

Арнаута Н. В., Арнаута О. В.

УДК: 602.1:519.673:576.32/.36:615.387

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОЛІТНОГО БАЛАНСУ В КОНСЕРВОВАНІЙ КРОВІ ТВАРИН ЗА ЗБЕРІГАННЯ

Н. В. АРНАУТА, кандидат фізико-математичних наук

О. В. АРНАУТА, кандидат ветеринарних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: arnauta_nata@ukr.net, arnauta_alex@ukr.net

***Анотація** У цій роботі розглядається задача побудови математичної моделі електролітного балансу в консервованій крові на основі результатів експериментальної роботи. Важливим біохімічним показником, який відображає стан збереженості консервованої крові, є підтримка сталого градієнта концентрації електролітів між плазмою та форменими елементами. В консервованій крові при зберіганні відбувається порушення функції систем транспорту електролітів через мембрану внаслідок дефіциту забезпечення енергетичних потреб. Тому, дослідження електролітного балансу є необхідною умовою для визначення придатності до використання збереженої крові. Математична модель будь-якого процесу, у тому числі біохімічного, дозволяє отримати потрібну інформацію без проведення експерименту, часто зумовленого складністю протікання реальних процесів, високою вартістю експериментальних досліджень та відсутністю належних умов, коли з економічних міркувань доцільніше перенести їх на модель. Для побудови даної математичної моделі використовувалися елементи кореляційного зв'язку, а саме: побудова рівняння регресії, на основі якого проведено аналіз отриманих результатів.*

***Ключові слова:** математичне моделювання, електролітний баланс, , консервована кров*

Важливим біохімічним показником, який відображає стан збереженості консервованої крові, є підтримка сталого градієнта концентрації електролітів між плазмою та форменими елементами. В консервованій крові при зберіганні відбувається порушення функції систем транспорту електролітів через мембрану внаслідок дефіциту забезпечення енергетичних потреб. Тому, дослідження електролітного балансу, їх функціонального стану є необхідною умовою для визначення придатності до використання збереженої крові.

Актуальність. Математична модель будь-якого процесу, у тому числі біохімічного, дозволяє отримати потрібну інформацію без проведення

Арнауца Н. В., Арнауца О. В.

експерименту, часто зумовленого складністю протікання реальних процесів, високою вартістю експериментальних досліджень та відсутністю належних умов, коли з економічних міркувань доцільніше перенести їх на модель. Тому, побудова математичної моделі електролітного балансу консервованої крові тварин при зберіганні є актуальною, як з теоретичної так і практичної позиції [6, 7].

Мета досліджень – побудова математичної моделі електролітного балансу в консервованій крові тварин при зберіганні.

Матеріали і методи досліджень.

У цій роботі розглядається задача побудови математичної моделі електролітного балансу в консервованій крові на основі результатів експериментальної роботи. Для досліджень брались зразки крові молодняка великої рогатої худоби віком 10-12 місяців, з яких формувались дослідна та контрольна групи. Концентрацію електролітів визначали атомно-абсорбційним спектрофотометром ААС-30. Детально методика формування дослідної та контрольної групи зразків консервованої крові описана у попередніх публікаціях [2, 3].

Для побудови математичної моделі використовувалися елементи кореляційного зв'язку, а саме: побудова рівняння регресії, на основі якого проведено аналіз отриманих результатів. З математичного погляду кореляційна залежність – це функціональне співвідношення тільки між середніми значеннями досліджуваних ознак.

Залежно від форми зв'язку між факторною та результативною ознаками вибирають тип математичного рівняння. Аналізуючи дані експерименту, вибираємо прямолінійну форму зв'язку, яка визначається рівнянням прямої лінії

$$y = ax + b,$$

де: y – значення результативної ознаки, x – значення факторної ознаки, a , b – шукані параметри.

Арнауца Н. В., Арнауца О. В.

Лінійна функція дозволяє спростити процес математичної формалізації та забезпечення доволі ясної інтерпретації результатів моделювання взаємозв'язки між вихідними та вхідними величинами [4, 5, 6].

Параметри a і b лінійного рівняння регресії знаходимо методом найменших квадратів. Має виконуватися умова

$$\sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)^2 = \min,$$

з якої отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n y_i &= nb + a \sum_{i=1}^n x_i; \\ \sum_{i=1}^n y_i x_i &= b \sum_{i=1}^n x_i + a \sum_{i=1}^n x_i^2, \end{aligned} \quad (1)$$

де n – кількість спостережень.

