

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА МОЛОЧНОКИСЛІ БАКТЕРІЇ

П.П. ЛОШИЦЬКИЙ¹, Л.О. КОСОГОЛОВА², Я.В. ДЕМ'ЯНОВА²,
К.М. ЯБЛОНСЬКА²

¹Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

²Національний авіаційний університет, м. Київ

*Досліджено вплив електромагнітного випромінювання на швидкість росту молочнокислих бактерій роду *Bifidobacterium*. Виявлено збільшення питомої швидкості росту бактерій на 50–60 % під впливом електромагнітного випромінювання. Оптимальними умовами для отримання біологічних ефектів дії електромагнітного випромінювання є обробка бактерій не більше 20 хв.*

Ключові слова: *Bifidobacterium*, електромагнітне випромінювання, біопрепарати, частота випромінювання, молочнокислі бактерії.

На сьогодні існує широкий спектр препаратів-пробіотиків на основі монокультур мікроорганізмів (біфідумбактерин, лактобактерин, бактисубтіл, бактолакт, діалакт та ін.), які не дозволяють вирішити проблему корекції дисбіотичних станів внаслідок обмеженої антагоністичної активності штамів, що використовуються [1, 2]. Тому, актуальним і перспективним напрямком удосконалення існуючих пробіотиків є створення комплексних біопрепаратів, що включають бактеріальні культури різних таксономічних груп, які взаємодоповнюються як за спектром антагоністичної дії, так і за механізмами впливу на біотоп мікроорганізм в цілому [3].

Створення багатокомпонентних пробіотиків ставить перед біотехнологами низку завдань на всіх етапах технологічного процесу, починаючи з першого

етапу відбору штамів та розробки найбільш оптимальних умов та параметрів для їх глибинного культивування.

Необхідним етапом для продуктивного культивування перш за все є комплекс фізичних і фізико-хімічних факторів, які забезпечують створення оптимальних умов для прискорення росту і збільшення біологічної активності штамів бактерій, скорочення термінів вирощування, збільшення виходу їх біомаси, підвищення коефіцієнту використання ними поживних компонентів середовища [1].

Довгий час вважали, що електромагнітні поля не надають будь-якого впливу на живі організми. До такого висновку приводили прості фізичні міркування: оскільки кванти енергії в цій області спектра значно менше середньої кінетичної енергії молекул ($h\nu \ll kT$), то поглинання електромагнітного поля в живих тканинах може бути пов'язаний лише з посиленням обертання молекул як цілого, тобто з перетворенням електромагнітної енергії в теплову, а поглинання енергії постійного або повільно змінного електричного і магнітного полів – з орієнтацією молекул.

Розрахунки показували, що яких-небудь значущих для мікроорганізму теплових ефектів електромагнітного поля можна очікувати тільки при досить високих інтенсивностях – порядку 10^2 В\м для надвисоких частот і до 10^6 В\м для інфранизьких, тобто при напруженості, яка набагато порядків перевищує значення напруженості природних електромагнітних полів біосфери. Що стосується біологічно значущого ефекту орієнтації молекул під дією постійних або повільно змінних полів, то такий ефект можливий, якщо енергія взаємодії поля з молекулою не менша середньої кінетичної енергії молекул.

Біологічні дослідження показали, що організми різних видів чутливі до постійного магнітного поля і електромагнітного поля різних частот за впливу енергії на десятки порядків нижче теоретично оціненої. Різні реакції мікроорганізмів на електромагнітне поле виникають при їх інтенсивності, яка в тисячі, сотні тисяч і навіть мільйони разів нижче, ніж це впливає з теоретичних уявлень про енергетичний характер біологічних ефектів

електромагнітного поля.

Біологічні ефекти дії електромагнітного поля вивчають, головним чином, на прикладі дуже вузьких діапазонів частот: вчені проводили дослідження дії мікрохвильових випромінювань крайньовисокочастотних та зверхвисокочастотних (КВЧ та СВЧ), а також зверхнизькочастотних та більш слабких випромінювань. Досить часто в експериментальних роботах розглядають дію лише магнітних полів (в основному це стосується випромінювань з частотами менше за 100 Гц) припускаючи, що електрична складова нездатна впливати на результат експерименту. Відомо, що магнітне поле, так само як і електричне, є формами прояву загального електромагнітного поля.

