



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62415 (13) U  
(51) МПК  
G01N 33/569 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ПРОЦЕС ОЦІНКИ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

1

2

(21) u201101839

(22) 17.02.2011

(24) 25.08.2011

(46) 25.08.2011, Бюл.№ 16, 2011 р.

(72) ГРОМЗОВА ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА, ЩЕГО-  
ЛЕВА ТЕТЯНА ЮР'ЄВНА, ПІДГОРСЬКИЙ ВАЛЕН-  
ТИН СТЕПАНОВИЧ, ВОЙЧУК СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ,  
БРЮЗГІНОВА НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

(73) ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРУСОЛОГІЇ ІМ.  
Д.К. ЗАБОЛОТНОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ

(57) Процес оцінки дії електромагнітного випромінювання на біологічні об'єкти, який полягає у тому,

що проводять контроль стану гідратного оточення мембран та внутрішньоклітинних структур біологічних об'єктів, який **відрізняється** тим, що як біологічні об'єкти вибрано дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* УКМ Y-517, як підсилювач сигналу використовують біостимулятори відомого механізму дії, та завдяки вимірюванню у цих умовах комплексної діелектричної проникності методом мікрохвильової діелектрометрії отримують результат виміру дії у кількісних показниках електричного сигналу.

Корисна модель належить до галузі радіотехніки і може бути використана в радіотехнічних засобах різного призначення, зокрема у вимірювальній апаратурі для об'єктивізації та аналізу біологічної дії випромінювання від різних побутових приладів (комп'ютерів, мобільних телефонів, НВЧ-пічок тощо) та відповідно запобіганню виникнення більшості проблем, пов'язаних із дією електромагнітним випромінюванням (ЕМВ) на організм людини.

Проблема перевантаження оточуючого середовища антропогенним ЕМВ зростає разом із розвитком науково-технічного прогресу та впровадженням новітніх електротехнічних пристроїв. ЕМВ антропогенного походження, змінюючи природний електромагнітний фон, можуть призводити до виникнення цілого ряду порушень на клітинному, субклітинному та молекулярному рівнях, що проявляється у різних захворюваннях (ракові пухлини, лейкемія, дерматити, послаблення розумової діяльності тощо). Дослідження у цій сфері проводяться за декількома напрямками в залежності від частотних характеристик ЕМВ.

Ситуація, яка склалася у даному напрямку досліджень, значною мірою пов'язана з відсутністю біологічної системи-індикатора, адекватної до виявлення небезпечного впливу ЕМВ на організм. На сьогоднішній день стає зрозумілим, що багатоклітинні організми, за складності своєї будови, вірогідно, не здатні виконувати роль сенсорів ЕМВ, тому

увага вчених зосереджена на перспективах використання для створення біосенсорів окремих культур тканин людини чи найбільш вивчених видів мікроорганізмів.

Відомий "Способ определения уровня низкочастотного электромагнитного излучения средств электронно-вычислительной техники" (RU, заявка N94029824 от 02.08.94, кл. G01N21/00). Суть винаходу: за приймальної антени, фільтра і вимірювального приладу вимір рівня досліджуваної ЕМВ в смузі частот 5 Гц - 2 кГц здійснюють двічі: у першому випадку за відсутності фільтра, в другому випадку - при його наявності, а потім результат визначається за наведеними в тексті формулами. Однак цей процес не підходить для рішення заявлених задач, оскільки він належить до технічних методів, і не може безпосередньо свідчити про дію ЕМВ на біологічні об'єкти.

Відомий "Процес оцінки забруднення води методом мікрохвильової діелектрометрії" (пат. UA, № 19924, від 15.01.2007, кл. G01N33/00), який полягає у тому, що проводять контроль стану гідратного оточення мембран та внутрішньоклітинних структур водоростей. Оцінку здійснюють за станом водного режиму водоростей шляхом вимірювання комплексної діелектричної проникності методом мікрохвильової діелектрометрії. Але для вирішення заявленої задачі використання водоростей не підходить, тому що вони не є загальноприйнятою моделлю, яка здатна описувати поведінку еукаріо-

(13) U  
(11) 62415  
(19) UA

тичних клітин з відповідною екстраполяцією на інші біологічні об'єкти.