Розв'язок системи (1) має вигляд:

$$\begin{aligned} a &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \\ b &= \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i - a_1 \sum_{i=1}^n x_i \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Результати досліджень та обговорення. В результаті проведеного експерименту отримали дані, які показані в таблиці 1.

1. Зміна катіонного складу досліджуваних зразків консервованої крові при зберіганні

Катіони	Доба зберігання						
	1	5	10	15	20	25	30
Калій	3.12	3.48	3.76	4.82	4.88	5.28	5.63
Натрій	1.23	1.22	1.13	1.09	1.03	0.99	0.94
Кальцій	1.53	1.51	1.47	1.44	1.38	1.24	1.17
Магній	0.63	0.66	0.71	0.91	0.97	1.05	1.12

Арнауца Н. В., Арнауца О. В.

Спочатку побудуємо рівняння регресії залежності кількості калію від часу. Обчислюємо суми, які входять у формули (1) – (2). Для зручності результати всіх обчислень розміщуємо у таблиці 2.

2. Вихідні та розрахункові дані для обчислення рівняння зв'язку між кількістю калію в консервованій крові тварин від терміну зберігання

	x_i	y_i	$x_i y_i$	x_i^2
	1	3,12	3,12	1
	5	3,48	17,40	25
	10	3,76	37,60	100
	15	4,82	72,30	225
	20	4,88	97,6	400
	25	5,28	132	625
	30	5,63	168,9	900
$\Sigma :$	106	30,67	528,92	2276

Система (1) для дослідження калію має вигляд

$$\begin{cases} 106b + 2276a = 528,92; \\ 7b + 106a = 30,67, \end{cases}$$

її розв'язок

$$a \approx 0,096, \quad b \approx 2,93,$$

тому рівняння лінійного зв'язку матимемо вигляд:

$$y_x = 0,096x + 2,93.$$

Аналогічно знаходимо рівняння регресії для дослідження кількості натрію, кальцію і магнію.

Для натрію отримали рівняння регресії:

$$y_x = -0,01x + 1,24.$$

Для кальцію отримали рівняння регресії

$$y_x = -0,013x + 1,58.$$

Для магнію отримали рівняння регресії:

$$y_x = 0,018x + 0,59.$$

Рівняння регресії використовують для прогнозування очікуваних рівнів результативних ознак при встановлених значеннях факторних ознак [1, 3]. Очікувані значення кількості калію, натрію, кальцію і магнію в консервованій крові, обчислені за допомогою рівняння зв'язку, будуть такі (табл. 3):

Арнау́та Н. В., Арнау́та О. В.

3. Очікувані значення катіонного складу досліджуваних зразків в консервованій крові тварин залежно від терміну зберігання

Катіони	Доба зберігання						
	1	5	10	15	20	25	30
Калій	3,03	3.41	3.80	4.40	4.85	5.30	5.80
Натрій	1.23	1.19	1.14	1.09	1.04	0.99	0.94
Кальцій	1.56	1.51	1.45	1.40	1.33	1.27	1.20
Магній	0.61	0.68	0.76	0.90	0.95	1.04	1.13

Порівнюючи експериментальні і очікувані дані ми бачимо, що побудовані лінійні рівняння дозволяють прогнозувати зміни, які відбуваються в даній біохімічній системі з великою ступеню вірогідності.

Список літератури

1. Антонов, Ю. Г. Моделирование биологических систем: Справочник / Ю.Г. Антонов – К.: Наук. думка, 1977. – 260 с.

2. Арнау́та, О. В. Вплив високих концентрацій вуглекислоти на рівень енергетичного обміну в клітинах консервованої крові тварин // Ветеринарна медицина України. – 2004. -№1. – С. 27 – 28.

3. Арнау́та, Н.В. Використання елементів статичного моделювання за побудови математичної моделі біохімічних процесів. [Електронний ресурс] / Н. В. Арнау́та, О. В. Арнау́та // Наукові доповіді НУБіП України. – 2016 – 7 (64). – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7733>

4. Вергунова, І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів / І. М. Вергунова–К.: «НОРА-ПРІНТ», 2000. – 145 с.

5. Горковий, В. К. Математична статистика / В. К. Горковий, В. В. Ярова. – К.: ВД «Професіонал», 2004, - 384 с.

6. Ермаков, С. М. Курс статического моделирования / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. – М.: «Наука», 1977. – 350 с.

