

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ШЛЯХІВ ТА МЕХАНІЗМІВ БІОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЖИВИЙ ОРГАНІЗМ

Червінський Л. С., Терновик В. М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Запропоновано і обґрунтовано шляхи та механізми дії фотонів оптичного випромінювання на біологічні об'єкти.

Постановка проблеми. Розвиток оптичних електротехнологій в сільському господарстві і, особливо останнім часом, в галузі тваринництва вимагає більш глибокого узагальнення результатів існуючих досліджень та уточнення механізмів дії оптичного випромінювання на живий організм тварин і птиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний аналіз наукових матеріалів по дослідженню взаємодії оптичного випромінювання з біологічними об'єктами дозволяє структурувати енергетичну дію оптичного випромінювання за схемою, наведеною нижче на рис.1.

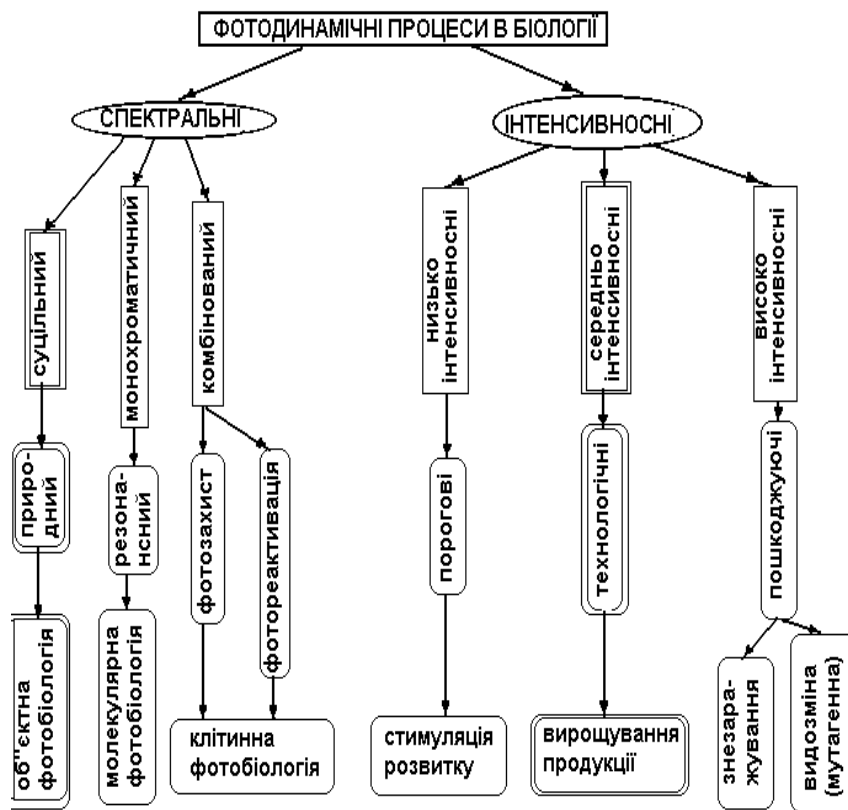


Рисунок 1 – Структурна блок-схема фотодинамічних процесів у біології та напрямків їх застосування

Спектральні фотопроцеси – це фотодинамічні процеси в біологічних системах, які мають виражену залежність від довжини хвилі (енергії фотону) оптичного випромінювання і характеризуються спектрами біологічної дії (об'єктна фотобіологія), або направленим впливом на біологічну структуру (молекулярна та клітинна фотобіологія). При цьому, в залежності від характеристик оптичного випромінювання проходить селективна або інтегральна взаємодія його із біологічними структурами, відповідно, на молекулярному, клітинному чи об'єктному рівнях.

Інтенсивнісні фотопроцеси – це фотодинамічні процеси в біологічних структурах, які мають чітко виражену залежність від інтенсивності потоку (поту-

жності) оптичного випромінювання і характеризуються спусковим ефектом біологічної реакції (стимулююча дія від випромінювання невеликої інтенсивності), необхідністю створення оптимальних умов для протікання фотобіологічної реакції (технологічні процеси, що визначають застосування оптичного випромінювання середньої інтенсивності в технологіях одержання біологічної продукції) та пошкоджуючою дією великих інтенсивностей в процесах знезаражування сільськогосподарських приміщень та мутагенного впливу на сільськогосподарську продукцію.

