

ВСТАНОВЛЕННЯ ВІКУ І СТАТІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ЗА СПЕКТРОСКОПІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГІЛКИ НИЖНЬОЩЕЛЕПНОЇ КІСТКИ У СУДОВО-ВЕТЕРИНАРНІЙ ЕКСПЕРТИЗИ

Шевченко К.О.*

Харківська державна зооветеринарна академія, м. Харків, Україна, e-mail: karamelka2378@mail.ru

Проаналізована можливість встановлення віку і статі великої рогатої худоби за спектроскопічними параметрами гілки нижньощелепної кістки. Показано, що встановлення віку і статі ВРХ необхідно проводити шляхом визначення відносної оптичної щільності (ВОЩ) озоленої гілки нижньощелепної кістки (або її фрагментів) на кількох (не менше двох) смугах ІЧ-пропускання. Експертні дослідження щодо встановлення віку і статі ВРХ можуть бути проведені, як на анатомічно-цілому, так і на спаленому матеріалі. Доведена можливість визначення віку та статі ВРХ за ІЧ-спектрами пропускання озоленої нижньощелепної кістки ВРХ у віковому діапазоні від народження до 12-річного віку із стандартною похибкою визначення від 3-х до 7-и місяців.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, інфрачервона спектроскопія, велика рогата худоба, нижньощелепна кістка, вік, стать.

Діагностичні дослідження у судово-ветеринарній експертизі базуються на морфологічних параметрах кісткового матеріалу [1, 2]. Серед усього розмаїття кісток скелету, череп є інформативним для завдань судово-ветеринарних досліджень [3]. Череп не являє особливої товарної та харчової цінності, тому у разі скоєння злочину, скоріш за все буде залишений на місці протиправної дії [4]. Залишені докази можуть перебувати значний час у зовнішньому середовищі, бути фрагментовані, спалені [5, 6]. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку простих і об'єктивних методів досліджень [7]. Спектральні методи – інфрачервона спектроскопія застосовується у ветеринарно-санітарній та судово-біологічній експертизі. Зокрема, відомий спосіб визначення видової належності кісток тварин методом ІЧ-спектроскопії [8].

Мета досліджень. 1. Встановити залежність між віком та статтю ВРХ і відносною оптичною щільністю інфрачервоних (ІЧ) спектрів пропускання кісткової тканини озоленої гілки нижньощелепної кістки.

2. Проаналізувати можливість та надійність використання методу ІЧ-спектроскопії для встановлення віку та статі ВРХ за ВОЩ озоленої гілки нижньощелепної кістки.

Матеріали та методи. Об'єкти дослідження – велика рогата худоба: самки і самці від народження до 12 років (144 міс.).

Матеріал досліджень – гілка нижньощелепної кістки (НЩК). Фрагмент гілки зазначеної кістки вилучали від відомих клінічно здорових, забитих тварин без ознак захворювання кісткової системи. Методом препарування кістки очищали від м'яких тканин. Для приготування озоленої проби, відбирали зразки кісткової тканини (1 г) у ділянці гілки НЩК. Озолення здійснювали протягом 6 год. у муфельній печі за температури 600 °С. Далі кісткову золу розтирали в агатовій ступці протягом 30 хв, після чого змішували її з бромистим калієм у співвідношенні 1:300 і повторно розтирали. Із отриманої суміші у пресформі та вакуумі під тиском 200 атмосфер пресували пігулку. ІЧ-спектр пропускання пігулки записували на апараті «Avatar-360», фірми Nicolet – інфрачервоному спектрометрі з Фур'є перетворювачем в інтервалі хвильових чисел 550-1450 см⁻¹.

Для обробки та подальшого аналізу виділяли шість характерних смуг поглинання, які були присутніми у кожному з отриманих спектрів: $\nu=567$ см⁻¹, $\nu=603$ см⁻¹, $\nu=632$ см⁻¹, $\nu=1047$ см⁻¹, $\nu=1091$ см⁻¹ та $\nu=3433$ см⁻¹.