Цей спосіб може бути вибрано за найбільш близький аналог.

В основу корисної моделі поставлена задача розробити процес оцінки дії електромагнітного випромінювання на біологічні об'єкти шляхом контролю стану гідратного оточення мембран та внутрішньоклітинних структур дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* УКМ Y-517, як підсилювач сигналу використовують біостимулятори відомого механізму дії, далі проводять вимірювання у цих умовах комплексної діелектричної проникності методом мікрохвильової діелектрометрії, що дозволить розробити систему контролю за реакцією дріжджових клітин на фактори фізичної природи за допомогою метода мікрохвильової діелектрометрії в області дисперсії вільної води у міліметровому діапазоні радіохвиль, яка дозволяє в реальному часі, без пошкодження клітин, у мінімальному об'ємі проби швидко одержувати інформацію щодо загального біологічного стану дослідного організму, тобто дозволить отримати результат виміру дії у кількісних показниках електричного сигналу.

Реалізація даної корисної моделі вперше дозволить запропонувати сенсорну систему, що об'єктивно визначає біологічну дію електромагнітних випромінювань відеодисплейних терміналів і в подальшому може бути рекомендована для аналізу впливу випромінювання різних побутових приладів (мобільних телефонів, НВЧ-пічок, тощо).

Поставлена задача вирішується наступним чином.

Для об'єктивізації факту біологічної дії електромагнітного випромінювання з використанням мікрохвильової діелектрометрії використовують схему біосенсорної системи, що представлена на Фіг. 1. Вона складається з суспензії мікроорганізмів (дріжджів), що забезпечують вибірково сприйняття сигналу; посилювача сигналу завдяки речовинам, що стимулюють систему клітинної сигналізації та діелектрометра, що реєструє зміни у гідратному оточенні клітинних структур під впливом ЕМВ, перетворюючи їх у електричний сигнал.

Як елемент сенсорної системи було вибрано дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* штам УКМ Y-517 та *Schizosaccharomyces pombe* штам УКМ Y-94<sup>1</sup> із української колекції мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології НАНУ. На сьогоднішній день клітини дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та *Schizosaccharomyces pombe* завдяки своїм фізіологічно-біохімічним та молекулярно-генетичним особливостям є загальноприйнятими еукаріотичними мікроскопічними модельними організмами. Високий ступінь спорідненості внутрішньоклітинних процесів між цими організмами та клітинами вищих еукаріотів стимулює широке використання перших для виявлення, дослідження і описання різноманітних процесів в біологічних системах, як за нормальних умов існування, так і під дією різноманітних стресів.

Методом мікрохвильової діелектрометрії визначали стан біологічного об'єкта по зміні його водної компоненти (параметрів гідратного оточення клітин і внутрішньоклітинних структур). Мікрох-

вильова діелектрометрія - діелектрометрія в області дисперсії вільної води за допомогою електромагнітних хвиль міліметрового діапазону. У КВЧ-діапазоні при частоті випромінювання  $>10$  ГГц у змінному електромагнітному полі тільки молекули води встигають обертатися слідом за змінами поля (Щеголева Т.Ю., Колесников В.Г., Васильєва Е.В., Васильєв Ю.М., Алтухов А.Л. Применение миллиметрового диапазона радиоволн в медицине. - Харьков, ХИМБ: 2000 г.-233 С). Ця здатність характеризується діелектричною проникністю матеріалу:  $\epsilon'$  - показник поляризації,  $\epsilon'' \rightarrow \tan \delta = \epsilon''/\epsilon'$  - показник релаксаційних можливостей. Поєднання цього методу з гравіметриєю і рентгеноструктурним аналізом дозволило провести дослідження гідратного оточення макромолекул, яке складається з трьох типів зв'язаної води для білків і ДНК.

