

ЩОДО МЕХАНІЗМУ ПОГЛИНАННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ОРГАНІЗМІ ТВАРИНИ

Червінський Л. С., Терновик В. Я.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аналізується розподіл енергії оптичного випромінювання в товщі покриву тіла тварини. Приведено математичні залежності розподілу поглинутої енергії спектру оптичного випромінювання в структурних складових шкіряно-шерстинного покриву тварини.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності застосування оптичного випромінювання в галузях тваринництва і птахівництва вимагає з одного боку – визначення шляхів та механізму дії оптичного випромінювання на тваринний організм з метою розробки методологічних принципів його дозування, а з іншого – розробку технічних засобів, що дозволяють підвищити ефективність використання оптичного випромінювання в залежності від специфіки дії ділянок його спектру та джерел оптичного випромінювання.

Мета статті. Визначити математичні залежності проникання та розподілу енергії оптичного випромінювання в структурах поверхні тіла опромінюваної тварини.

Основні матеріали дослідження. Визначальним шляхом дії енергії оптичного випромінювання на тваринний організм є її поверхня: шкіряно-шерстинний покрив. Аналіз літератури по дослідженню будови шкіряного покриву сільськогосподарських тварин показав, що покрив умовно розділяють на поверхневий прошарок із зроговілих мертвих клітин – епідерміс та власне шкіру – коріум (або дерму) [1,2,4]. Взаємодію оптичного випромінювання із шкіряним покривом тварини можна продемонструвати схемою, приведеною на рис.1.

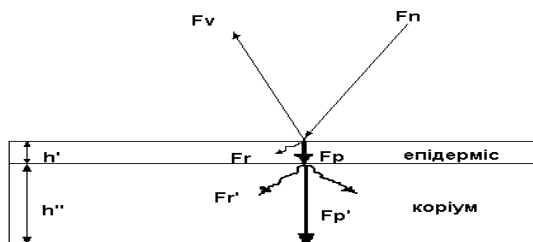


Рисунок 1 – Розподіл енергії падаючого оптичного випромінювання в товщі шкіряного покриву тварини

Із рис. 1 видно, що падаюче на поверхню тіла тварини оптичне випромінювання (F_n) частково відбивається зовні (F_v), частково проникає в шкіру (F_p). При проходженні в глибину шкіри потік випромінювання (F_p) розсіюється та поглинається в її структурних складових: в епідермісі (F_r) та коріумі (F_r').

Ефективно поглинається не все випромінювання. Тому можна записати:

$$F_p = F^e + F^r \quad (1)$$

де F_p – потік випромінювання, що пройшов у шкіряний покрив;

F^e – потік випромінювання, енергія фотонів якого спричинила необхідну ефективну дію в товщі покриву;

F^r – втрати потоку випромінювання в покриві на розсіювання.

Згідно із будовою поверхні тварини можна стверджувати, що потік падаючого випромінювання частково поглинається в епідермісі (F_e) частково в коріумі (власне шкірі) (F_k) і повністю поглинається підшкіряним прошарком (F_s).

Таким чином, можна записати.

$$F_n = F_v + F_e + F_k + F_s \quad (2)$$

де F_v – потік оптичного випромінювання відбитий поверхнею тварини;

$(F_e + F_k + F_s)$ – потік випромінювання поглинутий тілом тварини, відповідно:

F_e – потік випромінювання поглинутий епідермісом;

F_k – потік випромінювання поглинутий коріумом;

F_s – потік випромінювання поглинутий підшкіряним прошарком.

Враховуючи вираз 1 запишемо розподіл падаючої на поверхню тварини оптичної енергії як:

$$F_n = F_v + (F_e^e + F_e^r) + (F_k^e + F_k^r) + (F_s^e + F_s^r) \quad (3)$$

Оскільки невідомо, яка частина поглинутого випромінювання розсіюється на структурах покриву, а яка частина випромінювання поглинається і створює необхідний фотобіологічний ефект доцільно в вираз ввести коефіцієнт ефективності фотобіологічної дії поглинутого випромінювання k .

Тоді ефективно поглинутий організмом потік можна записати як:

$$F_n = F_v + k_e F_e + k_k F_k + k_s F_s \quad (4)$$

де k_e – коефіцієнт фотобіологічної ефективності випромінювання, поглинутого епідермісом шкіри, k_k – коефіцієнт фотобіологічної ефективності випромінювання, поглинутого власне шкірою (коріумом), k_s – коефіцієнт фотобіологічної ефективності випромінювання, поглинутого підшкіряним прошарком шкіри.