За найпростішою схемою дію електромагнітного поля на будь-які системи прийнято поділяти на інгібіторну та стимульовану.

Здатність електромагнітного поля інгібувати ріст та метаболічні процеси мікроорганізмів відома відносно давно. З невідомих причин досить часто слабкі електромагнітні поля (з частотами меншими за 500 Гц) порівняно із високочастотними (кіло- та гіга-) Гц випромінюваннями виявляються більш ефективними для пригнічення різних внутрішньоклітинних процесів. Однак властивість інгібувати розвиток мікроорганізмів мають усі типи електромагнітних полів: як відносно слабкі, майже статичні, електричні та магнітні поля, та більш енергомісткі випромінювання. Наприклад, ріст та виживання бактерій *E. coli*, *Leclercia adecarboxylata*, *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium acnes* та дріжджів *S. cerevisiae* значно пригнічується за дії як наднизькочастотного магнітного поля частотою 50 Гц, так і мікрохвильового випромінювання (7-12 ГГц). Вивчення динаміки росту мікроорганізмів у цих дослідженнях показало, що зниження життєздатності відбувається одразу з моменту дії електромагнітного поля.

Окрім прямих ефектів, викликаних впливом електромагнітних полів на живі системи, синергічна дія разом із негативними фізико-хімічними факторами, здатна посилювати летальні для організму наслідки впливу

останніх. Відомо, що статичні магнітні поля (енергетично дуже слабкі), які синхронно діють із хімічними мутагенами, призводять до збільшення мутантів у штаммах *E. coli* WP2 та *vrA trp⁻*.

Поряд із наведеними вище прикладами інгібіторного характеру дії надтослабких магнітних полів, є приклади й стимулювання певних процесів життєдіяльності мікроорганізмів під впливом полів даного діапазону. Наприклад, постійне магнітне поле низької інтенсивності (0,1–1 мТл) виявилось здатним стимулювати ріст та метаболізм бактерій *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus albus* і *Aspergillus niger* при культивуванні як на твердих, так і в рідких поживних середовищах [1]. Так само, й вплив магнітного поля високої інтенсивності (1–7 Тл) на культуру різних мікроорганізмів призводив до збільшення кількості живих клітин у стаціонарній фазі росту у 3–5 разів. Відомі приклади й активування кислотоутворювальної властивості у різних штамів лактобацил (*L. acidophilum*, *L. helveticum* та *L. acidophilum* і *L. mazuni*) під дією магнітного поля частотою 1 Гц та 10 Гц протягом 30–120 хв. Найбільш чутливими до дії магнітного поля виявилися експоненційна та ще більше стаціонарна фази росту [4].

Низькочастотні пульсуючі електромагнітні поля (з частотами близько 100 - 1000 кГц), так само здатні стимулювати фізіолого-біохімічні процеси у дріжджах та підвищувати рівень дріжджової ферментації.

Стимулювання росту відмічено й за дії мікрохвильового випромінювання на прокаріотичні мікроорганізми – штами *Streptomyces xanthochromogenes* (під дією СВЧ-випромінювання) [5, 6], ціанобактерії *Spirulina platensis* [7, 8], *Bacillus subtilis* штам Д26 [9] та еукаріотичні мікроорганізми – дріжджі *S. cerevisiae* і *Saccharomyces carlsbergensis* під дією КВЧ-випромінювання [10–12].

В деяких роботах відмічено стимулювання певних фізіолого-біохімічних показників внаслідок впливу мікрохвильового випромінювання без збільшення швидкості росту та приросту біомаси, наприклад, збільшення синтезу білку *B.subtilis* штам Д26 [9], та посилення біolumінесценції морської бактерії *Photobacterium leiognathi* [13].

Незважаючи на цілу низку даних щодо інгібувальної та стимулювальної дії електромагнітних полів різних діапазонів частот, у значній кількості робіт не зафіксовано впливу досліджуваних полів. Наприклад, біоломінісценція *Vibrio fischeri* в слабкому (1.3 мТл) магнітному полі з частотою 60 Гц не перевищувала контрольну. Дія низькочастотного електромагнітного поля (50 і 80 Гц, 0.5–10.0 мТл, 10–30 хв.) не призводила до суттєвої зміни АТФ в клітинах *S. cerevisiae* H192. Не відмічено суттєвого впливу електромагнітного поля (900 МГц, 0.13 і 1.3 Вт/кг) на рівень мутацій гену CAN1, внутрішньохромосомних делецій і внутрішньогенних рекомбінацій у *S. cerevisiae* як у присутності, так і у відсутності генотоксичного агенту метилметасульфонату. Не виявлено впливу мікрохвильового випромінювання (40–43 ГГц, 0,5 і 50 мкВт/см²) на поділ клітин *S. cerevisiae* в експоненційній фазі.