Отримані результати кількісно порівняні з даними Міжнародного банку білкових структур (Protein DATE BANK) [(Щеголева Т.Ю. Исследование диэлектрических характеристик биообъектов в миллиметровом диапазоне радиоволн. Монография. - Киев: Наукова думка, 1996.-187 с). Це дозволило довести той факт, що гідратне оточення макромолекули є реплікою її структури і відбиває зміни, які відбуваються при різних конформаційних переходах останньої. Таким чином, за конформаційними переходами макромолекул як вільних у розчині, так і для молекул води, які вбудовані в мембрани, клітинні структури, а також у тканини можна спостерігати по змінам гідратного оточення біоб'єкту. Такий підхід апробовано на біоб'єктах різних рівнів організації від макромолекул до клітин. На відміну від традиційних методів дослідження, що застосовуються у біології, цей радіофізичний метод дає можливість аналізувати регулюючі системи клітин в умовах неруйнівного контролю в реальному часі на підставі інтеграції явища діелектрометрії в області релаксації вільної води і традиційних біохімічних технологій (ПУ на корисну модель № 9844 "Пристрій для дослідження водного компонента біологічних об'єктів"). Аналіз проводився на прикладі комплексу аденілатциклазної системи (АЦС). Для оцінки стану клітин вибрано реакцію бета-рецепторного комплексу АЦС (який є ключовим при трансмембранній передачі сигналу) на вплив адреналіну.

Метод мікрохвильової діелектрометрії дозволяє спростити та прискорити обробку необхідного матеріалу та аналіз отриманих даних. Для вирішення задачі використано модифікований експериментальний апаратний комплекс для вимірювання показника поляризації та релаксаційних можливостей, який дозволяє проводити швидкі діелектрометричні виміри великої кількості проб (одна проба за 1-2 хвилини). Обсяг проби не перевищує 0,005 мл. Вимірювання діелектричної проникності проводили в діапазоні дисперсії вільної води на частоті 39,5 ГГц (довжина хвилі 7,6 мм). Фіксували зміни параметрів стоячої хвилі при внесенні зразків суспензії клітин у хвильовод приладу, а саме: зміщення мінімуму (AL) та ширину подвоєного мінімуму (DX) стоячої хвилі. За цими показниками обчислювали комплексну діелектричну проникність й давали оцінку стану

внутрішньоклітинної води в різних умовах дії біологічно активних агентів. Для спрощення аналізу даних проведено оптимізацію параметрів вимірювальної кювети, в результаті чого  $\Delta L \sim \epsilon'$ ,  $\Delta X \sim \epsilon''$ . Експериментальна похибка вимірів не перевищувала 3 % по дійсній і комплексній частині діелектричної проникності. Для відносних вимірів вона знаходиться в межах 1 %.

Зростання діелектричної проникності вказує на звільнення зв'язаної води (у більшості випадків на упорядкування системи). Зменшення діелектричної проникності означає зв'язування води в клітині. Відповідно, незмінність гідратного оточення говорить про те, що жоден з компонентів досліджуваного комплексу не бере участі в процесі, який аналізується при використанні вибраного біорегулятора.

Дріжджі вирощували на твердому поживному середовищі сушло-агарі у термостаті при температурі 28 °C до досягнення відповідних фаз росту: логарифмічної, уповільненого росту і стаціонарної. Біомасу змивали стерильною дистильованою водою чи ацетатним буфером (рН 5,1), фільтрували і доводили до робочої концентрації  $10^8$  кл/мл. Отриману суспензію у рівних кількостях вносили у скляні флакони об'ємом 20 мл та розміщували на певних відстанях навколо корпусу моніторів. Розташування об'єктів саме перед екраном обумовлено положенням користувача відносно монітора. Контрольні зразки знаходилися в умовах екранування електромагнітних випромінювань, у термостаті і в приміщенні без джерел антропогенних ЕМВ. Аналіз проб проводили через 0,5; 1, 3; 6 і 24 години. Оцінювали загальний вплив усіх фізичних факторів генерованих відеодисплейних терміналів (ВДТ).