Мета статті. Метою статті є обґрунтування шляхів та механізмів дії фотонів оптичного випромінювання на біологічні об'єкти.

Основні матеріали дослідження. Систематизація фотодинамічних процесів, що проходять у біологічних об'єктах, важлива для вивчення механізму взаємодії енергії оптичного випромінювання із сприймаючими структурами біологічного об'єкту та пізнання шляхів підвищення ефективності опромінення

в тому чи іншому процесі проектування і побудови оптичних електротехнологій.

Структурна схему механізму біологічної дії різних ділянок спектру оптичного випромінювання на тваринний організм, яка приведена на рис.2.

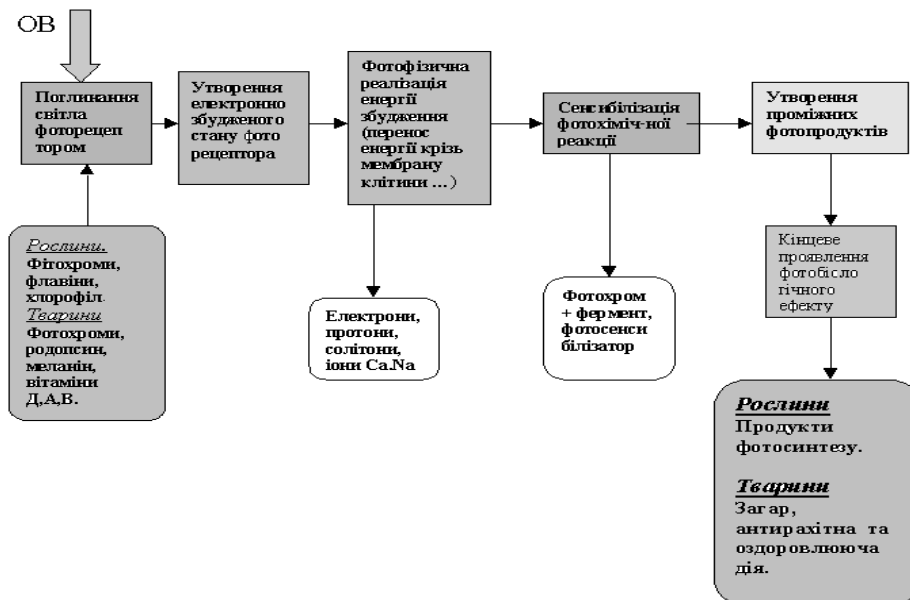


Рисунок 2 – Структурна схема механізму дії енергії оптичного випромінювання на живий організм

Встановлено, що первинним актом взаємодії енергії оптичного випромінювання, її біологічним об'єктом є акт поглинання фотону випромінювання відповідною молекулярною структурою – фоторецептором. Фоторецептори складаються із молекул селективно чутливих до випромінювання - пігментів. Пігменти перетворюють поглинуту ними енергію у вид, придатний для її подальшого транспортування і використання в хімічній реакції. Встановлені різноманітні форми передачі оптичної енергії і її використання організмами. Узагальнюючим є те, що в залежності від рівня самоорганізації організму (бактерії, вищі організми) до кінцевої прояви реакції організму на поглинуту енергію проходить більше проміжних реакцій використання цієї енергії.

Фоторецептори складаються із молекул-пігментів, селективно чутливих до випромінювання. Пігменти перетворюють поглинуту ними енергію у вид, придатний для її подальшого транспортування біологічним структурам і використання в хімічній реакції. Сучасною наукою визначені основні форми передачі і перетворення поглинутої енергії та її використання організмами. Загальним для них є те, що у залежності від рівня самоорганізації організму (бактерії, вищі організми, тощо) збільшується кількість проміжних реакцій перетворення цієї енергії до кінцевого прояву реакції організму.