Для виключення дифузного (фонового) ослаблення випромінювання застосували метод базисної лінії. Відносну оптичну щільність (ВОЩ) на смузі поглинання поправки на фон обчислювали за формулою: $D = \log(I_{\phi}/I)$, де (I_{ϕ}) - коефіцієнт пропускання фону за даного хвильового числа у відсотках; (I) – визначений коефіцієнт пропускання для того ж самого хвильового числа у відсотках.

Результати дослідження. Типовий спектр пропускання ІЧ променів через досліджуваний зразок озоленої кісткової тканини подано на рис. 1. Смуги поглинання: $\nu=567$ см⁻¹, $\nu=603$ см⁻¹, $\nu=632$ см⁻¹, $\nu=1047$ см⁻¹, $\nu=1091$ см⁻¹ та $\nu=3433$ см⁻¹ містяться в спектрах всіх зразків, що досліджувалися, проте кількісні їх характеристики залежать від віку та статі тварини.

Відомо, що ці смуги відповідають поглинанню фосфатними і карбонатним групами озоленого кісткового матеріалу (перші п'ять), а також гідроксильною групою (остання).

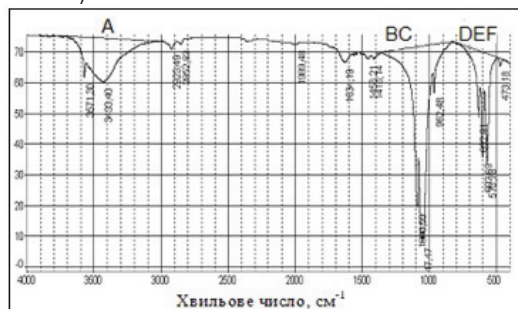


Рис. 1. Типовий ІЧ-спектр озоленого зразка фрагмента гілки нижньощелепної кістки ВРХ

* Науковий керівник – Яценко І.В., д. вет. н., професор, судово-ветеринарний експерт, бакалавр права, академік АНВО України.
Наукові консультанти – Гетманець О.М., к.фіз.-мат.н., Куликов А.Ю., доцент.

На експериментальному матеріалі отримано середні значення ВОЩ для досліджуваних зразків гілки нижньощелепної кістки та їх статистичні похибки (табл. 2). Таким чином, найменшу відносну статистичну похибку мають виміри за значень хвильових чисел $\nu=1047\text{ см}^{-1}$ та $\nu=1091\text{ см}^{-1}$ (від 1,5 % до 2,3 %); у діапазоні від $\nu=567\text{ см}^{-1}$ до $\nu=632\text{ см}^{-1}$ відносна похибка становить від 2,5 % до 4 %, а для значення $\nu=3433\text{ см}^{-1}$ вона є найбільшою – близько 6 %.

Для моделювання залежності віку ВРХ від ВОЩ гілки НЩК було застосовано регресійний аналіз. У рівнянні нелінійної регресії використали функцію, яка надійно апробована в роботі [9]. Вона має наступний вигляд:

$$T = \frac{a[1 + \sin(b\sqrt{d} + c)]}{d}, \quad (1)$$

де a , b та c – параметри регресії, значення яких були отримані методом найменших квадратів (табл. 1), також в ній наведені відповідні значення коефіцієнтів детермінації (R^2) для кожного рівняння регресії та його стандартної помилки у місяцях (S).

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів регресії, детермінації та статистична похибка визначення віку ВРХ за спектроскопічними параметрами фрагмент гілки нижньощелепної кістки

Хвильове число, см^{-1}	Коефіцієнти регресії						Коефіцієнт детермінації, R^2		Статистична похибка визначення віку, S , міс.	
	a		b		c					
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
$\nu = 567$	10,0	18,0	55,0	30,0	1,0	-1,7	0,972	0,987	5,35	5,19
$\nu = 603$	9,0	11,0	50,0	40,0	-2,0	0,5	0,977	0,981	4,85	6,24
$\nu = 632$	5,0	5,5	60,0	50,0	1,0	-2,0	0,981	0,997	4,45	2,68
$\nu = 1047$	20,0	42,0	15,0	15,0	-1,5	2,1	0,968	0,986	5,76	5,36
$\nu = 1091$	15,0	27,0	20,0	16,0	-2,5	-2,5	0,960	0,981	6,42	6,25
$\nu = 3433$	1,0	6,0	95,0	50,0	1,1	0,1	0,958	0,978	6,69	6,07

