

УДК 504.064

DETECTION THE BIOLOGICAL EFFECT OF RADIO WAVES FROM MOBILE PHONES USING THE GROWTH PHYTOTEST

ВИЯВЛЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЕФЕКТУ РАДІОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД МОБІЛЬНИХ ТЕЛЕФОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСТОВОГО ФІТОТЕСТУ

Kundelchuk O.P./Кундельчук О.П.
c.b.s., as. prof. / к.б.н., доц.

Ginkovskaya A.S./Гінковська А.С.
stud./ студ.

Semenyuk S.K./Семенюк С.К.
c.b.s., as. prof. / к.б.н., доц.

Akimova M.O./Акімова М.О.
assistant/ асистент

Kherson State University, Kherson, University str., 27, 73000

Херсонський державний університет, Херсон, вул. Університетська 27, 73000

Анотація. *Радіохвильове випромінювання від мобільних телефонів впливає на роботу клітин живих організмів, що становить небезпеку для здоров'я користувачів. В роботі досліджувалася можливість використання програми «Ultimate EMF Detector» для мобільних телефонів «Android» і фітотесту проростаюче насіння рослин для встановлення безпечної відстані між споживачем і мобільним телефоном в режимі очікування.*

Програма «Ultimate EMF Detector» і портативний тестер електромагнітного поля «ККМоп GM 3120» виявили небезпечний рівень радіохвильового випромінювання лише в безпосередній близькості від мобільного телефону, який тестувався. Вже на відстані 25 см від приладу програма зареєструвала лише природне геомагнітне поле Землі. Тоді як аналіз ростових параметрів коренів і епікотилів проростків ячменю при режимі пророщування 12 годин світло / 12 годин темрява показав статистично достовірний біологічний ефект випромінювання від мобільного телефону навіть на відстані 2,0 м від приладу. При цьому виявлена ростова відповідь залежала від відстані від мобільного телефону і носила синусоїдальний характер, що дозволяє припустити наявність ефекту резонансу електромагнітних хвиль від мобільного телефону. Виявлена в ході дослідження залежність характеру ростової відповіді модельних рослин від присутності видимого світла свідчить на користь регуляторного, а не травматичного впливу випромінювання від мобільного телефону на розвиток проростків ячменю.

В цілому було показано, що контролюючі прилади не дозволяють встановити безпечну відстань між мобільним телефоном в режимі очікування і користувачем, оскільки не виявляють біологічно ефективні рівні радіохвильового випромінювання, тривалий неконтрольований вплив яких може мати непередбачувані наслідки для здоров'я людини.

Ключові слова: *радіохвильове випромінювання, мобільний телефон, безпека користування, біологічні ефекти, ростовий фітотест.*

Вступ. Проведені наукові дослідження показали, що високочастотне радіохвильове випромінювання від мобільних телефонів впливає на роботу генетичного апарату живих організмів, викликає в клітинах оксидативний

стрес, провокує накопичення пошкоджень в ДНК [4, 11], що, в свою чергу, достовірно підвищує ризик розвитку ракових та інших захворювань організму [5, 13]. При цьому, вимкнений телефон створює навіть більш інтенсивне електромагнітне поле порівняно з телефоном в режимі «Зв'язок», що пов'язано з особливостями роботи мобільних телефонних мереж: коли телефон увімкнений і не використовується, він надсилає сигнали для з'єднання з сусідніми вишками стільникового зв'язку і це сигнальне випромінювання може бути вищим, ніж рівень випромінювання, який генерується телефоном під час розмови [10]. Крім того, було встановлено, що рівень радіохвильового випромінювання від мобільного телефону значною мірою залежить від фірми, яка виробляє дані прилади [10].

Подальші дослідження біологічної дії радіохвильового випромінювання від мобільного телефону показали, що ефект залежить не тільки від частоти і тривалості використання приладу, але й від відстані приладу від організму. При цьому виявлення того факту, що в режимі "Виключено" телефон генерує інтенсивні радіохвилі, поставило питання про безпеку носіння вимкненого телефону в кишенях одягу, розміщення телефону біля ліжка сплячої людини і т.н. [10].