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та *Schizosaccharomyces pombe* є чутливими до дії електромагнітних випромінювань радіохвильового та мікрохвильового діапазонів частот. Однак окрім чутливості до впливу досліджуваного фактора вони мають такі властивості, як стабільність при зберіганні та при проведенні чисельних досліджень, максимально можлива незалежність від таких фізичних параметрів як перемішування, рН, температура. Тому за фізіологічними показниками було оцінено придатність цих двох модельних мікроорганізмів виконувати роль біокатализаторів у біосенсорному пристрої.

В результаті було показано, що клітини *S.cerevisiae* порівняно з клітинами *S.pombe*, можуть бути використані у більш широкому діапазоні змін факторів зовнішнього середовища (наявність

поживних речовин, рН, температура), що гарантує досить високу стабільність клітин під час використання у біосенсорних приладах. Слід зауважити, що можливість використання суто водного середовища, без домішок, є досить важливим, адже, по-перше, спрощує сам процес проведення дослідження і, по-друге, мінімізує вплив додаткових фізико-хімічних факторів, які мають місце при наявності у середовищі вільних іонів. Тому з двох еукаріотичних модельних мікроорганізмів нами були відібрані для подальшого вивчення дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*.

#### Приклад 1.

Відомо, що у ряді випадків дія неіонізуючого електромагнітного випромінювання на організм виявляється в присутності іншого стресового фактора фізичної чи хімічної природи. Для виявлення можливих прихованих ефектів впливу ЕМВ на клітини дріжджів використали хімічний стрес (фунгіцидний антибіотик ністатин). За оптимальних для дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* умов зовнішнього середовища (температура, рН, тощо), дія ЕМВ генерованого ВДТ не виявляється за стандартними показниками ростових процесів такими, як швидкість росту, приріст біомаси, економічний та метаболічний коефіцієнти. Мікроскопіювання також не показало жодних відмінностей між опроміненими та контрольними зразками. В той же час вплив додаткового стресового фактору одразу після процедури опромінювання дозволяє побачити наслідки дії випромінювань генерованих ВДТ та визначити їх характер для даного мікроорганізму. У таблиці 1 наведено експериментально отримані дані, щодо життєздатності клітин *S.cerevisiae* у присутності ністатину після впливу випромінювання, генерованого монітором SAMTRON75E. Видно, що життєздатність клітин під дією антибіотика знаходиться у прямій залежності від відстані до дисплея. Максимум активності антибіотика і відповідно мінімум резистентності клітин спостерігалися при мінімальній (4 см) відстані від монітора. Через три години в контролі ністатин пригнічував ріст 70 % клітин, а в опромінених зразках - 96 %, 85 % і 75 % відповідно на відстані 4,40 і 250 см. Через 6 і 24 години ці показники знижувалися, що вказує на зростання стійкості клітин до дії зовнішніх стресових факторів фізико-хімічної природи. Окрім цього помітним є той факт, що залежність ефектів від відстані до монітора добре корелює із показником напруженості електричного поля генерованого ВДТ, який так само зменшується зі збільшенням відстані до генератора.

Таблиця 1

Тривалість експозиції, години	Відстань до монітора, см			Контроль *
	4	40	250	
0	-	-	-	28±9,9
3	4±2,8	14,8±6,7	25±9,9	28±9,9
6	12±1,2	42,5±5,3	40±2,2	55±7,3
24	29,2±9,7	22±4,2	45,5±3,5	25±9,9

Приведено середні значення ± стандартне відхилення (n>10)

\* Контрольні зразки знаходилися (1) за тих самих умов однак без джерел електромагнітного випромінювання, (2) поряд з джерелом випромінювання на відстанях, рівних з опромінюваними зразками, але екрановані металом, (3) в термостаті при 29 °С.