Таким чином, вік ВРХ можна визначати за ВОЩ ІЧ-спектрів пропускання озоленої НЩК від народження до 12 років зі стандартною похибкою в діапазоні від 3-х до 7-и місяців.

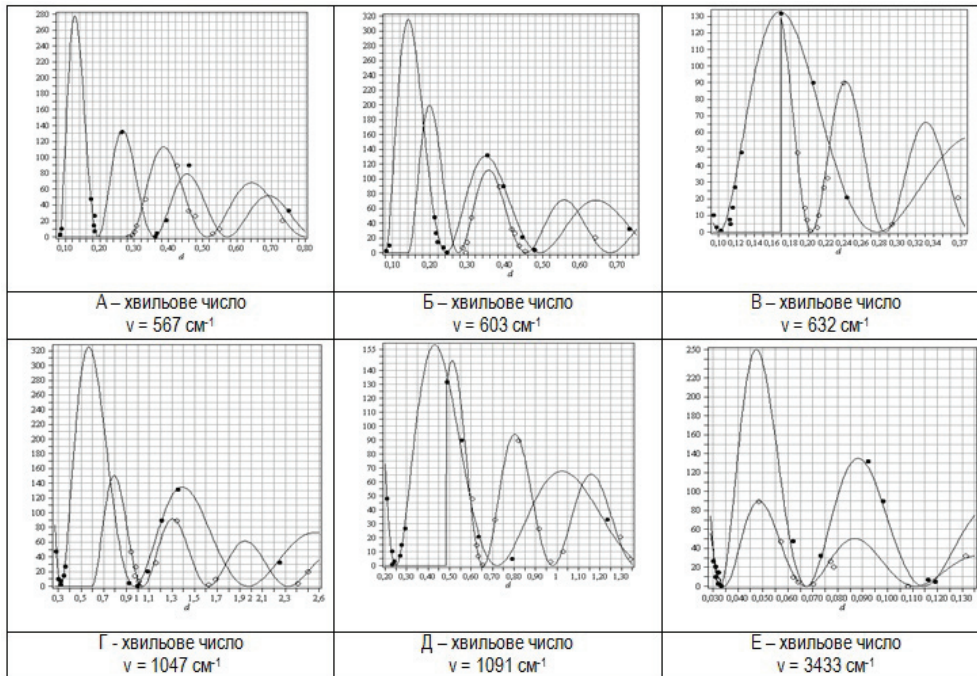


Рис. 2. Залежність віку ВРХ від ВОЩ гілки нижньощелепної кістки за різного значення хвильових чисел. ● – самки; ○ – самці.

На рис. 2 криві, які відповідають рівнянню регресії (2) порівнюються з експериментальними даними. Так, найбільш інформативними в аспекті визначення віку та статі ВРХ за ВОЩ гілки НЩК є ІЧ-спектри пропускання, які відповідають хвильовим числам $\nu=632\text{ см}^{-1}$, $\nu=1091\text{ см}^{-1}$ і $\nu=3433\text{ см}^{-1}$ для гілки НЩК, на яких криві регресії (2) для самок та самців добре різняться.