На сьогоднішній день ні у кого не викликає сумніву потенційна небезпека використання мобільних телефонів споживачами. Однак, темп і вимоги сучасного життя не дозволяють відмовитися від приладів такого типу. У зв'язку з вищевикладеним, актуальним є здійснення контролю інтенсивності радіохвильового випромінювання від мобільних телефонів і встановлення безпечних просторових меж під час користування означеним приладом.

Слід зазначити, що професійні вимірювальні прилади коштують дорого і не доступні для рядового споживача. Нещодавно в інтернет мережі з'явився безкоштовний додаток «Ultimate EMF Detector» для мобільних телефонів «Android», який дозволяє вимірювати напруженість електромагнітного поля. Оскільки непрофесійні вимірювальні програми на смартфонах досить сильно критикуються, виникає необхідність перевірки можливості використання

програми «Ultimate EMF Detector» для встановлення рівня випромінювання від мобільного телефону і визначення безпечної відстані між телефоном і організмом людини під час користування означеним приладом. При цьому контрольні заходи не повинні обмежуватися встановленням відповідності рівня випромінювання діючим нормативам, але й бути підтвердженими відсутністю біологічних ефектів на живих системах на визначеній відстані.

Сьогодні біологічна безпека електромагнітного випромінювання від приладів оцінюється на культурі клітин людини, на тваринах, рослинах, бактеріях і т.н. Серед біотестів, які використовуються, найбільш доступними є фітотести з застосуванням модельної системи проростаюче насіння рослин. Рослинний організм є високо чутливим до електромагнітного випромінювання внаслідок особливостей типу харчування (фотосинтез) і сидячого способу життя [21]. При цьому слід зазначити, що дані, отримані на рослинних тест-системах, добре узгоджуються з даними, отриманими на тваринах і на культурі клітин людини.

Метою даного дослідження було перевірити можливість використання інтернет-програми «Ultimate EMF Detector» і фітотесту проростаюче насіння рослин для встановлення безпечної відстані між споживаем і мобільним телефоном в режимі очікування.

Матеріали і методи дослідження. Для встановлення напруженості електромагнітного поля, створюваного мобільним телефоном "Nokia", нами використовувався додаток «Ultimate EMF Detector» до мобільного телефону «Android», а також портативний тестер електромагнітного поля «ККМoon GM 3120», який дозволяє реєструвати показники електричного і магнітного поля в навколишньому середовищі в діапазоні частот 5 Гц - 3500 МГц.

З метою виявлення біологічного ефекту радіохвильового випромінювання від мобільного телефону, насіння ячменю (*Hordeum vulgare*) пророщували протягом 4-х днів в ч. Петрі на водопровідній не кип'яченій воді при двох режимах освітлення: а) 12 годин світло / 12 годин темрява і б) постійна темрява.

Щодня проростки піддавали впливу електромагнітного випромінювання від мобільного телефону "Nokia" протягом 12 годин у нічний час доби (з 20⁰⁰ год до 8⁰⁰ год). При цьому проростки експонувалися на різній відстані від мобільного телефону: 0 м, 1,0 м, 1,5 м і 2,0 м.

На 4-у добу пророщування вимірювали довжину коренів (найдовшого кореня в мочкуватій кореневій системі) і епікотилів проростків. На підставі отриманих даних розраховували середню довжину коренів і середню довжину епікотилів. Всі дані статистично оброблялися.

Результати дослідження. Використання інтернет-програми «Ultimate EMF Detector» для мобільних телефонів «Android» дозволило виявити радіохвильове випромінювання від мобільного телефону "Nokia" в безпосередній близькості від телефону, який знаходився в режимі «включено, без розмови», інтенсивністю 87-174 мкТл, в залежності від положення мобільного телефону відносно реєструючого пристрою. Вже на відстані 25 см від телефону програма реєструвала тільки геомагнітне поле Землі з напруженістю 44-45 мкТл. Чутливість портативного тестера електромагнітного поля «ККMoon GM 3120» до радіохвильового випромінювання від мобільного телефону виявилася значно нижчою, ніж у додатка «Ultimate EMF Detector» до мобільних телефонів.