Таке саме пригнічення життєздатності клітин дріжджів було отримано при дослідженні біологічної дії випромінювань від інших моніторів з електронно-променевою трубкою Samsung SyncMaster755DFX і Proview Electronics.

Приклад 2.

Використання менш тривалої експозиції (протягом 30 і 60 хвилин), розташування зразків навколо корпусу монітора та одночасне екранування випромінювання оптичного діапазону, яке надхо-

дить від дисплея дозволило виявити нові закономірності щодо біологічної дії електромагнітного випромінювання радіочастотного та мікрохвильового діапазонів генерованого ВДТ. У таблиці 2 наведено дані, отримані при проведенні даного експерименту. Показано вплив електромагнітного випромінювання з різних сторін ВДТ (монітор SAMTRON75E) на життєздатність (у %) клітин *Saccharomyces cerevisiae* УКМ Y-517 в умовах хімічного стресу.

Таблиця 2

Тривалість експозиції, години	Розташування відносно корпусу монітора				Контроль *
	Фронтальна частина	Ліва сторона	Права сторона	Задня сторона	
0,5	17,5±3,7	11±2,1	11±3,0	0,4±0,1	29±12,2
1,0	8,3±5,4	27,9±5,7	11,7±5,9	1,7±0,8	30±11,5

Приведено середні значення ± стандартне відхилення (n>10)

\* Контрольні зразки знаходилися в іншій кімнаті за тих самих умов без джерел електромагнітного випромінювання.

Таким чином виявлено ті ж самі закономірності, що й у попередніх дослідках: часову залежність ефективності дії випромінювання (зменшення сили ефекту із зростанням тривалості експозиції) та кореляцію із показником напруженості електричного поля, генерованого ВДТ (максимальні ефекти в ділянках найвищої напруженості поля, тобто біля задньої стінки корпусу монітора).



Виходячи з цих прикладів, можливо дійти висновку, що електромагнітне випромінювання, генероване ВДТ, являє собою фактор, здатний підсилити дію хімічного стресу на живі організми, а дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* є зручним об'єктом, який дозволяє виявити біологічні ефекти ЕМВ, генеровані ВДТ, та оцінити характер такого впливу на збереження життєздатності організму.



Приклад 3.



Методом мікрохвильової діелектрометрії досліджено реакцію клітин *S.cerevisiae* не лише на дію антибіотика ністатину, але й на гормональну стимуляцію адреналіном.

Виявлено залежність ефекту від концентрації гормону, фази росту дріжджів і від температури

суспензії. На Фіг. 2 та 3 показано реакцію клітин дріжджів у логарифмічній та стаціонарній фазах росту на дію адреналіну в концентраціях:  $0,3 \cdot 10^{-3}$  мг/мл;  $0,009 \cdot 10^{-3}$  мг/мл;  $0,0045 \cdot 10^{-3}$  мг/мл;  $0,003 \cdot 10^{-3}$  мг/мл;  $0,001 \cdot 10^{-3}$  мг/мл, при температурі 18-20 °С і 25-28 °С.

На Фіг. 2 відображено зміну параметрів стоячої хвилі у хвилеводі відносно контролю при дослідженні методом мікрохвильової діелектрометрії клітин *S.cerevisiae* УКМ Y-517 (у логарифмічній фазі росту) в присутності різних концентрацій адреналіну: (1) -  $0,3 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (2) -  $0,009 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (3) -  $0,0045 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (4) -  $0,003 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (5) -  $0,001 \cdot 10^{-3}$  мг/мл. ( $\Delta L$  - ,  $\Delta X$  -  - в міліметрах).