Таблиця 2 – Відносна оптична щільність фрагмента гілки нижньощелепної кістки ВРХ, од., М±m

№	Вікова група	Середній вік, міс.	Показники Біометр.	Хвильове число, см ⁻¹											
				D ₁		D ₂		D ₃		D ₄		D ₅		D ₆	
				♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
				567											
				603											
				632											
				1047											
				1091											
				3433											
1	0-2	1	M	0,257	0,175	0,279	0,331	0,139	0,148	0,727	1,023	0,484	0,691	0,092	0,048
			±m	0,007	0,007	0,007	0,008	0,006	0,007	0,011	0,021	0,009	0,007	0,005	0,003
2	2-4	3	M	0,251	0,398	0,275	0,325	0,148	0,153	0,618	1,070	0,421	0,715	0,030	0,046
			±m	0,007	0,008	0,007	0,008	0,006	0,007	0,010	0,021	0,009	0,007	0,002	0,003
3	4-6	5	M	0,249	0,193	0,268	0,184	0,132	0,141	0,609	0,382	0,412	0,214	0,027	0,044
			±m	0,007	0,007	0,007	0,007	0,006	0,007	0,010	0,008	0,009	0,007	0,002	0,003
4	6-9	7,5	M	0,243	0,379	0,257	0,319	0,150	0,158	0,601	1,097	0,392	0,794	0,031	0,112
			±m	0,007	0,008	0,007	0,008	0,006	0,007	0,010	0,021	0,009	0,011	0,002	0,007
5	9-12	10,5	M	0,372	0,191	0,387	0,189	0,219	0,140	0,809	0,400	0,511	0,227	0,025	0,043
			±m	0,008	0,007	0,008	0,007	0,007	0,007	0,012	0,009	0,011	0,006	0,002	0,003
6	12-18	15	M	0,239	0,360	0,262	0,296	0,157	0,135	0,618	1,127	0,397	0,589	0,033	0,052
			±m	0,007	0,008	0,007	0,008	0,006	0,007	0,010	0,025	0,009	0,009	0,002	0,003
7	18-24	21	M	0,645	0,372	0,756	0,309	0,395	0,169	2,089	1,143	1,350	0,608	0,065	0,053
			±m	0,010	0,008	0,010	0,008	0,008	0,007	0,034	0,024	0,026	0,010	0,004	0,003
8	24-30	27	M	0,454	0,456	0,454	0,379	0,207	0,171	1,237	1,204	0,806	0,864	0,072	0,055
			±m	0,009	0,009	0,009	0,008	0,007	0,007	0,026	0,025	0,012	0,012	0,004	0,003
9	30-36	33	M	0,359	0,619	0,366	0,471	0,199	0,326	0,928	1,679	0,583	1,235	0,037	0,054
			±m	0,008	0,009	0,007	0,009	0,007	0,009	0,021	0,027	0,010	0,025	0,002	0,003
10	36-60	48	M	0,173	0,153	0,189	0,153	0,086	0,057	0,229	0,439	0,165	0,258	0,040	0,040
			±m	0,007	0,007	0,006	0,007	0,005	0,004	0,007	0,008	0,006	0,007	0,002	0,003
11	60-120	90	M	0,198	0,232	0,217	0,241	0,109	0,111	0,431	0,502	0,305	0,305	0,020	0,038
			±m	0,007	0,008	0,006	0,008	0,006	0,006	0,009	0,009	0,007	0,007	0,001	0,003
12	120-144	132	M		0,271		0,133		0,050		0,602		0,409		0,085
			±m		0,008		0,007		0,004		0,010		0,008		0,004

Визначення віку ВРХ методом інфрачервоної спектроскопії гілки НЩК здійснюється наступним чином. Надану на експертизу кістку (або, навіть, обгорілий фрагмент кістки) оглядають. У разі необхідності досконало препарують, очищаючи від бруду та м'яких чи гнилісно-змінених тканин. Потім роблять попередній висновок, що він є нижньощелепною кісткою ВРХ (або її фрагментом). З експертною метою від кістки вилуцують дрібний шматочок (до 1 г), який у кварцовому тиглі поміщають у муфельну піч для озолення за температури близько 600 °С протягом 7 годин. Отриманий зольний залишок розтирають в агатовій ступці з пропорційним додаванням бромиду калію (1:300) до отримання однорідної суміші, з якої пресують таблетку для наступної інфрачервоної спектроскопії. Після цього вимірюють інфрачервоні спектри на спектрометрі з Фур'є перетворювачем «Avatar 360» фірми Nicolet.