Пророщування насіння ячменю біля мобільного телефону "Nokia" (0 м) в умовах постійної темряви призвело до достовірного зменшення середньої довжини коренів проростків в порівнянні з контролем: з $49,78 \pm 4,75$ мм до $39,18 \pm 3,67$ мм, відповідно. В якості контролю використовувалися проростки, які вирощувалися в приміщенні без мобільного телефону. Збільшення відстані між мобільним телефоном і проростками до 1,0 м зняло ефект гальмування росту коренів: ростові показники коренів на відстані 1,0 м від мобільного телефону відповідали таким у контролі.

Епікотилі проростків в безпосередній близькості від мобільного телефону (0 м) показали певне гальмування росту, проте, відмінності від контролю виявилися статистично не достовірними: $50,93 \pm 3,98$ мм і $47,88 \pm 3,71$ мм,

відповідно. Цікаво відзначити слабе гальмування росту коренів на відстані 2,0 м від мобільного телефону, порівняно з контролем, яке, однак, виявилось статистично не достовірним ($44,94 \pm 4,16$ мм і $49,78 \pm 4,75$ мм, відповідно).

Пророщування насіння ячменю при режимі освітлення 12 годин світло / 12 годин темрява в безпосередній близькості від мобільного телефону, призвело до певного пригнічення росту коренів у порівнянні з контролем ($40,52 \pm 4,84$ мм і $44,73 \pm 3,67$ мм, відповідно). Однак, це інгібування не було статистично достовірним. Проте на відстані 1,0 м від мобільного телефону гальмування росту і коренів, і епикотилів в порівнянні з контролем було статистично достовірним і склало для коренів: $32,94 \pm 2,66$ мм в досліді в порівнянні з $44,73 \pm 3,67$ мм в контролі, і для епикотилів: в досліді $47,72 \pm 2,58$ мм в порівнянні з $53,21 \pm 2,39$ мм в контролі.

Аналогічне статистично достовірне гальмування росту коренів і епикотилів ячменю було зареєстровано на відстані 2,0 м від мобільного телефону і склало для коренів: в досліді $29,90 \pm 2,70$ мм в порівнянні з $44,73 \pm 3,67$ мм в контролі; і для епикотилів: в досліді $46,81 \pm 3,20$ мм в порівнянні з $53,21 \pm 2,39$ мм в контролі. Тоді як на відстані 1,5 м від мобільного телефону ростові параметри і коренів, і епикотилів проростків ячменю - відповідали контрольним значенням.

Таблиця 1.

Вплив радіохвильового випромінювання від мобільного телефону на ріст коренів і епикотилів проростків ячменю при режимі вирощування в постійній темряві

Відстань до мобільного телефону, м:	Середня довжина коренів $\pm Sx \cdot tst$	Середня довжина епикотилів $\pm Sx \cdot tst$
Контроль	$49,78 \pm 4,75$	$50,93 \pm 3,98$
0 м	$39,18 \pm 3,67^*$	$47,88 \pm 3,71$
1,0 м	$49,52 \pm 5,51$	$50,61 \pm 4,16$
1,5 м	$49,36 \pm 3,16$	$49,61 \pm 2,75$
2,0 м	$44,94 \pm 4,16$	$48,50 \pm 3,66$

* - результати достовірно відрізняються від контрольних значень (пророщування насіння за умови відсутності мобільного телефону в експериментальному приміщенні).

Таблиця 2.

Вплив радіохвильового випромінювання від мобільного телефону на ріст коренів і епикотилів проростків ячменю при світловому режимі вирощування 12 годин світло / 12 годин темрява

Відстань до мобільного телефону, м:	Середня довжина коренів $\pm Sx \cdot tst$	Середня довжина епикотилів $\pm Sx \cdot tst$
Контроль	44,73 \pm 3,67	53,21 \pm 2,39
0 м	40,52 \pm 4,84	52,04 \pm 3,50
1,0 м	32,94 \pm 2,66*	47,72 \pm 2,58*
1,5 м	44,58 \pm 3,55	53,15 \pm 2,43
2,0 м	29,90 \pm 2,70*	46,81 \pm 3,20*

* - результати достовірно відрізняються від контрольних значень (пророщування насіння за умови відсутності мобільного телефону в експериментальному приміщенні).