Згідно із законом поглинання Бугера – Ламберта - Бера потік поглинутий епідермісом визначається з виразу:

$$F_e = (F_n - F_v)(1 - e^{-\delta_1 h_1}) = F_1 \cdot (1 - e^{-\delta_1 h_1}) \quad (5)$$

де δ_1 – показник поглинання випромінювання молекулами в товщі епідермісу;

h_1 – товщина епідермісу, мм;

$F_1 = (F_n - F_v)$ – потік випромінювання, що поступає в епідерміс.

Потік оптичного випромінювання, що пройшов епідерміс та поступає у коріум запишеться як:

$$\begin{aligned} F_2 &= F_1 - F_1(1 - e^{-\delta_2 h_2}) = [(F_n - F_v) - (F_n - F_v)(1 - e^{-\delta_1 h_1})] = \\ &= F_1 - F_1 + F_1 e^{-\delta_1 h_1} = F_1 e^{-\delta_1 h_1} \end{aligned} \quad (6)$$

де δ_1 - показник поглинання випромінювання в товщі епідермісу;

h_1 – товщина епідермісу, мм.

Аналогічно записується потік випромінювання поглинутий в товщі власне шкіри (коріуму):

$$F_k = F_2(1 - e^{-\delta_2 h_2}) = F_1 e^{-\delta_1 h_1} (1 - e^{-\delta_2 h_2}) \quad (7)$$

Потік випромінювання, що доходить до підшкіряного прошарку визначається з виразу:

$$\begin{aligned} F_3 &= (F_n - F_v - F_e - F_k) = \\ &= \left\{ F_n - F_v - (F_n - F_v)(1 - e^{-\delta_1 h_1}) - [F_n - F_v - (F_n - F_v) \cdot e^{-\delta_1 h_1}] (1 - e^{-\delta_2 h_2}) \right\} \\ &= F_1 \cdot e^{-(\delta_1 h_1 + \delta_2 h_2)} \end{aligned} \quad (8)$$

Потік випромінювання, що поглинається в товщі підшкірного прошарку визначається як:

$$F_s = F_3(1 - e^{-\delta_3 h_3}) = F_1 \cdot e^{-(\delta_1 h_1 + \delta_2 h_2)} (1 - e^{-\delta_3 h_3}) \quad (9)$$

де δ_3 – показник поглинання оптичного випромінювання шаром підшкірної клітковини;

h_3 – товщина прошарку підшкірної клітковини/

Потік випромінювання ефективно поглинутого всім шкіряним покривом запишеться як

$$F = (F_n - F_v) [k_1(1 - e^{-\delta_1 h_1}) + k_2(1 - e^{-\delta_2 h_2}) e^{-\delta_1 h_1} + k_3(1 - e^{-\delta_3 h_3}) e^{-(\delta_1 h_1 + \delta_2 h_2)}] \quad (10)$$

де k_i – біологічна ефективність поглинутого випромінювання відповідним прошарком покриву.

Енергія фотонів поглинутого випромінювання, яка спричиняє біологічну дію при опромінюванні тварин оптичним випромінюванням складного спектрального складу, визначається з виразу:

$$W = \int \int \varphi(\lambda, t) \cdot k(\lambda) d\lambda dt \quad (11)$$

де $\varphi(\lambda, t)$ – спектральна інтенсивність потоку випромінювання від джерела;

$k(\lambda)$ – спектральна біологічна ефективність поглинутого випромінювання;

λ – довжина хвилі випромінювання;

t – час опромінювання.

Виходячи з виразу 11, визначаємо енергію випромінювання ефективно поглинуту в структурах шкіряного покриву, відповідно :

W_1 – енергія поглинута в прошарку епідермісу шкіри, товщиною h_1 :

$$W_1 = \int \int F_1(\lambda, t) \cdot (1 - e^{-\delta_1(\lambda)h_1}) d\lambda dt = \int \int \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot k_1(\lambda) (1 - e^{-\delta_1(\lambda)h_1}) d\lambda dt \quad (12)$$

W_2 – енергія випромінювання, поглинута прошарком власне шкіри (коріума), товщиною h_2 :

$$\begin{aligned} W_2 &= \int \int k_2(\lambda) \cdot F_2(\lambda, t) \cdot (1 - e^{-\delta_2(\lambda)h_2}) d\lambda dt = \\ &= \int \int k_2(\lambda) \cdot [\varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda))] \cdot (1 - e^{-\delta_2(\lambda)h_2}) \cdot e^{-\delta_1(\lambda)h_1} d\lambda dt \end{aligned} \quad (13)$$