Отримані значення інтенсивності пропускання (I_n) для смуг $\nu=567 \text{ см}^{-1} - 3433 \text{ см}^{-1}$, а також відповідні фонові значення інтенсивності (I_ϕ) для цих смуг, які були одержані з застосуванням методу базової лінії. Значення ВОЩ (D) обчислювали за формулою: $D = Ig(I_\phi/I_n)$ (табл. 3).

Таблиця 3 – Результати вимірювання ВОЩ зразка нижньої щелепи

Хвильове число, см^{-1}	Інтенсивність пропускання I_n , %	Фонова інтенсивність, I_ϕ , %	Відношення I_ϕ/I_n	Відносна оптична щільність
567	22,8	60,0	2,63	0,42
630	28,0	60,0	2,14	0,32
632	36,2	63,0	1,74	0,24
1047	3,2	65,0	20,42	1,31
1091	8,9	59,0	6,61	0,82
3433	52,7	59,0	1,12	0,047

Значення віку ВРХ обох статей було обчислено за даними (табл. 1) відносно ВОЩ згідно рівняння регресії (2), до якого підставляли відповідні значення параметрів a, b та c (табл. 1). Результати обчислень (табл. 4).

Таблиця 4 – Результати обчислень віку ВРХ згідно рівняння регресії (2)

Хвильове число, см^{-1}	Вік ВРХ, міс.	
	Самки	Самці
567	59	90
630	124	89
632	25	90
1047	125	91
1091	20	92
3433	249	90

Отже, можна зробити надійний (в межах стандартної похибки регресії) експертний висновок, що наданий на експертизу фрагмент НЩК належить самцеві віком близько 90 місяців. Зазначимо, що цей висновок можна було б зробити, порівнявши значення ВОЩ лише на двох смугах поглинання. Але аналіз ВОЩ на усіх характерних смугах підвищує достовірність експертизи.

Висновки. Доведена можливість визначення віку та статі ВРХ за ІЧ-спектрами пропускання озолоного фрагмента гілки нижньощелепної кістки від народження до 12 років зі стандартною похибкою визначення в діапазоні від 3-х до 7-и місяців.

Визначення віку та статі ВРХ проводиться шляхом визначення ВОЩ озолоного фрагмента гілки НЩК (або її фрагментів) на кількох (не менш двох) характерних смугах пропускання.

Експертні дослідження можуть бути проведені навіть у тому випадку, коли на експертизу потрапляє не анатомічно ціла кістка, а її спалені фрагменти.

Найбільш інформативними в аспекті визначення віку та статі ВРХ за ВОЩ гілки НЩК є ІЧ-спектри пропускання, які відповідають хвильовим числам $\nu = 632 \text{ см}^{-1}$, $\nu = 1091 \text{ см}^{-1}$ і $\nu = 3433 \text{ см}^{-1}$.

Доведена інформативність використання методу інфрачервоної спектроскопії для застосування у морфології, ветеринарно-санітарній і судово-ветеринарній остеологічній експертизі для встановлення віку великої рогатої худоби за кістковою тканиною.

Список літератури

1. Яценко І. В. Структурні параметри скелета ссавців як об'єкти судово-ветеринарної експертизи при визначенні видової належності біологічного матеріалу / І. В. Яценко, П. М. Гаврилін // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини : 36. наук. праць Харківської державної зооветеринарної академії. — Х. : РВВ ХДЗВА, 2010. — Вип. 21, ч. 2, т.2.—С.307-333.
2. Skerry T. M. The response of bone to mechanical loagin and disus: Fundamental principles and influences on osteoblast osteosytle homostasis / T. M. Skerry // Arch. biochem. and biophys. – 2008. – Vol. 473, №2. – P. 117-123.