Обговорення отриманих результатів. Проведені нами дослідження з використанням програми «Ultimate EMF Detector» показали, що напруженість природного геомагнітного поля Землі в зоні дослідження становила 44-45 мкТл. Безпосередньо біля мобільного телефону «Nokia», який знаходився в режимі «включено, без розмови», показники пристрою різко зростали і коливалися в межах 87-174 мкТл, в залежності від положення мобільного телефону відносно реєструючого пристрою. Але, вже на відстані 25 см від телефону ні програма «Ultimate EMF Detector», ні прилад «ККMoon GM 3120» не реєстрували перевищення напруженості геомагнітного поля Землі. Тоді як аналіз ростових параметрів проростків ячменю при режимі пророщування 12 годин світло / 12 годин темрява показав статистично достовірний ростовий ефект випромінювання від мобільного телефону навіть на відстані 2,0 м від телефону.

При цьому, виявлена нами ростова відповідь залежала від відстані від мобільного телефону і носила синусоїдальний характер, що дозволяє припустити наявність ефекту резонансу електромагнітних хвиль від мобільного телефону: при зустрічі електромагнітних хвиль різної довжини в одній фазі з кроком в 0,5 м може створюватися колорезонансний ефект, який проявляється в значному гальмуванні росту проростків на відстанях 1,0 м і 2,0 м від мобільного телефону. В умовах присутності видимого світла ця відповідь була більш вираженою порівняно з режимом вирощування проростків в умовах постійної темряви.

Серед усіх організмів - рослини є найбільш сприйнятливими до змін електромагнітного поля навколишнього середовища як внаслідок специфіки їх харчування, так і способу життя [21]. Аналіз літературних даних свідчить про те, що рослини реагують не тільки на зміни в видимій частини електромагнітного спектра, але також є високочутливими до радіохвильового випромінювання [2, 8, 12].

Слід зазначити, що в роботах на різних об'єктах і частотах радіохвильового випромінювання різними авторами були отримані діаметрально протилежні результати: в одних випадках показано гальмування, а в інших - стимулювання ростових процесів радіохвильовим випромінюванням [20], що опосередковано може свідчити не лише про травматичний, але й про регуляторний вплив випромінювання означеного типу на рослинний організм. В природних умовах рослини отримують крім світлового випромінювання також і частково радіохвильове випромінювання Сонця, оскільки в атмосфері є вікна прозорості для радіохвильового випромінювання певних частот (і радіохвильове випромінювання від мобільних телефонів входить в цей діапазон вікон прозорості) [1, 6]. Таким чином, цілком можливим є формування у рослин в процесі еволюції регуляторних механізмів, здатних підлаштовувати функціонування рослин не тільки до видимого світла, але також і до радіохвильового електромагнітного випромінювання Сонця. Радіохвилі мають значну проникну здатність і менше розсіюються в порівнянні з видимим

світлом. Тому, еволюційно, поява у рослин здатності реагувати на радіохвильове випромінювання Сонця мала забезпечити їм переваги і підвищити конкурентоспроможність в порівнянні з рослинами, які не мали таких рецепторів.

Крім того, нещодавно Beauboіs E. з колегами (2007) [3] було встановлено, що локальна дія радіохвильового випромінювання частотою 900 МГц, інтенсивністю 5 В/м тривалістю 10 хвилин на лист рослини томата дикого типу викликає в просторово віддаленому листі швидке і значне накопичення молекул мРНК фактора транскрипції bZIP, пов'язаного зі стресом, з кінетикою, аналогічною відповіді на раньове пошкодження листа. Таким чином, отримані Beauboіs E. з колегами (2007) дані свідчать про те, що слабке зовнішнє радіохвильове випромінювання, параметри якого відповідають випромінюванню від мобільного телефону, спроможне викликати передачу сигналів і системну експресію раньових генів у рослин томата [3].

