля можуть мати виражену імуномодельовальну дію, змінюючи функціональний статус елементів імунної системи. Зокрема, ЕМВ НВЧ-діапазону низької інтенсивності інгібує продукцію активних форм кисню (АФК) нейтрофілами. Ефективність дії ЕМВ НВЧ-діапазону на продукцію АФК нейтрофілами залежить як від їх функціонального стану, зокрема, від рівня активності ферментів, які контролюють цикл арахідонової кислоти, так і від фізичних параметрів випромінювання – інтенсивності, носійної та модельовальної частот. Авторі вказаної роботи припускають, що крім цих фізичних параметрів, ефективність дії ЕМВ НВЧ-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 НВЧ-діапазону, так і змінне магнітне поле впливають на кальцій залежні процеси. Це означає, що молекулярно-клітинні мішені для ЕМВ НВЧ-діапазону і змінного магнітного поля можуть бути схожими, і ця обставина призводить до думки про необхідність пошуку загальних моментів у механізмах дії електромагнітного та змінного магнітного полів, котрі кардинально ( $\sim 10^6$ ) розрізняються за частотою.

За величини магнітної індукції МП, яке може бути одного порядку з фоновою величиною магнітної індукції геомагнітного поля Землі ( $\approx 50 \text{ мкТл}$ ), резонансне інгібування синергічної реакції під час дії ЕМВ НВЧ може бути обумовлене впливом випромінювання на  $\text{Ca}^{2+}$ -залежні системи внутрішньоклітинної сигналізації нейтрофілів. Ефект проявляє себе тільки за наявності потоків іонів  $\text{Ca}^{2+}$  через плазматичну мембрану і за підвищеної  $[\text{Ca}^{2+}]_i$ . Можливо, що ЕМВ НВЧ ( $f_{\text{несуча}} \approx 42 \text{ ГГц}$ ) змінює  $[\text{Ca}^{2+}]_i$  чи спорідненість ключових ферментів до іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , тим самим ведучи до

активації низки  $Ca^{2+}$ -залежних ферментів й зміщенню рівноваги внутрішньоклітинних сигнальних систем у бік позитивних зворотних зв'язків. Результатом цього є гіперактивація нейтрофіла та ефект інгібування випромінювання на рівні функціональної активності – генерації АФК (під час активації респіраторного вибуху форболовим ефіром).

За двократного збільшення величини магнітного поля (магнітної індукції МП) порівняно з фоновою змінюється напрямок ефекту ЕМВ НВЧ і зсувається резонансна частота ефекту. Вважаючи, що МП змінює спорідненість  $Ca^{2+}$  із  $Ca^{2+}$ -залежними ферментами, підвищення МП специфічним чином модифікує активність низки ключових ферментів. На фоні модифікованої ферментативної активності ЕМВ НВЧ викликає зміни, котрі у подальшому, впливаючи на функціональну активність нейтрофілів, проявляють себе як активація синергічної реакції. На фоні зміненого функціонального статусу клітини за рахунок дії МП може стати ефективнішою вже інша частота НВЧ-випромінювання, тобто виникає незначний зсув резонансної частоти ефекту.

### Висновки

1. Науково обгрунтовані гіпотези які пояснюють фізичний механізм впливу електромагнітних (міліметрових) хвиль надвисокочастотного (НВЧ) діапазону нетеплової інтенсивності на біологічні об'єкти.

2. Для реалізації вказаного фізичного механізму впливу електромагнітних полів мм-діапазону нетеплової інтенсивності запропоноване використання енергоощадних нанотехнологій інтенсифікації росту сільськогосподарських культур та організмів.

### Література

1. Девятков Н.Д. Развитие работ в области исследования нетепловых эффектов миллиметрового излучения //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, С.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, С.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 // Биофизика. – 1986. – Т.31, Вып. 1. – С.139 – 147.

7. Dardelhon M, Averbeck D, Berteand A, Determination of a Thermal Equivalent of Millimeter Microwaves in Living Cells // 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, Keilwann F. Sharp Resonances in Yeast Growth Prove Nonthermal Sensitivity in Microwaves // Phys. Rev. Letters. – 1983. – Vol. 51, №13. – P. 1214 – 1216.

10. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Петрова Т.Б. Радиоэлектроника и медицина // Радиоэлектроника. – 1982. – Т.25, – №9. – С.3 – 8.

11. Webb S.J. Factors Affecting the Induction of Lambda Prophages by Microwaves // 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., Белый М.У., Ситько С.П. Проявление собственных характеристических частот организма человека // 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., Голант М.Б. Об информационной сущности нетечловых и некоторых энергетических воздействий электромагнитных колебаний на живой организм // Письма в ЖТФ. – 1982. – Т.8, Вып. 1. – С. 39 – 41.

16. Fröhlich H. The Biological Effects of Millimeter Waves Models Photoresponsiveness / Proc. NATO Adv. study Inst. (San Moniato 29 Aug – 8 Sept 1982) – New York, London. – 1983 – P. 30 – 42.

17. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Голант М.Б. Научное обоснование возможности использования электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности в медицине и биологии // 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. Двдцатова 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., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.

21. Бабаева А.Г., Зотиков Е.А. Иммунология процессов адаптивного роста, пролиферации и их нарушений. – М.: Наука, 1987. – 207с.

22. Пресман А.С. // Биофизика. – 1964. – Т. 9, Вып.1. – С. 131 – 134.

23. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. – 288 с.

24. Иванов – Муромский К.А. Электромагнитная биология. – К.: Наукова думка, 1977. – 77с.

25. Veyret B., Bouthet C.P., Deschaux P., et al. // Bioelectromagnetics – 1991 – V 12 – P. 47 – 56.

26. Григорьев Ю.Г. Роль модуляции в биологическом действии электромагнитного излучения //Радиационная биология. Радиозкология. – 1996. – Т. 36. – Вып. 5. Вып 5. – С. 659 – 670.

27. Ситько С.П. Мкртчян Л.Н. Введение в квантовую медицину.- К.: Паттерн, 1994. – 146 с.

28. Сітько С.П., Яненко О.П. Пряма реєстрація нерівноважного електромагнітного випромінювання людини в мм-діапазоні // Фізика живого. – 1997. – Т.5, №2. – С. 60.

29. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Природные феномены микроволн и их возможное использование // Труды IV Международной науч.- 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. Гапеев А.Б., Якушина В.С., Чемерис Н.К., Фесенко Е.Е. Зависимости эффектов ЭМИ НВЧ от величины постоянного магнитного поля // Доклад АН России. – 1999. – Т. 369. – №3. – С.404 – 407.

**Аннотация**

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

**Summary**

*A content-analysis of existing theories which argue and explain the physical effects of electromagnetic waves of extremely high-frequency band (millimeter-wave band) of nonthermal intensity on biological objects was conducted. It is proposed to use the energy saving nanotechnologies of crops/ growth intensification as well as organisms.*