Майже усі дослідники при вивченні біологічної дії електромагнітного поля стикаються з явищем, коли одні й ті ж самі поля здатні як інгібувати, так і стимулювати певні фізіолого-біохімічні процеси у мікроорганізмах. Вірогідно, що ефекти електромагнітного поля на біологічні об'єкти мають визначатися цілою низкою факторів біофізичної та біохімічної природи. У зв'язку з цим, велике значення для з'ясування шляхів та механізмів впливу електромагнітного поля на мікроорганізми матимуть дослідження, в яких буде використано декілька різних штамів, видів або ж родів мікроорганізмів.

Електромагнітні поля відносять до важливих екологічних факторів, що впливають на усі життєво важливі процеси в організмах. Вплив електромагнітних полів на біологічні системи відбувається як через зміни у метаболізмі, так і через зміни специфічної та неспецифічної реактивності мікроорганізмів [14, 15]. Однак питання про конкретні структури, які сприймають електромагнітні поля досі є відкритим [16].

Вважають, що іони кальцію відіграють одну з ключових ролей у посиленні електромагнітних сигналів, можливо, за рахунок висококооперативних конформаційних змін у зв'язуванні з поверхневими глікопротеїдами, а білкові молекули, які пронизують клітинну мембрану, утворюють "шляхи" для

передачі сигналів та енергії. Ще на початку досліджень біологічних ефектів дії слабких електромагнітних полів на прикладі еукаріотичного організму *Paramecium tetraurelia* було показано, що дія пульсуючого електромагнітного поля 72 Гц збільшує швидкість поділу клітин на 8,5 %, в той час як верапаміл, блокатор кальцієвих каналів, знімав ефект електромагнітного поля.

Ліпідні компоненти мембран є дуже лабільними та змінними в залежності від дії різнобічних факторів. Припускають [14, 15], що ліпідні плівки у біологічних мембранах за своєю фізичною структурою є рідкими кристалами і вплив електромагнітних полів на ці структури може викликати зсуви в мембранах та порушувати функції клітини в цілому. Не виключено, що під дією електромагнітного поля в першу чергу змінюється пружність вуглеводних ланцюгів жирних кислот.

Електромагнітне поле здатне впливати на конформацію мембранних та внутрішньо-клітинних білків, зменшуючи число можливих конформаційних підструктур білку у напрямку стану рівноваги, що може посилювати денатурацію. Однак у деяких роботах відмічено зростання активності білків-ферментів (наприклад, інулінази *Kluveromyces fragilis* на 23 % під впливом пульсуючого електромагнітного поля (94 Гц, 2 год.), та РНК-полімерази *E. coli* в присутності магнітного поля), що не відповідає денатуруючій дії електромагнітного поля, та слід зазначити, що у цих випадках паралельно відмічали й посилення транскрипції генів, які відповідають за синтез вказаних ферментів та збільшення рівня мРНК у клітинах. Слід зазначити, що при цьому активування функцій ферментів може бути пов'язане із збільшенням їхньої кількості у клітині, тобто бути не прямим, а опосередкованим наслідком активації транскрипційних процесів під дією електромагнітного поля.

Здатність магнітного поля впливати на протікання хімічних реакцій (магнітохімічні ефекти) вивчається вже більше 20-ти років. Вважають, що магнітохімічні ефекти виникають внаслідок змін у ефективності рекомбінації пар вільних радикалів у розчині і в активних центрах ферментів. Ціла низка ефектів електромагнітних полів на клітинні ферменти стосується впливу на

активність орнітиндекарбоксилази, К-АТФази, лінкінази, цитохром-С-оксидази, етаноламінаммонійліази та пероксидази. Не всі ензими є однаково чутливими до дії електромагнітних полів і ті з них, які мають у своєму складі Co, Fe, та інші іони металів зі змінною валентності виявляються більш чутливими до змін у рекомбінації пар нуклеотидів. Щонайменше дві біологічні ферментні системи (heme enzyme та Bi2-enzyme), здатні реагувати на вплив магнітного поля сильнішого за поле, яке генерується побутовими електроприладами.