3. Звягин В. Н. Динамика минерального обмена костей черепа по данным эмиссионного спектрального анализа / В. Н. Звягин // Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы трупа. – Москва. – 1977. С. 44-53.
4. Яценко І. В. Встановлення віку великої рогатої худоби за п'ястковими кістками методом інфрачервоної спектроскопії у судово-ветеринарній експертизі / І. В. Яценко, О. М. Гетманець, В. В. Кам'янський // Наук. вісник Львівського нац. університету вет. медицини та біотехнології ім. С.З. Гжицького. – Львів, 2009. – Т. 10, № 2 (41). – Ч. 2. – С. 67–71.
5. Гаврилін П. М. Судово-ветеринарне визначення видової належності тварин за окремими фрагментами тіла / П. М. Гаврилін, О. Г. Прокушенкова, І. В. Яценко, О. О. Шулешко, Д. М. Масюк // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини : Збірник наукових праць Харківської державної зооветеринарної академії. — Харків, 2012. — Вип. 24, ч. 2. — С. 426-430.
6. Стрелец Н.Н. Судебно-медицинская дифференциация и идентификация золы при уничтожении трупа (его частей) методом сожжения : автореф. дисс. ... док. мед. наук. — Харьков, 1972. — 38 с7.
7. Вайль Ю. С., Варановский Я. М. Инфракрасные лучи в клинической диагностике и медико-биологических исследованиях. -Л. : Медицина, 1969. - 239 с. Деклараційний патент України на корисну модель № 45077
8. Кам'янський В. В. Спосіб визначення віку великої рогатої худоби методом інфрачервоної спектроскопії кісток кінцівок / В. В. Кам'янський, І. В. Яценко, О. М. Гетманець, В. Г. Горбуєнко; заявлено 21.05.2009; опубліковано 26.10.2009, Бюл. № 20. — 4 с.
9. Яценко І. В. Встановлення віку великої рогатої худоби за п'ястковими кістками методом інфрачервоної спектроскопії у судово-ветеринарній експертизі / І. В. Яценко, О. М. Гетманець, В. В. Кам'янський // Наук. вісник Львівського нац. університету вет. медицини та біотехнології ім. С.З. Гжицького. – Львів, 2009. – Т. 10, № 2 (41). – Ч. 2. – С. 67–71.

ESTABLISHMENT THE AGE AND SEX FROM CATTLE IN THE SPECTRAL PARAMETERS OF THE UPPER JAW OF VETERINARY FORENSIC EXAMINATION

Shevchenko K.O.

Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkiv, Ukraine

The goal. 1. Establish a relationship between age and gender and the relative absorbance of infrared (IR) transmission spectra incineration Bone lower jaw, in a certain part of its branches. 2. To analyze the potential and the reliability of the use of infrared spectroscopy to determine the age and sex of cattle relative to incineration optical mandibular bone density.

Materials and methods. Find material – the lower jaw bone. Tablets were formed, which were issued by recording IR-spectra the unit «Avatar-360» Nicolet company-infrared spectroscopy with Fourier transformer in a set of numbers wave 550-1450 cm^{-1} . Results of the study. Average values were obtained for testing VOSCH lower jaw and statistical errors bone samples.

Conclusions. Proved possible to determine the age and sex of the cattle on the transfer of IR spectra incineration lower jaw bone from birth to 12 years with a standard error in the range of 3 to 7 months. Determine the age and sex of livestock carried out by determining the optical density with respect to lower jawbone incineration (or parts thereof) for several (at least two) distinct passbands. Can be made by expert studies, even in case it is not considered the entire bone scan anatomically while fragments even burned. Most information in terms of determining the age and sex of cattle to determine the optical density of the lower jaw bone, there are infrared transmission spectra corresponding to wavenumbers $\nu = 632 \text{ cm}^{-1}$, $\nu = 1091 \text{ cm}^{-1}$ and $\nu = 3433 \text{ cm}^{-1}$. Proved use the information from the method of spectral analysis of infrared for use in morphology, and animal health and veterinary osteological forensic examination to determine the age of the cattle to the bone.

Keywords: forensic examination of Veterinary Medicine, infrared spectroscopy, cattle, age and sex.