де W_3 - енергія випромінювання поглинутого в підшкірних структурах:

$$W_3 = \int \int k_3(\lambda) \cdot [\varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) \cdot (1 - e^{-\delta_3(\lambda)h_3}) \cdot e^{-(\delta_1(\lambda)h_1 + \delta_2(\lambda)h_2)}] d\lambda dt \quad (14)$$

Таким чином, вирази 12, 13, 14 дозволяють визначити кількість енергії оптичного випромінювання, що поглинається кожною структурою шкіряного покриву тварини і приймає участь в конкретній фотобіологічній реакції з ефективністю $k_i(\lambda)$ (відповідно: в епідермісі - W_1 , коріумі - W_2 і підшкірному прошарку - W_3). Доцільно зауважити, що одержані вирази базуються на припущенні того, що молекулярні структури, сприймаючі фотони оптичного випромінювання, рівномірно розподіляються по товщині h кожного прошарку шкіри і показники поглинання δ залежать лише від довжини хвилі λ оптичного випромінювання.

Фактично, показники поглинання δ є функцією як довжини хвилі випромінювання, так і просторового розподілу (концентрації) сприймаючих молекулярних структур по товщині кожного прошарку шкіряного покриву тварини і тому загальний вигляд математичного виразу енергії оптичного випромінювання поглинутого і перетвореного прошарками шкіряного покриву тварини, з ефективністю перетворення $k(\lambda)$, запишеться дещо складніше:

- енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинута в епідермісі шкіри:

$$W_1 = \int \int \int k_1(\lambda) \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (1 - e^{-\delta_1(\lambda, h)h_1}) d\lambda dt dh \quad (15)$$

- енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинута в коріумі шкіри:

$$W_2 = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h k_2(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) d\lambda dt dh \quad (16)$$

- енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинута підшкірним прошарком

$$W_3 = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h k_3(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) \times (e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) \cdot (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3}) d\lambda dt dh \quad (17)$$

Виходячи з виразів 15, 16, 17 можна визначити загальну енергію оптичного випромінювання ефективно поглинута тілом тварини:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad (18)$$

або, розписуючи даний вираз

$$\begin{aligned} W &= \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h k_1(\lambda) \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (1 - e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) d\lambda dt dh + \\ &+ \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h k_2(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) \cdot (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) d\lambda dt dh + \\ &+ \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h k_3(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) \cdot (e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) \cdot (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3}) d\lambda dt dh = \\ &= \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h k_1(\lambda) \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (1 - e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) + k_2(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) \cdot (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) + \\ &+ k_3(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot (1 - \rho(\lambda)) \cdot (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) \cdot (e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) \cdot (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3}) d\lambda dt dh \quad (19) \end{aligned}$$

що в кінцевому вигляді записується:

$$W = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) \{ [k_1(\lambda) (1 - e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) + k_2(\lambda) (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) + k_3(\lambda) e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2} (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3})] d\lambda dt dh \quad (20)$$

де W - енергія оптичного випромінювання ефективно поглинута поверхнею тіла тварини за час опромінювання t ; $k_i(\lambda)$ - відносна спектральна ефективність оптичного випромінювання з довжиною хвилі λ в конкретному прошарку; $\varphi(\lambda, t)$ - спектральна інтенсивність потоку джерела оптичного випромінювання в процесі опромінювання; $\rho(\lambda)$ - спектральний коефіцієнт відбиття поверхні тіла тварини випромінювання з довжиною хвилі λ ; $h_1; h_2; h_3$ - товщини прошарків шкіри, відповідно: епідермісу, коріуму, підшкірного прошарку; $\delta_1(\lambda, h_1); \delta_2(\lambda, h_2); \delta_3(\lambda, h_3)$ - спектральні показники поглинання оптичного випромінювання з довжиною хвилі λ по товщі прошарку, відповідно: - епідермісу, коріуму та підшкірного прошарку.