Слід зазначити, що рецептори на радіохвилі на сьогоднішній день не знайдені. Однак встановлено, що живі організми здатні сприймати високочастотне радіохвильове випромінювання як регуляторне. Так, Friedman J. з колегами (2007) [7] було показано, що радіохвильове випромінювання від мобільного телефону активує в клітинах людини сигнальні шляхи ERK1/2, які, зокрема, задіяні в проліферації клітин, що може пояснити канцерогенний ефект випромінювання від мобільного телефону [7]. У рослин був виявлений аналогічний сигнальний шлях [17], що дозволяє припустити здатність рослин також сприймати радіохвильове випромінювання від мобільних телефонів як регуляторне. Цим можна пояснити той факт, що спрямованість ростового ефекту радіохвильового випромінювання залежить від видової приналежності рослин, від інтенсивності, тривалості і частотного діапазону електромагнітних хвиль, які діють на рослини [20]. У зв'язку з цим цікаво відзначити, що для рослин показана підвищена чутливість до певних частот радіохвильового випромінювання: а) між 800 - 1500 МГц ($p < 0.0001$), б) 1500 - 2400 МГц ($p < 0.0001$) і в) 3500 - 8000 МГц ($p = 0.0161$) [8].

Слід відмітити, що в більшості робіт був виявлений гальмуючий ефект радіохвильового випромінювання від мобільних телефонів на ріст коренів і пагонів рослин. Так, дослідження, проведені Hussein R.A. з колегами (2014) [10], показали, що випромінювання від мобільного телефону пригнічує ріст ембріональних клітин пшениці. Причому інгібуючий ефект на відстані 5 см був слабкішим, ніж на відстані 10-15 см [10]. В інших роботах також було виявлено, що радіохвилі мобільних телефонів і підстанцій мобільного зв'язку (з частотою випромінювання 850-1900 МГц) редукують проростання квіткових рослин і гальмують ріст коренів і пагонів [12].

Ряска (*Lemna minor* L.) широко використовується як модельна рослина для моніторингу навколишнього середовища. Tkalec M. з колегами (2005) [18] протягом 2-14 годин піддавали рослини ряски впливу радіохвильового випромінювання частотою 400, 900 і 1900 МГц і інтенсивністю 10 В/м, 23 В/м і 390 В/м. На підставі отриманих результатів автори роботи дійшли висновку, що ростовий ефект високочастотного радіохвильового випромінювання значною мірою залежить від інтенсивності поля, від частот, які використовувалися, і від тривалості впливу на організм [18].

Halgamuge M.N. з колегами (2015) [9] експонували чотириденні проростки сої (*Glycine max*) впродовж 2 годин на випромінюванні, яке відповідало частоті і інтенсивності випромінювання від станції мобільного зв'язку та від мобільного телефону. Проведені дослідження показали, що імпульсне високоамплітудне (41 В/м) радіохвильове випромінювання (таке, що відповідає амплітуді мобільного телефону), але не низькоамплітудне випромінювання (7 В/м) (таке, що відповідає амплітуді випромінювання станції мобільних телефонів) загальмувало ріст епикотилів проростків; постійне високоамплітудне випромінювання - загальмувало ріст коренів; тоді як експозиція проростків сої протягом 5 днів на низько-інтенсивному радіохвильовому випромінюванні (900 МГц, 0,56 В/м) призвела до редукції росту епикотилів і гіпокотилів, і до стимуляції росту коренів [9].

Подальші дослідження показали, що вплив радіохвильового поля на частотах мобільного телефонного зв'язку (900 МГц) індукує окислювальний стрес у рослин, який супроводжується генеруванням реактивних форм кисню і змінами активності антиоксидантних ензимів, а також викликає неспецифічні стресові реакції, що в підсумку призводить до пригнічення ростових процесів у рослин [15-16, 19]. Roux D. з колегами (2008) [14] було встановлено, що слабкі радіохвилі частотою 900 МГц, інтенсивністю 5 В/м при експозиції рослин томатів (*Lycopersicon esculentum*) протягом 10 хвилин призводять до відповіді, аналогічній відповіді на раньове пошкодження [14]. Таким чином, ріст-гальмуючий ефект радіохвильового випромінювання на частотах мобільного телефонного зв'язку пов'язаний з розвитком в клітинах рослин оксидативного стресу і з транскрипційною відповіддю, аналогічною відповіді рослин на раньове пошкодження.