Дослідження, щодо здатності електромагнітного поля проявляти вплив на молекулярному рівні фокусуються на вивченні експресії генів під дією електромагнітного поля і особливо на рівні транскрипції. Більша частина робіт, нажаль, проведена з використанням культур клітин людини або ж інших ссавців (мишей, кролів) і лише незначна кількість досліджень проведена на мікроорганізмах. Відмічено підсилення транскрипції в екстрактах клітин *E. coli*, що мають плазмиду з геном *gyrB* субодиниці ДНК-гірази в присутності синусоїдального магнітного поля (45 Гц, 1.1 мТл, 1–7 хв). На прикладі дріжджів сахароміцетів відмічено індукцію та репресію деяких генів (серед яких гени теплового шоку) у відповідь на опромінювання низькочастотним (50 Гц) електромагнітним полем. Виділяють декілька груп генів, які є найбільш важливими для формування клітинної відповіді на дію електромагнітного поля: стрес-індуковані гени, ранні гени і гени, чутливі до змін у концентрації кальцію, а також нові гени (novel genes).

На сьогодні зібрано доволі багато даних, які демонструють мутагенний характер дії електромагнітних полів: одно-ланцюгові (single-strand) розриви ДНК та збільшення хромосомних аберацій. Показано також значне пригнічення синтезу та репараційних процесів ДНК під дією слабких електромагнітних полів (100Гц та 50Гц, відповідно). Слід зазначити, що є дані щодо відсутності мутагенних ефектів дії електромагнітних полів, зокрема, мікрохвильового діапазону частот (900 МГц) на дріжджі *S. cerevisiae*.

Як правило дослідники спостерігають швидкоплинне стимулювання або пригнічення окремих процесів, що, можливо, є наслідком повернення до норми

звичайних гомеостатичних механізмів клітини. І хоча зміни на рівні транскрипції відбуваються – це не відображається одразу ж у звичайних фізіологічних процесах, таких як ріст та поділ клітин [17]. Тому досить часто прояв дії електромагнітних полів залишається непоміченим або ж завуальованим ефектами, що виникають за дії інших факторів, не врахованих у дослідженні.

Відомо, що електромагнітне випромінювання в міліметровому частотному діапазоні індукує утворення активних внутрішньоклітинних метаболітів, наслідки дії яких на бактеріальні клітини представляють теоретичний і практичний інтерес.

Метою роботи було дослідити вплив перемінного електромагнітного поля на молочнокислі бактерії роду *Bifidobacterium*. На теперішній час є важливим створення нових біопрепаратів для профілактики та лікування дисбіотичних порушень на основі *Bifidobacterium*.

Матеріали та методи досліджень. У експерименті використовували молочнокислі бактерії роду *Bifidobacterium*. Специфічність умов існування біфідобактерій загалом визначає їхні фізіологічні властивості. Біфідобактерії – строгі анаероби, іноді зустрічаються аеротолерантні форми. Мінімальна температура росту складає 25–28°C, максимальна – 43–45°C, оптимальна температура і рН для росту – 37–41°C та рН 6,5–7,0, хоча можуть розвиватися у діапазоні рН від 4,5–5,0 до 8,0–8,5. У виробництві лікувальних ферментованих напоїв та пробіотиків із біфідобактерій використовуються лише види, які характерні для нормальної мікрофлори людини та тварин, а саме, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. infantis*, *B. breve*, *B. adolescentis* і *B. animalis*, а з молочнокислих бактерій – представників родів *Lactobacillus* (*Lb. casei*, *Lb. acidophilus*, *Lb. cellobiosus*, *Lb. buchneri*) [18].