По результатам морфологічних досліджень будови епідермісу [4] встановлено, що він складається із нашарувань плоских зневоднених клітин, які втратили можливість біологічного функціонування ("життєдіяльності") і поступово викидаються організмом зовні. Тобто епідерміс є прошарком із мертвих клітин і тому

говорити про біологічну активність поглинутого в ньому випромінювання немає сенсу. Реальним є визначення поглинутого в епідермісі випромінювання як розсіяного (втраченого). Виходячи із викладеного, вираз 20 переписується у вигляді:

$$W = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) [k_1(\lambda) (1 - e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) + k_2(\lambda) e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) + k_3(\lambda) e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2} (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3})] d\lambda dt dh \quad (21)$$

Проаналізуємо вираз 21 із міркувань визначення кількості затраченої енергії оптичного випромінювання на біологічну дію в організмі тварини. Для цього необхідно знати спектральні показники поглинання випромінювання в поглинаючих структурах шкіряного покриву $\delta(\lambda, h)$ і відповідні коефіцієнти біологічної ефективності поглинутого випромінювання $k(\lambda)$. Їх кількісні величини сучасною наукою ще не визначені.

Тому допустимими є наступні спрощення :

1. Випромінювання, поглинуте структурами шкіри і підшкірної клітковини спричиняє кількісно і якісно однакову біологічну дію, тобто, $k_2(\lambda) = k_3(\lambda)$. Тоді вираз 21 матиме вигляд:

$$\begin{aligned} W &= \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) [(1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) + e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2} (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3})] d\lambda dt dh = \\ &= \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) [1 - e^{-(\delta_2(\lambda, h_2)h_2 + \delta_3(\lambda, h_3)h_3)}] d\lambda dt dh \quad (22) \end{aligned}$$

2. Спектральні показники поглинання випромінювання в структурах шкіряного покриву $\delta_i(\lambda, h)$ однакові. Тоді вираз 22 матиме вигляд:

$$W = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) (e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}) [1 - e^{-(\delta_2(\lambda, h_2)h_2 + \delta_3(\lambda, h_3)h_3)}] d\lambda dt dh \quad (23)$$

або

$$W = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) [e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} - e^{-(\delta_2(\lambda, h_2)h_2 + \delta_3(\lambda, h_3)h_3)}] d\lambda dt dh \quad (24)$$

Відповідно до законів фотобіології, позначимо вираз $(e^{-\delta(\lambda, h)h})$ через $\tau(\lambda, h)$ - експоненціальний коефіцієнт пропускання, а $1 - e^{-\delta(\lambda, h)h}$ - через відповідний коефіцієнт поглинання $\alpha(\lambda, h)$ у виразах 23 і 24. Матимемо

$$W = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) [\tau_1(\lambda, h_1) \alpha_k(\lambda, h_{23})] d\lambda dt dh \quad (25)$$

$$W = \int_0^{\lambda} \int_0^t \int_0^h \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) [\tau_1(\lambda, h_1) - \tau_k(\lambda, h_{23})] d\lambda dt dh \quad (26)$$

Аналіз виразів 25 і 26 показує, що величина енергії оптичного випромінювання, затраченої на утворення продукту фотобіологічної реакції в товщі тіла опромінюваної тварини залежить від спектрального складу випромінювання джерела $\varphi(\lambda, t)$ в період

опромінення, ефективності фотобіологічної реакції $k(\lambda)$, спектрального коефіцієнту відбивання $\rho(\lambda)$ поверхневого покриву тварини і спектральних коефіцієнтів поглинання $\alpha(\lambda, h)$ та пропускання $\tau(\lambda, h)$ відповідних прошарків шкіри.

Висновки. Базуючись на енергетичних властивостях фотонів різних ділянок спектру оптичного випромінювання і результатах експериментальних досліджень світлопровідності шкіряного покриву різних тварин і птиці [3,5,6] можна стверджувати, що при визначенні енергетичної дії ультрафіолетового випромінювання доцільно користуватися виразом 25. Тому, що фотони ультрафіолетового випромінювання, маючи велику енергію, проникають на незначну глибину і поглинаються ближніми до поверхні структурами шкіри.

При визначенні енергетичної дії інфрачервоного випромінювання доцільно користуватися виразом 26. Тому, що фотони інфрачервоного випромінювання мають значно меншу енергію і проникають глибоко в підшкірні структури.

Слід зазначити, що при опроміненні тварин у виробничих умовах частина падаючого на поверхню потоку поглинається крізь поверхню шкіри між фолікулами шерстин, частина – проходить по самих шерстинях як по світлопроводах.