Виявлена нами залежність ростової відповіді модельних рослин від присутності видимого світла свідчить на користь регуляторного, а не травматичного впливу випромінювання від мобільного телефону на розвиток проростків ячменю. Проте, об'єктивно, природа впливу радіохвильового випромінювання від мобільного телефону на проростки модельної рослини може бути визначена лише шляхом подальших цитологічних і цитогенетичних досліджень. Але в будь-якому випадку наявність біологічного впливу (регуляторного чи травматичного) є свідченням небезпеки роботи мобільного телефону в безпосередній близькості від організму людини. Так, тривала неконтрольована дія регуляторного чинника може мати непередбачувані наслідки для функціонування живого організму, що має бути врахованим зокрема, з огляду на щоденну багатогодинну присутність мобільних телефонів в безпосередній близькості від організму людини (в кишені одягу, біля ліжка і т.н.).

В цілому, отримані нами експериментальні дані дозволяють стверджувати, що ні інтернет-програма «Ultimate EMF Detector» для виявлення радіохвильового випромінювання, ні портативний тестер електромагнітного

поля «ККMoon GM 3120» не дозволяють встановити безпечну відстань між мобільним телефоном і користувачем: вже на відстані 25 см від телефону програма і прилад не реєстрували перевищення природного геомагнітного поля Землі, тоді як ростовий тест показав біологічний ефект навіть на відстані 2,0 м від мобільного телефону.

На підставі результатів проведених нами досліджень, ми пропонуємо використовувати тест «проростаюче насіння рослин» для виявлення присутності радіохвильового випромінювання від мобільного телефону з інтенсивністю, достатньою для індукції біологічних ефектів у живих організмів. При цьому достовірне відхилення ростових параметрів модельних рослин в присутності мобільного телефону в порівнянні з контрольними варіантами буде свідчити про наявність фонового радіохвильового випромінювання, інтенсивність якого, потенційно, може виявитися небезпечною для користувача телефоном.

Література:

1. Излучение Солнца, электронный ресурс: <http://geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000101/st024.shtml>
2. Balmori A. Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife // *Pathophysiology*. – 2009. – Vol. 16(2-3). – P. 191 - 199. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.01.007.
3. Beaubois E., Girard S., Lallechere S., Davies E., Paladian F., Bonnet P., Ledoigt G., Vian A. Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato // *Plant Cell Environ.* – 2007. – Vol. 30(7). – P. 834 - 844.
4. Belpomme D., Hardell L., Belyaev I., Burgio E., Carpenter D.O. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective // *Environ Pollut.* – 2018. – Vol. 242(Pt A). – P. 643 - 658. doi: 10.1016/j.envpol.2018.07.019.

5. Belyaev I., Dean A., Eger H., Hubmann G., Jandrisovits R., et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses // *Rev. Environ. Health.* – 2016. – Vol. 31(3). – P. 363 - 397. doi: 10.1515/reveh-2016-0011.
6. Do radio waves from the Sun reach Earth? Электронный ресурс: <https://physics.stackexchange.com/questions/268125/do-radio-waves-from-the-sun-reach-earth>.
7. Friedman J., Kraus S., Hauptman Y., Schiff Y., Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies // *Biochem. J.* – 2007. – Vol. 405(3). – P. 559 - 568.
8. Halgamuge M.N. Review: Weak radiofrequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants // *Electromagn. Biol. Med.* – 2017. – Vol. 36(2). – P. 213 - 235. doi: 10.1080/15368378.2016.1220389.
9. Halgamuge M.N., Yak S.K., Eberhardt J.L. Reduced growth of soybean seedlings after exposure to weak microwave radiation from GSM 900 mobile phone and base station // *Bioelectromagnetics.* – 2015. – Vol. 36(2). – P. 87 - 95. doi: 10.1002/BEM.21890.
10. Hussein R.A., El-Maghraby M.A. Effect of two brands of cell phone on germination rate and seedling of wheat (*Triticum aestivum*) // *J. Environ. Pollut. Hum. Health.* – 2014. – Vol. 2. – P. 85 – 90.
11. Karaca E., Durmaz B., Aktug H., Yildiz T., Guducu C., et al. The genotoxic effect of radiofrequency waves on mouse brain // *J. Neurooncol.* – 2012. – Vol. 106(1). – P. 53 - 58. doi: 10.1007/s11060-011-0644-z.
12. Khan M.D., Ali S., Azizullah A., Shuijin Z. Use of various biomarkers to explore the effects of GSM and GSM-like radiations on flowering plants // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* – 2018. – Vol. 25(25). – P. 24611 - 24628. doi: 10.1007/s11356-018-2734-3.
13. Morgan L.L., Miller A.B., Sasco A., Davis D.L. Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A)

(review) // Int. J. Oncol. – 2015. – Vol. 46(5). – P. 1865 - 1871. doi: 10.3892/ijo.2015.2908.