Розглянемо фотобіологічну дію і її проявлення на організм сільськогосподарських тварин.

Біологічний вплив оптичного випромінювання проявляється коли промениста енергія поглинається крізь шкіру і волосяний покрив внутрішніми тканинами організму, а також сприймається зоровою і нервовою системами. (рис.3.).

Вплив світла зумовлений рефлекторним впливом його на центральну нервову систему через рецепторний апарат і зоровий аналізатор організму. В результаті в тканинах, органах і системах організму посилюються фізико-хімічні (особливо метаболічні) процеси.

Рефлекторно світлова енергія, особливо червоні і оранжеві промені, стимулюють функцію ендокринної системи (щитовидні, статеві залози, надниркові, гіпофіз) і центральної нервової системи [1,2].

Активність рефлекторної дії світла залежить від функціонального стану центральної нервової системи. Наприклад, чутливість шкіри тварин до ультрафіолетового випромінювання під впливом наркозу підвищується, а інтенсивність еритеми, навпаки, знижується. В свою чергу, периферичний вплив на рецепторний апарат оптичним випромінюванням приводить до зміни функціонального стану центральної нервової системи.

Тактильна чутливість шкіри під впливом оптичного випромінювання може підвищуватися, а больова знижуватися, що в значній мірі залежить від дози опроміненості.