Таким чином, в організм тварини поступає сумарний потік енергії випромінювання:

$$W = \int_0^{\lambda_1} \int_0^{\lambda_2} \int_0^{\lambda_3} \alpha(\lambda, t)(1-\rho(\lambda)) \{k_2(\lambda)e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}(1-e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) + k_3(\lambda)e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}(1-e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3})\} + \Omega \frac{\alpha_a(\lambda)}{\alpha_t(\lambda)} \cdot [1 - e^{-\alpha_t(\lambda)l}] \} d\lambda dh dt, \quad (27)$$

де $\Omega \frac{\alpha_a(\lambda)}{\alpha_t(\lambda)} \cdot [1 - e^{-\alpha_t(\lambda)l}]$ - характеризує ефектив-

ність випромінювання, що надійшло під шкіру по шерстинках:

α_a - показник поглинання випромінювання шерстиною;

Ω -відносна густина шерсті.

Із врахуванням форми тіла та площі опромінюваної поверхні кількість енергії, поглинутої тілом тварини визначається як:

$$W = K_\phi S_{xy} \cos \beta \int_0^{\lambda_1} \int_0^{\lambda_2} \int_0^{\lambda_3} \alpha(\lambda, t)(1-\rho(\lambda)) \{k_2(\lambda)e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1}(1-e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) + k_3(\lambda)e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}(1-e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3})\} + \Omega \frac{\alpha_a(\lambda)}{\alpha_t(\lambda)} \cdot [1 - e^{-\alpha_t(\lambda)l}] \} d\lambda dh dt, \quad (28)$$

де $K_\phi S_{xy} \cos \beta$ - характеризує геометричні параметри тіла тварини;

$\varphi(\lambda, t)(1 - \rho(\lambda))$ - характеризує потік випромінювання, що падає на поверхню тварини;

$k_2(\lambda)(e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1})(1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}) +$

$+ k_3(\lambda)e^{-\delta_1(\lambda, h_1)h_1} \cdot e^{-\delta_2(\lambda, h_2)h_2}(1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3)h_3})$ -

характеризує ефективність випромінювання, поглинутого безпосередньо крізь шкіру;

$\Omega \frac{\alpha_a(\lambda)}{\alpha_t(\lambda)} \cdot [1 - e^{-\alpha_t(\lambda)l}]$ - характеризує ефективність

випромінювання, що надійшло під шкіру по шерстинках. Таким чином, вираз (28) дозволяє повністю характеризувати шляхи надходження енергії оптичного випромінювання в структури тіла тварини.

Список використаних джерел

1. Гистология / Ред. Елисеєв В. Г. – Медицина, 1972. – С.400-420.
2. Биология кожи и волосяного покрова домашних животных - М.: Наука, 1973. - 287с.
3. Бутов Г. П. Оптические свойства шерстного, перьевого и кожного покровов животных и птицы / Г. П. Бутов // Тр. Бел. СХИ "Автоматизация и электрификация сельскохозяйственного производства" – Горки, 1980. – Вып. 63. – С.68-72.
4. Калинин А. М. Шкіра тварин / А. М. Калинин – Харків: Держсільгоспвидав, 1933. – 70с.
5. Мартыненко И. И. Исследование световодных свойств щетины / И. И. Мартыненко, С. С. Шевель, Л. С. Червинский // Науч. тр. УСХА "Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных полесья и лесостепи УССР". – К., 1981. – С.63-66.
6. Шевель С. С. Действие ОИ на кожно-шерстный покров сельскохозяйственных животных / С. С. Шевель, Л. С. Червинский // В кн.: Механизмы и оценка эффективности действия оптического излучения на биологические системы. – Пушино: изд. АН СССР, 1985. – С.77-85.
7. Червінський Л. С. Оптичні технології в тваринництві / Л. С. Червінський – К.: Наукова думка, 2003. – 230 с.

Аннотация

К МЕХАНИЗМУ ПОГЛОЩЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНОГО

Червинский Л. С., Терновик Я. В.

Анализируется распределение энергии оптического излучения по толщине кожного покрова животного. Определены математические зависимости распределения поглощенной энергии разных участков спектра оптического излучения в структурных составляющих поверхности тела животного.

Abstract

ON THE MECHANISM OF ABSORPTION AND DISTRIBUTION OF OPTICAL RADIATION IN ANIMALS

L. Chervinsky, V. Ternovik

The energy distribution of optical radiation on width of dermal coveralls is analyzed. The mathematical relations of distribution of absorbed energy of segments of a spectrum of optical radiation in structural components of a skin are certain.