На Фіг. 3 відображено зміну параметрів стоячої хвилі у хвилеводі відносно контролю при дослідженні методом мікрохвильової діелектрометрії клітин *S.cerevisiae* УКМ Y-517 (у стаціонарній фазі росту) в присутності різних концентрацій адреналіну: (1) -  $0,3 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (2) -  $0,009 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (3) -  $0,0045 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (4) -  $0,003 \cdot 10^{-3}$  мг/мл; (5) -  $0,001 \cdot 10^{-3}$  мг/мл. ( $\Delta L$  - ,  $\Delta X$  -  - в міліметрах).

Для експериментів з опроміненням була вибрана концентрація адреналіну 4,5 мкг/мл, як оптимальна для різних фаз росту й температури, та ністатин у концентрації 15 мкг/мл. Дріжджі розміщували навпроти екрану і лівої бічної стінки відеотерміналу на відстані 3 і 10 см (в зоні максимального випромінювання в діапазоні 60 кГц - 350 МГц). Вимірювання діелектрометричних показників клітин дріжджів проводили через 3 і 6 годин опромінення при температурі 28-30°C. Контрольні зразки перебували в екранованій камері. Результати представлені на Фіг. 4-6 наведені по відношенню до контролю, який не опромінювався і не оброблявся хімічними агентами. На Фіг. (Н) - дріжджі з додаванням ністатину 15 мкг/мл, (А) - дріжджі з додаванням адреналіну 4 мкг/мл, (Д) - дріжджі без добавок. ( $\Delta L$  - ,  $\Delta X$  -  - в міліметрах). Дані наведено з урахуванням неопроміненого контролю.

На Фіг. 4-6 добре видно, що показники  $\Delta L$  та  $\Delta X$  для опромінених дріжджів, які не були оброблені додатковими хімічними агентами, досить слабо відрізняються від контрольних зразків, що були захищені від впливу електромагнітних випромінювань генерованих ВДТ. Такий результат може вистікати з того що:

а - конформація внутрішньоклітинних макромолекул, оточених водним середовищем під впливом ЕМВ генерованих ВДТ, не змінюється (отже ефекти слід шукати серед гідрофобних молекул клітин);

б - не всі молекули реагують на дію ЕМВ даних частотних діапазонів конформаційними переходами і тому середні значення  $\Delta L$  та  $\Delta X$ , які ми визначаємо за діелектрометричними показниками, дуже слабо відрізняються від контролю;

в - певні макромолекули під дією даного фактора змінюють конформацію у бік упорядкування системи, в той час як інші - реагують навпаки і середній показник  $\Delta L$  та  $\Delta X$  в такому випадку буде в межах контролю.

Використання ністатину та адреналіну під час проведення діелектрометричних вимірювань дозволяє побачити значні відмінності між реакцією опромінених та контрольних клітин на дію цих хімічних агентів. Це доводить той факт, що принаймні молекулярні комплекси цитоплазматичних мембран, які є основними структурами у взаємодії з

даними хімічними речовинами, зазнають певних змін під впливом електромагнітних випромінювань генерованих ВДТ.

Слід зазначити, що при дослідженні клітин стаціонарної фази росту, опромінених перед екраном монітора протягом трьох годин (Фіг. 4), показники  $\Delta L$  та  $\Delta X$ , отримані для антибіотика, близькі до показників, характерних при дії гормону. В той час як в інших варіантах досліді (опромінювання перед бічною стінкою монітора) антибіотик та гормон мають дещо відмінний характер дії на мікроорганізм.