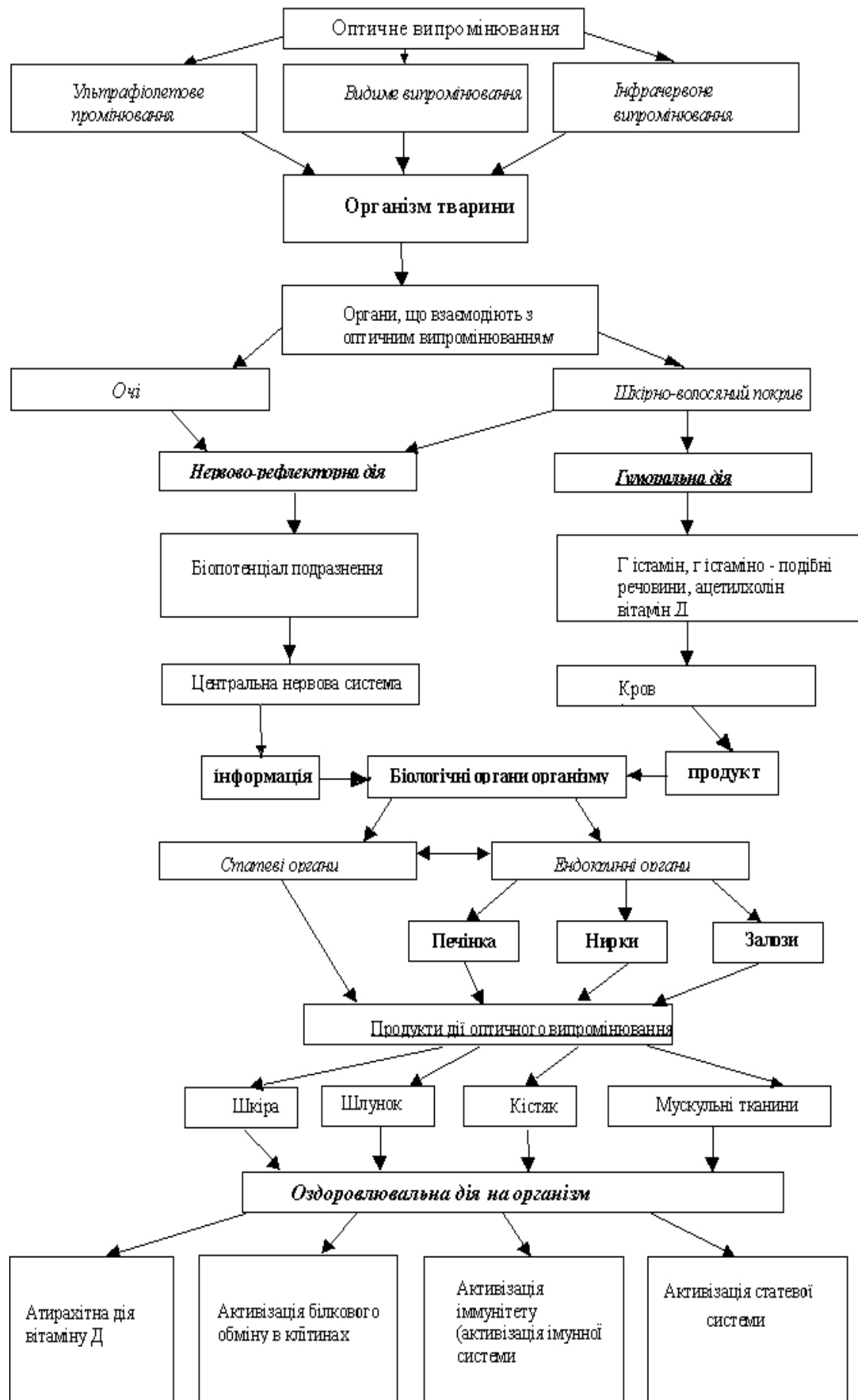


Рисунок 3 – Узагальнююча схема шляхів біологічної дії різних ділянок спектру оптичного випромінювання на тваринний організм

У той час як спектр білого світла благотивно впливає на рушійну і реактивну функцію центральної нервової системи, червоний промінь збуджує, а синій і зелений - мають заспокоїливу дію. Рівень молекулярного збудження біологічних тканин під впливом променистої енергії залежить від інтенсивності потоку і довжини хвилі випромінювання: інфрачервоне випромінювання збуджує обертальні і коливальні рухи атомів, іонів і молекул клітин, підвищуючи їх кінетичну енергію (не викликаючи при цьому істотних електрохімічних змін в них) і прискорює фізико-хімічні процеси в тканинах, а ультрафіолетове - викликає фотоелектричний і фотохімічний ефекти, пов'язані із збудженням електронних процесів і виникненням атомів і молекул, що знаходяться в електронно збудженому стані. Такі атоми і молекули мають більш високу окислювально-відновну активність.

Оптичне випромінювання позитивно впливає на функцію органів травлення, що, безумовно, пов'язано із змінами в загальному нейрогуморальному статусі організму.

Стимулюється білковий, вуглеводний і вітамінно-мінеральний обмін, особливо у молоді тварин і птиці. З підвищенням температури ділянки, що опромінюється, в тканинах посилюються фізико-хімічні процеси, відбувається подразнення рецепторів тканин і інтерорецепторів судинної мережі, збуджуються фізіологічні реакції загального і місцевого характеру, підвищується електропровідність і еластичні властивості тканин [3].

Помірне опромінення впливає беззаспокоїливий чином, а короткочасні інтенсивні дози посилюють больову реакцію організму.

Високий лікувальний ефект оптичного випромінювання відмічений при хворобах додаткових порожнин черепа (гайморит, фронтити), дихальної системи (ларингіт, бронхіти, пневмонії, плеврити), органів травлення (гіпотонія і атонія передшлунків жуйних тварин, зниження моторної і секреторної функції шлунка і кишечника, спастичні коліки, катаральний гастроентерит, токсична дистрофія печінки, обтурація жовчних ходів), системи видалення мочі, міоглобинуриї коней, ексудації і трансудації в серозні порожнини і тканини; при гематомах, лімфоекстравазатах, підгостро- і хронічно протікаючих запаленнях органів (крім очей), ревматичних і травматичних міозитах і інших хворобах.

Встановлено, що ефективність біологічної дії ультрафіолетового випромінювання неоднорідна і залежить від довжини хвилі, тобто енергії фотону. Довгохвильові УФ промені найбільш виражену дію мають на біохімічні процеси в білкових субстанціях протоплазми клітин, в той час як короткохвильові, володіючи більш високою квантовою енергією поглинаються в клітинному ядрі нуклеотидами [4,5].

УФ випромінювання середньохвильового спектру має більш виражену десенсибілізуючу, протизапальовальну і беззаспокоїливу дію.