Із культури молочнокислих бактерій були приготовлені стандартні розведення та шляхом послідовного додавання 1 мл культури у стерильні пробірки з капустиним рідким поживним середовищем. Опромінення молочнокислих бактерій проводили на приладі МС – 92. Основні параметри

МС – 92: форма імпульсу – меандр, амплітуда імпульсу – 100 мТл, частота – 50 Гц; відстань опромінення 5 мм). Електромагнітне випромінювання проводили протягом 10, 15, 20, 25, 30 хв. Контрольні зразки знаходилися за таких же самих умов без опромінення. Контрольні та опромінені клітини молочнокислих бактерій інкубували при температурі 30 °С упродовж 24 год. Після цього визначали швидкість росту молочнокислих бактерій за показниками приросту біомаси на фотоелектроколориметрі КФК-3-0. Оптичну густину визначали при довжині хвилі 540 ± 10 нм у кюветі з довжиною оптичного шляху 10 мм.

Результати досліджень.

Виявилося, що ефективність дії перемінного електромагнітного випромінювання до певної міри збільшується з часом опромінювання культури молочнокислих бактерій до 20 хв, що позначається на зростанні питомої швидкості росту. Однак більш тривала обробка мікроорганізмів виявилася менш здатною до стимулювання ростових процесів. А тому крива залежності ефективності дії випромінювання від тривалості його дії має нелінійний вигляд із піком на 20-тій хв (рис. 1).

Також було досліджено кількісне визначення молочнокислих бактерій висівом на тверде капустиане поживне середовище. Із опромінених культур молочнокислих бактерій роду *Bifidobacterium* були приготовлені стандартні розведення 1:100; 1:1000; 1:10000; шляхом послідовного додавання 1 мл суспензії в 9 мл стерильної води. Потім висівали культури після приготування відповідних розведень популяцій у кількості по 0,1 мл методом Дригальського на дві паралельні чашки Петрі. Чашки Петрі з контрольними та опроміненими клітинами молочнокислих бактерій інкубували при температурі 30 °С протягом 24 год. Після цього проводили підрахунок колоній молочнокислих бактерій. Крива залежності ефективності дії випромінювання від тривалості його дії зображена на рис. 2.

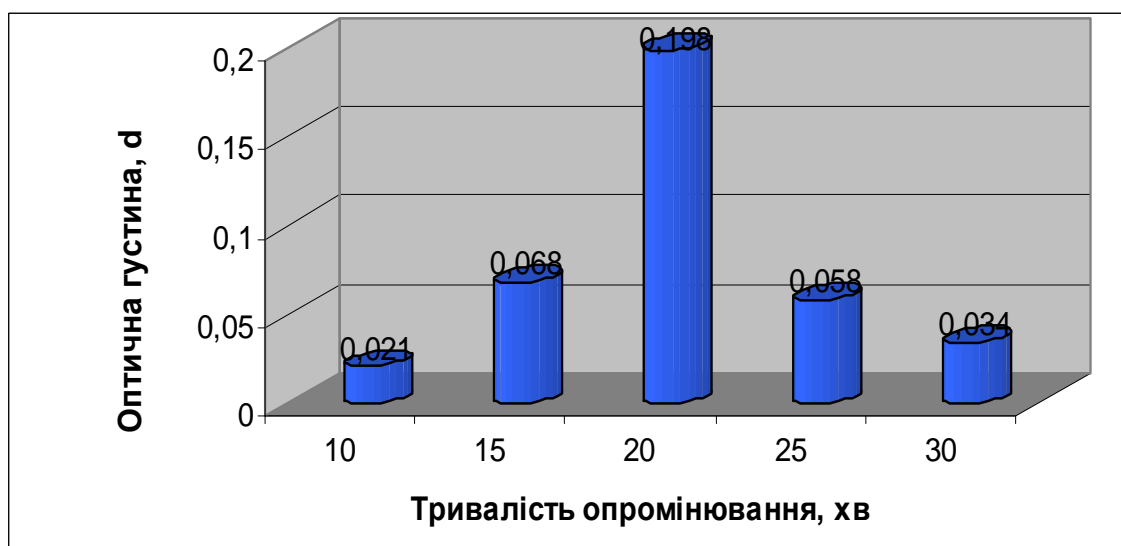


Рис. 1. Залежність питомої швидкості росту молочнокислих бактерій роду *Bifidobacterium* від тривалості опромінення