14. Roux D., Vian A., Girard S., Bonnet P., Paladian F., Davies E., Ledoigt G. High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato // *Planta*. – 2008. – Vol. 227(4). – P. 883 - 891.

15. Singh H.P., Sharma V.P., Batish D.R., Kohli R.K. Cell phone electromagnetic field radiations affect rhizogenesis through impairment of biochemical processes // *Environ. Monit. Assess.* – 2012. – Vol. 184(4). – P. 1813 - 1821. doi: 10.1007/s10661-011-2080-0.

16. Sharma V.P., Singh H.P., Kohli R.K., Batish D.R. Mobile phone radiation inhibits *Vigna radiata* (mung bean) root growth by inducing oxidative stress // *Sci. Total Environ.* – 2009. – Vol. 407(21). – P. 5543 - 5547. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.07.006.

17. Taj G., Agarwal P., Grant M., Kumar A. MAPK machinery in plants: Recognition and response to different stresses through multiple signal transduction pathways // *Plant Signal. Behav.* – 2010. – Vol. 5(11). – P. 1370 - 1378. doi: 10.4161/psb.5.11.13020.

18. Tkalec M., Malaric K., Pevalek-Kozlina B. Influence of 400, 900, and 1900 MHz electromagnetic fields on *Lemna minor* growth and peroxidase activity // *Bioelectromagnetics*. – 2005. – Vol. 26(3). – P. 185 - 193.

19. Tkalec M., Malaric K., Pevalek-Kozlina B. Exposure to radiofrequency radiation induces oxidative stress in duckweed *Lemna minor* L. // *Sci. Total. Environ.* – 2007. – Vol. 388(1-3). – P. 78 - 89.

20. Vian A., Davies E., Gendraud M., Bonnet P. Plant Responses to High Frequency Electromagnetic Fields // *Biomed. Res. Int.* – 2016. – Vol. 2016:1830262. doi: 10.1155/2016/1830262.

21. Vian A., Faure C., Girard S., Davies E., Halle F., Bonnet P., Ledoigt G., Paladian F. Plants Respond to GSM-Like Radiation // *Plant Signal. Behav.* – 2007. – Vol. 2(6). – P. 522 - 524.

Abstract.

Introduction. Radio waves from mobile phones affect the living cell functions, which is a danger to the health of users. The paper explored the possibility of using the Ultimate EMF Detector software for Android mobile phones and phytotest of growth seedlings to establish a safe distance between the consumer and the mobile phone in the standby mode.

Results and Discussion. The Ultimate EMF Detector software and the KKMoon GM 3120 portable electromagnetic field tester detected a dangerous level of radio waves only in the vicinity of the cellphone being tested. Already at a distance of 25 cm from the device, the program registered only the Earth's natural geomagnetic field. Whereas, the analysis of the growth parameters of the roots and epicotyls of barley seedlings with a germination mode of 12 hours light / 12 hours dark showed a statistically significant biological effect of radiation from a mobile phone even at a distance of 2.0 m from the device. The detected growth response was dependent on the distance from the mobile phone and was sinusoidal in nature, which suggests the possibility of the electromagnetic waves resonance from the mobile phone. The dependence of the growth response of model plants on the presence of visible light, revealed in the course of the study, demonstrates the regulatory rather than traumatic influence of radiation from a mobile phone on the development of barley seedlings.

Conclusions. In general, it has been shown that monitoring devices do not allow the safe distance between the mobile phone in the standby mode and the user to be detected, since they do not detect biological effective levels of radio wave radiation, which can cause unintended effects on human health during long-term uncontrolled influences.

Key words: radio waves, mobile phone, safety, biological effects, growth phyttest.