Малі дози УФ-випромінювання діють сенсibiliзуючи (підвищуючи активність деяких реакцій), а великі, навпаки, десенсибілізують.

Механізм біологічних процесів, виникаючих під впливом УФ-випромінювання, складається з комплексу біофізичних, гуморальних і нервоворефлекторних реакцій, в основі яких лежить фотоелектричний ефект.

Гуморальний механізм дії ультрафіолетового випромінювання пов'язаний з денатурацією і коагуляцією білків, внаслідок чого утворюються фізіологічно високоактивні компоненти білкової природи (гістамін, біогенний амін, ацетилхолін). Під їх впливом гуморальний ефект доповнюється нервоворефлекторним. УФ-випромінювання в спектрі з довжинами хвиль 302 - 297 нм має здатність переводити провітамін D (7-дегідрохолестерин) шкіри у вітаміни D₂ і D₃, котрі виконують, як відомо, важливу роль в фосфорно-кальцієвому обміні.

При нестачі ультрафіолетового випромінювання порушуються фізіологічні функції органів і систем організму, виникає підвищена стомлюваність, загальне пригнічення, змінюється білковий спектр крові, знижується вуглеводний обмін, знижується імунологічна реактивність і резистентність організму, особливо до простудних і інфекційних хвороб, передусім у молоді.

УФ-промені з довжиною хвилі 250 - 280 нм мають виражену бактерицидну дію. Під їх впливом зменшується мікробне забруднення повітря, поліпшується мікроклімат в приміщеннях, відбувається іонізація повітря, утворення озону.

При цьому потрібно мати на увазі, що утворення оксидів азоту та озону під впливом короткохвильового УФ-випромінювання, робить необхідним примусову вентиляцію приміщень, в яких тривалий час застосовують УФ-джерела [6].

Інтенсивність бактерицидної дії УФ випромінювання залежить від багатьох чинників. Вегетативні форми бактерій гинуть швидше, ніж спорові. Різні види мікроорганізмів по-різному чутливі до випромінювання з різною довжиною хвилі.

Так, бактерія *E. coli* швидше гине при опроміненні з довжиною хвилі 234 нм, а *St. aureus* і *B. pyocyaneus* - при довжині хвилі 265 нм, *B. prodigius* - при 281 нм, згортання яєчного білка відбувається при 265 нм [7].

УФ-випромінювання руйнує також віруси, фаги, бактерійні токсини, зміну отруту і інш. З пониженням температури бактерицидність випромінювання падає, тому необхідно збільшувати інтенсивність або час опромінювання [8].

Суть бактерицидної дії, оптичного випромінювання проявляється в здатності денатуриувати і коагулювати білкові компоненти бактерій, вірусів, токсинів, фагів і т. п. Для загибелі (інактивації) бактерійної клітини потрібна велика кількість квантів випромінювання.

Так, для загибелі клітини *E. coli* потрібно 2 10⁶ квантів. Для інактивації ж однієї молекули трипсина досить 50 квантів. Загибель мікроорганізмів під дією УФ-випромінювання при цьому не залежить від розподілу енергії у часі, її інтенсивності, а залежить від сумарної поглиненої дози [9].

Встановлено, що попереднє опромінення шкіри ІЧ-випромінюванням посилює УФ-еритему, а вплив ним після УФ-опромінення гальмує прояву еритеми, оскільки при цьому посилюється кроволімфообіг і метаболізм в опромінених тканинах, що знижує концентрацію необхідних для цього гістохімічних речовин в них [10].

Вплив ультрафіолетового випромінювання посилюється, якщо шкіру змочити водою або піддати гальванізації, дарсонвалізації, впливу височастотних електромагнітних полів, грязе-, парафіно-, озокеритолікуванню і т. п. Реакцією шкіри у відповідь на опромінення є також її пігментація - (загар). Ефективність поглинутого випромінювання у тварин і птиці залежить від наявності в їх шкіряному покриві фото пігменту - меланіну.

Присутність в шкірі меланіну в декілька разів підвищує поглинальні властивості, відповідно зменшуючи її відбиваючу здатність [11].