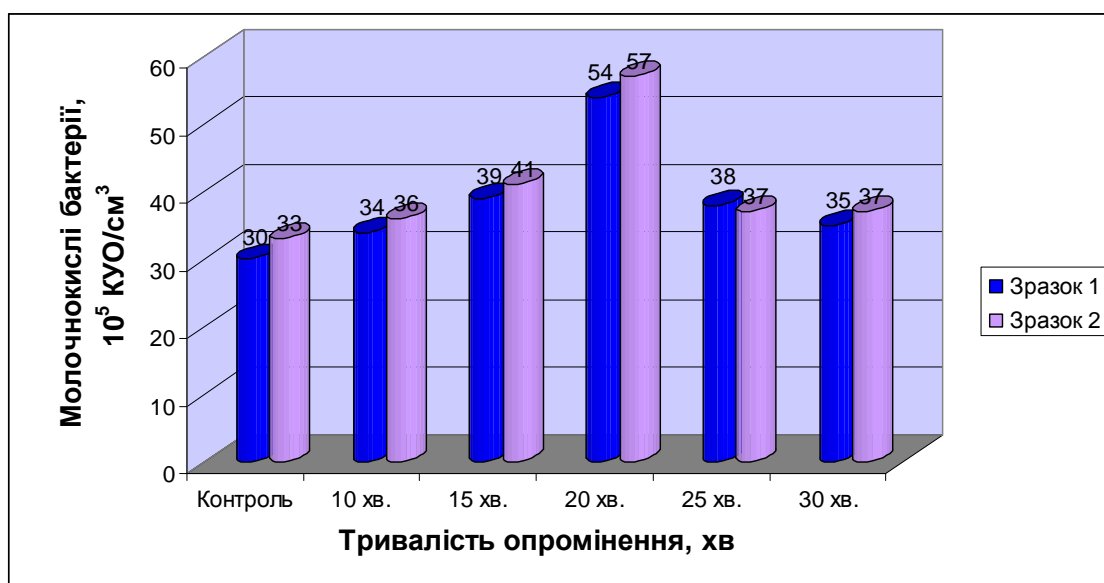


Рис. 2. Залежність питомої швидкості росту молочнокислих бактерій роду *Bifidobacterium* від тривалості опромінення

ВИСНОВКИ

Виявлено вплив електромагнітного випромінювання (частота вимірювання 50 Гц) на швидкість росту молочнокислих бактерій роду *Bifidobacterium*. Питома швидкість росту бактерій збільшувалась на 50–60% під впливом досліджуваного електромагнітного випромінювання, що супроводжується

змінами у тривалості ростових фаз та фаз клітинного циклу. Оптимальними умовами для отримання біологічних ефектів дії електромагнітного випромінювання є обробка клітин молочнокислих бактерій не більше 20 хв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Жерносєкова І. В. Мінливість продуцента літичних ферментів *Streptomyces recifensis* var. *lyticus* та його селекція : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.07 «Мікробіологія» / І. В. Жерносєкова – К., 2002. – 20 с.

2. Тодосійчук Т. С. Розробка технології гідролітичного ферментного препарату циторецифен: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 03.00.20 «Біотехнологія» / Т. С. Тодосійчук – К., 2000. – 25 с.

3. Induction, screening and identification of *Coniothyrium minitans* mutants with enhanced p-glucanase activity [Zantinge J. L., Huang H. C., Cheng K.-J. et al.] // *Enzyme and Microbial Technology*. – 2003. – 32, N 2. – P. 224–230.

4. Влияние магнитных полей на фазы роста и кислотообразующую способность молочно-кислых бактерий [Алавердян Ж. Р., Акопян Л. Г., Иарян Л. М., Айрапетян Е. Н.] // *Микробиология*. – 1996. – 65, № 2. – С. 241–244.

5. Влияние электромагнитных волн СВЧ-диапазона на некоторые виды актиномицетов [Лихачева А. А., Лукьянова А. А., Тамбиев А. Х., Зенова Г. М.] // *Пробл. экол. и физиол. микроорганизмов: к 110-летию проф. Успенского Е. Е.* Науч. конф. 21 дек., 1999. Москва МГУ. – М., 2000. – С. 70.

6. Воздействие СВЧ-излучения на клетки микроорганизмов и некоторые предположения о его механизме [Лихачева А. А., Лукьянова А. А., Зенова Г. М.] // *Матер. междунар. науч. конф. «Автотрофные микроорганизмы», посвящ. 75-летию акад. Кондратьевой Е. Н., Москва, 13-15 дек. 2000 г.* – М., 2000. – С. 115–116.