References:

1. Sun radiation, [online]. Available at: <http://geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000101/st024.shtml>.
2. Balmori, A. (2009). Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. *Pathophysiology*. 16(2-3), pp. 191-199.
3. Beaubois, E., Girard, S., Lallechere, S., Davies, E., Paladian, F., Bonnet, P., Ledoigt G., Vian A. (2007). Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato. *Plant Cell Environ*. 30(7), pp. 834-844.
4. Belpomme, D., Hardell, L., Belyaev, I., Burgio, E., Carpenter, D.O. (2018). Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective. *Environ Pollut*. 242(Pt A), pp. 643-658.
5. Belyaev, I., Dean, A., Eger, H., Hubmann, G., Jandrisovits, R., et al. (2016). EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev. Environ. Health*. 31(3), pp. 363-397.
6. Do radio waves from the Sun reach Earth?, [online]. Available at: <https://physics.stackexchange.com/questions/268125/do-radio-waves-from-the-sun-reach-earth>.
7. Friedman, J., Kraus, S., Hauptman, Y., Schiff, Y., Seger, R. (2007). Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem. J*. 405(3), pp. 559-568.
8. Halgamuge, M.N. (2017). Review: Weak radiofrequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants. *Electromagn. Biol. Med*. 36(2), pp. 213-235.
9. Halgamuge, M.N., Yak, S.K., Eberhardt, J.L. (2015). Reduced growth of soybean seedlings after exposure to weak microwave radiation from GSM 900 mobile phone and base station. *Bioelectromagnetics*. 36(2), pp. 87-95.

10. Hussein, R.A. and El-Maghraby, M.A. (2014). Effect of two brands of cell phone on germination rate and seedling of wheat (*Triticum aestivum*). *J. Environ. Pollut. Hum. Health.* 2, pp. 85–90.
11. Karaca, E., Durmaz, B., Aktug, H., Yildiz, T., Guducu, C., et al. (2012). The genotoxic effect of radiofrequency waves on mouse brain. *J. Neurooncol.* 106(1), pp. 53-58.
12. Khan, M.D., Ali, S., Azizullah, A., Shuijin, Z. (2018). Use of various biomarkers to explore the effects of GSM and GSM-like radiations on flowering plants. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 25(25), pp. 24611-24628.
13. Morgan, L.L., Miller, A.B., Sasco, A., Davis, D.L. (2015). Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (review). *Int. J. Oncol.* 46(5), pp. 1865-1871.
14. Roux, D., Vian, A., Girard, S., Bonnet, P., Paladian, F., Davies, E., Ledoigt, G. (2008). High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. *Planta.* 227(4), pp. 883-891.
15. Singh, H.P., Sharma, V.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. Cell phone electromagnetic field radiations affect rhizogenesis through impairment of biochemical processes. *Environ. Monit. Assess.* 184(4), pp. 1813-1821.
16. Sharma, V.P., Singh, H.P., Kohli, R.K., Batish, D.R. (2009). Mobile phone radiation inhibits *Vigna radiata* (mung bean) root growth by inducing oxidative stress. *Sci. Total Environ.* 407(21), pp. 5543-5547.
17. Taj, G., Agarwal, P., Grant, M., Kumar, A. (2010). MAPK machinery in plants: Recognition and response to different stresses through multiple signal transduction pathways. *Plant Signal. Behav.* 5(11), pp. 1370–1378.
18. Tkalec, M., Malaric, K., Pevalek-Kozlina, B. (2005). Influence of 400, 900, and 1900 MHz electromagnetic fields on *Lemna minor* growth and peroxidase activity. *Bioelectromagnetics.* 26(3), pp. 185-193.
19. Tkalec, M., Malaric, K., Pevalek-Kozlina, B. (2007). Exposure to radiofrequency radiation induces oxidative stress in duckweed *Lemna minor* L. *Sci. Total. Environ.* 388(1-3), pp. 78-89.
20. Vian, A., Davies, E., Gendraud, M., Bonnet, P. (2016). Plant Responses to High Frequency Electromagnetic Fields. *Biomed. Res. Int.* 2016:1830262.
21. Vian, A., Faure, C., Girard, S., Davies, E., Halle, F., Bonnet, P., Ledoigt, G., Paladian, F. (2007). Plants Respond to GSM-Like Radiation. *Plant Signal. Behav.* 2(6), pp. 522-524.

Стаття відправлена: 05.03.2020.

© Кундельчук О.П.,
Гіньковська А.С.,
Семенюк С.К.,
Акімова М.О.