7. Суліма, І. М. Вища математика. Теорія ймовірностей. Математична статистика. / І. М. Суліма, В. М. Яковенко. – К.: НАУ, 2004. – 238 с.

Reference

1. Antonov, Yu. G. (1977). Modelirovanie biologicheskikh sistem. Spravochnik [Modelirovanie of the biologicheskikh systems. Spravochnik]. Naukoova dumka, 260.

2. Arnauta, O.V. (2004). Vplyv vysokikh kontsentratsii vuhlekysloty na riven enerhetychnoho obminu v klitynakh konservovanoi krovi tvaryn. [Influence of high

Арнау́та Н. В., Арнау́та О. В.

concentration of carbon on level of energy metabolism in cells of preserved blood]. Veterinary medicine of Ukraine, №1, 27-28.

3. Arnauta, N.V., Arnauta, O.V. (2016). Vykorystannua elementiv statychnogo modelyuvannua pry pobudovi mftematychnoi modeli biohimichnyh protsesiv. Elektronne vydannia [Use of elements static modeling at construction of mathematical model of biochemical processes]. Scientific reports of NUDiP of Ukraine – 7 (64), Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7733>

4. Vergunova, I.M. (2000). Osnovy matematychnogo modelyuvannua dlya analizu ta prognozy agronomichnykh protsesiv [Bases of mathematical design are for an analysis and prognosis of agronomical processes]. Nora-Print, 145.

5. Gorkovyi, V.K., Yarova, V.V. (2004). Matamatychna ststistika [Mathematical statistics]. Profesional, 384.

6. Ermakov, S.M., Mihailov, G.A. (1977). Kurs statychnogo modelirovaniya. [Course of statychnogo modelirovaniya]. Moskov, Russia: Science, 350.

7. Sylima, I.M., Yakovenko, V.M. (2004). Vyshcha matamatyka. Teoria imovirnostei. Matematychna statistika [Higher mathematics. Theory of chances. Mathematical statistics]. NAU, 238.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО БАЛАНСА В КОНСЕРВИРОВАННОЙ КРОВИ ЖИВОТНЫХ ПРИ СОХРАНЕНИИ

Н. В. Арнау́та, А. В. Арнау́та

Аннотація. В данній роботі розглядається задача побудови математическої моделі електролітного балансу в консервованій крові на основі результатів експериментальної роботи. Важним біохімічним показателем, який відображає стан збереженості консервованій крові, є збереження постійності градієнта концентрації електролітів між плазмою і форменими елементами. В консервованій крові при збереженні відбувається порушення функцій систем транспорту електролітів через мембрану внаслідок дефіциту забезпечення енергетических потребностей. Тому, дослідження електролітного балансу є необхідним умовою для визначення здатності до використання збереженої крові. Математическа модель будь-якого процесу, в тому числі біохімічного, дозволяє отримати потрібну інформацію без проведення експерименту, що часто супроводжується складнощами реальних процесів, великою вартістю експериментальних досліджень і відсутністю належних умов, коли з економічесеских міркувань цілесообразней перенести їх на модель. Для побудови данньої математическої моделі використовували елементи кореляційної зв'язі: побудову рівняння регресії, на основі якого проведено аналіз отриманих результатів.

Арнаута Н. В., Арнаута О. В.

Ключевые слова: математическая модель, электролитный баланс, консервированная кровь

MATHEMATICAL MODELING OF ELECTROLYTIC BALANCE IN TINNED BLOOD OF ANIMALS AT STORAGE

N. V. Arnauta, O. V. Arnauta

Annotation. *In this work the problem of construction of mathematical model of electrolytic balance in tinned blood on the basis of results of experimental work is considered. The research of electrolytic balance, their functional state is a necessary condition for determination of the validity to use of the kept blood. The mathematical model of any process, including biochemical, allows to obtain the necessary information without carrying out the large experiment which is often caused by complexity of a technique and high cost of pilot studies. For construction of electrolytic balance mathematical model of tinned blood from type of the preserving environment, elements of mathematical statistics were used, namely: construction of the regression equation on the basis of which it is carried out the analysis of the received results. The direction and a form of communication are established through statistical groups and schedules, constants in the system of rectangular coordinates on the basis of empirical data. The constant regression equations allow to predict changes which happen in this biological system to big degree of probability, allow to define a quantitative measure of that influence or other factor (or their complex) on results.*

Keywords: *mathematical modeling, electrolytic balance, tinned blood*