7. Кирикова Н. Н. Изменение фотосинтетической активности и транспорта ионов при взаимодействии цианобактерии *Spirulina platensis* с КВЧ-излучением

и присутствии селена [Н. Н. Кирикова, Е. Н. Маркарова] // Биомед. радиоэлектрон. – 2000. – № 4. – С. 47-53.

8. Изменение фотосинтеза, дыхания и транспорта ионов натрия в ответ на действие КВЧ-излучения разных длин волн [Тамбиев А. Х., Кирикова Н. Н., Маркарова Е. Н., Кольчугина И. Б.] // Биотехнология на рубеже двух тысячелетий: Материалы международной научной конференции, Саранск, 12-15 сент., 2001. – Саранск, 2001. – С. 257–258.

9. Влияние когерентного КВЧ-излучения нетепловой интенсивности на рост *Bacillus subtilis* [Крыницкая А. Ю., Астраханцева М. Н., Монахов А. П., Глазырина Ю. В. и др.] // Биомед. радиоэлектроника. – 2001. – №2. – С. 49–53.

10. Электромагнитная биотехнология [Бецкий О. В., Лебедева Н. Н.] // Биомед. технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 10–11. – С. 42–48.

11. Голант М. Б. О механизме синхронизации культуры дрожжевых клеток КВЧ-излучением [Голант М. Б., Кузнецов А. П., Божанова Т. П.] // Биофизика. – 1994. – 39, № 3. – С. 490–495.

12. Погорелов В. В. Чувствительность фазы G1 клеточного цикла дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* к электромагнитным волнам миллиметрового диапазона // [Укр. гос. ун-т пищев. технологий. – Киев, 1996. – 8 с. Укр. – Дер. в ГНТБ Украины 10.09.96., № 1796 – Ук. 96.

13. Дрокина Т. В. Действие миллиметровых электромагнитных волн на люминесценцию бактерий [Т. В. Дрокина, Л. Ю. Попова] // Биофизика. – 1998. – 43, № 3. – С. 522–525.

14. Влияние электромагнитных полей сантиметрового диапазона на клетки *Salmonella typhimurium* [Даниленко И. И., Мирутенко В. И., Ковальчук В. К. и др.] // Электронная обработка материалов. – 1985. – № 5 – С. 81–83.

15. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на клетки *Salmonella typhimurium* [Даниленко И. И., Мирутенко В. И., Сониль А. В. и др.] // Электронная обработка материалов. – 1985. – № 6. –

С. 55-57.

16. Геращенко С. И. Основы лечебного применения электромагнитных полей микроволнового диапазона / С. И. Геращенко. – К.: Радуга, 1997. – 223 с.

17. 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.

18. Мікробіологія молока та молочних продуктів / [Скибіцький В. Г., Власенко В. В., Власенко І. Г. та ін.]. – Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2007. – 512 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ

*П.П. ЛОШИЦКИЙ¹, Л.А. КОСОГОЛОВА², Я.В. ДЕМЬЯНОВА²,
К.Н. ЯБЛОНСКАЯ²*

¹*Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев*

²*Национальный авиационный университет, г. Киев*

*Исследовано влияние электромагнитного излучения на скорость роста молочнокислых бактерий рода *Vifidobacterium*. Выявлено увеличение удельной скоростью роста бактерий на 50–60 % под влиянием электромагнитного излучения. Оптимальными условиями для получения биологических эффектов воздействия электромагнитного излучения является обработка бактерий не более 20 мин.*

Ключевые слова: *Vifidobacterium*, электромагнитное излучение, биопрепараты, частота излучения, молочнокислые бактерии.

***EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION LACTIC ACID
BACTERIA***

*P.P. LOSHITSKIY¹, L.A. KOSOHOLOVA², Y.V. DEMYANOVA²,
K.M. YABLONSKA²*

¹National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”

²National Aviation University, Kyiv

The effect of electromagnetic radiation on the rate of growth of lactic acid bacteria of the genus Bifidobacterium. The increase of the specific growth rate of bacteria by 50–60 % under the influence of electromagnetic radiation. The optimum conditions for obtaining biological effects of electromagnetic radiation is the treatment of bacterial maximum of 20 minutes.

Keywords: *Bifidobacterium, electromagnetic radiation, biological products, the frequency of radiation, lactic acid bacteria.*