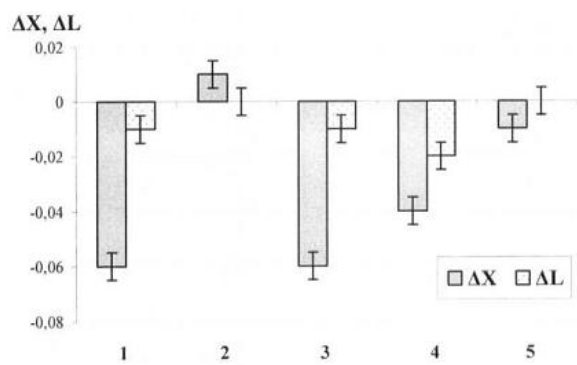
Таким чином, методом мікрохвильової діелектрометрії показано, що використання різних хімічних агентів, таких як ністатин та адреналін, може, по-перше, очевидно підсилити біологічну відповідь, яку формують клітини мікроорганізмів під дією фізичних факторів відеодисплейних терміналів і, по-друге, визначити які саме внутрішньоклітинні комплекси та структури задіяні у даному процесі. Порівняння результатів, отриманих за допомогою мікрохвильової діелектрометрії та у мікробіологічних дослідженнях, дозволить визначити характер дії випромінювань, генерованих комп'ютерними моніторами.

Виходячи з експериментально отриманих даних, оптимальна робота розробленої біосенсорної системи визначається лише фізіолого-біохімічною стабільністю самих мікроорганізмів за різних умов існування: так фаза росту мікроорганізму та склад водного середовища, в якому проводиться опромінювання організму, параметри експозиції та розташування відносно ВДТ можуть визначатися дослідником в залежності від поставленої задачі, в той час як температурний режим обмежений діапазоном 20-30 °C і кислотність середовища, в якому проводиться опромінювання, має бути в межах рН 2-6. Дотримання цих простих положень гарантує стабільно високу повторюваність результатів проведених вимірювань.

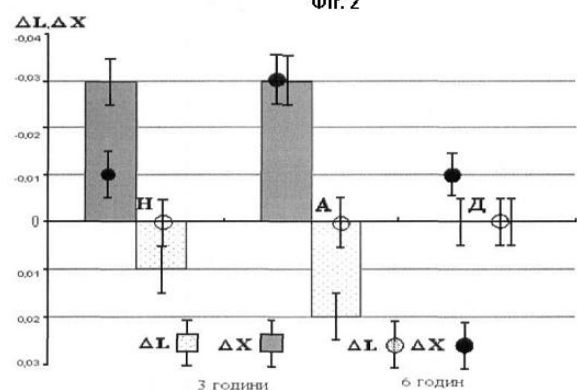
Запропонований процес оцінки може бути використаний як інструментальний метод експертної оцінки різних пристроїв, що призначені для захисту користувачів від негативного впливу випромінювань, генерованих відеодисплейними терміналами.



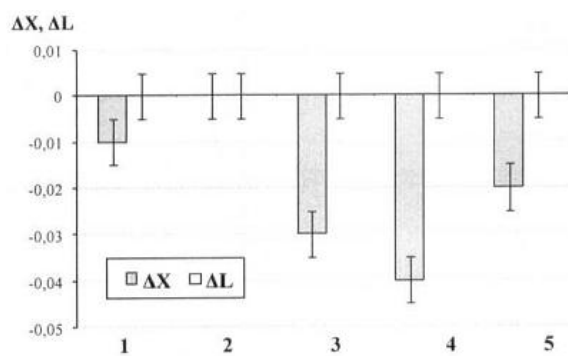
Фіг. 1



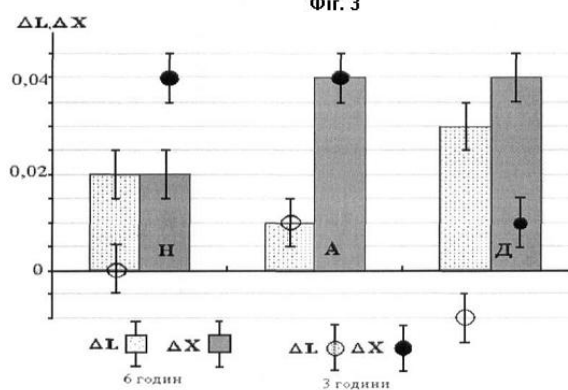
Фиг. 2



Фиг. 4



Фиг. 3



Фиг. 5