Меланін утворюється в меланобластах і базальних клітинах шкіри.

Меланін має темне забарвлення внаслідок окислення безбарвного тірозіна ферментом допазою (тірозіназою), що міститься в меланобластах, ензиматична активність яких стимулюється ультрафіолетовим випромінюванням.

Посилення пігментації шкіри збільшує поглинаючу здатність поверхневого прошарку шкіри і зменшує її відбиваючі властивості. Поглинаючи переважно короткохвильову частину спектра оптичного випромінювання, меланін впливає значний чином на кількість і спектральний склад променистої енергії, проникаючої в глибокорозміщені від поверхні шкіри тканини.

Передозування УФ-опромінення, особливо у молоді, може викликати опіки шкіряного покриву і пошкодження незахищених очей (кон'юнктивіт, запалення рогівки, деяке ослаблення зору). При використанні великих доз від штучних джерел УФ-випромінювання, особливо на поголених і безволосій ділянках з ніжною шкірою іноді можуть виникати опіки.

Висновки. Узагальнюючи викладене, енергія фотонів оптичного випромінювання поступає в організм тварини через зорові рецептори або сприймаючі структури поверхні тіла (шкіряно-волосяний покрив) і спричиняє відповідно нервово-рефлекторну або гуморальну дію.

Продукти дії (інформаційний – через центральну нервову систему, гуморальний – через кровоносну систему) поступають в відповідні біологічні органи організму, де формуються біологічні продукти енергетичної дії оптичного випромінювання, за допомогою яких проявляється кінцева оздоровча дія оптичного випромінювання на тварину.

Список використаних джерел

1. Юрков В. М. Влияние света на резистентность и продуктивность животных / В. М. Юрков – М.: Росагропромиздат, 1991. – 192 с.

2. Бакшеев П. Д. Штучне опромінення тварин / П. Д. Бакшеев – К.: Урожай, 1980. – 78 с.

3. Клейтон Р. Фотосинтез / Р. Клейтон // Физические механизмы и химические модели. – М.: Мир, 1984. – 350 с.

4. Амбросимова Р. С. Влияние различных доз ультрафиолетового облучения на рост и минеральный обмен у ягнят: [кн.] / Р. С. Амбросимова, С. В. Буйволов // Использование ультрафиолетового излучения в животноводстве. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С.72-79.

5. Барабой В. А. Биологическое действие ультрафиолетовых лучей: [кн.] / В. А. Барабой // Успехи современной биологии. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Вып.3, Т. 53 – С.226-288.

6. Барсуков Н. А. К методике облучения животных ультрафиолетовыми лучами / Н. А. Барсуков // Ветеринария. – М.: 1957. - № 4.

7. Вестернхоф Х. Термодинамика и регуляция превращения свободной энергии в биосистемах / Х. Вестернхоф, К. Ван Дам. – М.: Мир, 1992. – 686 с.

8. Мельник І. Л. Ультрафіолетові промені в тваринництві // І. Л. Мельник – К.: Урожай, 1965. - 112 с.

9. Фотоника / Ред. Балкански М., Лалеман П. - М.: Мир, 1978. – 415 с.

10. Франк Г. М. Биофизика живой клетки: [изб. тр.] – М.: Наука, 1982. – 336 с.

11. Chervinsky L. S, Posudin Yu. I., Martynenko I. I., Shevchenko A. I., Kozhemiako YA. V. Spectroscopic quality evaluation of animals and agricultural products: матер. міжнар. конф. BIOS'98, (January 24-30, 1998). – San Jose, California, USA. [2333-45]

Аннотация

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПУТЕЙ И МЕХАНИЗМОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

Червинский Л. С., Терновик В. М.

Предложен и обгрунтовано пути и механизмы действия фотонов оптического излучения на биологические объекты.

Abstract

SYSTEMATIZATION PATHWAYS AND MECHANISMS OF BIOLOGICAL ACTION OF OPTICAL RADIATION ON A LIVING ORGANISM

L. Chervinsky, V. Ternovik

We propose ways and mechanisms of action of the photon radiation on biological objects.