

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print

ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet10603

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 539.1.074

## Control quality measurements of alpha and beta counter with low background ALBA 2000 v.2.5.6.

Z. Malimon<sup>1</sup>✉, T. Vinokurova<sup>1</sup>, V. Salata<sup>2</sup>, H. Kochetova<sup>1</sup>, T. Prokopenko<sup>1</sup>, L. Gusak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Scientific and Research Institute for Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

### Article info

Received 16.03.2022

Received in revised form

18.04.2022

Accepted 19.04.2022

State Scientific and Research  
Institute for Laboratory  
Diagnostics and Veterinary  
and Sanitary Expertise,  
Donetska Str, 30, Kyiv,  
03151, Ukraine.  
Tel.: +38-044-242-01-47  
E-mail: z\_malimon@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv,  
79010, Ukraine.  
Tel.: +38-067-728-89-33  
E-mail: salatavolod@ukr.net

**Malimon, Z., Vinokurova, T., Salata, V., Kochetova, H., Prokopenko, T., & Gusak, L. (2022). Control quality measurements of alpha and beta counter with low background ALBA 2000 v.2.5.6. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 24(106), 18–21. doi: 10.32718/nvlvet10603**

The article provides a systematic approach to quality control of measurements of total alpha- and beta-activity using a counter with a low background ALPHA / BETA COUNTING SYSTEM ALBA (mod. ALBA / LLAB) and software ALBA 2000 v.2.5.6. The purpose is to determine the compliance of these objects with the requirements of regulatory documentation. The spectrometry method is based on the physical concentration of radionuclides from the sample volume, measuring the rate of alpha, and beta radiation of the obtained dry residue of the sample, comparing the sample count rate with calibration values of activity, and calculating the total alpha, beta activity of the sample. The primary means of testing is a counter with a low background ALPHA / BETA COUNTING SYSTEM ALBA 200, the lower limit of measurements of the alpha activity, which is 0.02 Bq/l, and beta activity of 0.1 Bq/l, the relative random uncertainty of the measurement result is 60 % with a confidence level  $P = 0.95$ . The efficiency of registration on the alpha channel of 43 %, background on the alpha channel of 0.11 imp./min, for a measurement time of 60,000 s, the efficiency of registration on the beta channel of 30 %, background on the beta channel of 1.9 imp./min, for measurement time 60000 s. As a comparison sample for calculating total alpha activity, a sample with alpha radiation, <sup>241</sup>Am (geometry 2π), is used. To calculate the total beta activity, a sample of beta-emitter of potassium sulfate with radionuclide is used at <sup>40</sup>K (geometry 2π). The weight of the counting sample ranges from 200 to 1000 mg. The activity values are calculated automatically, using the software ALBA 2000, v.2.5.6. Measurement of the total activity of radionuclides in counting samples using the method should be performed only in calibrated geometries. At the same time, the safety requirements, personnel qualifications, and test conditions must be met. Quality control of measurements in the alpha, beta counter ALBA-2000 v.2.5.6. It is carried out in qualitative and quantitative ways.

**Key words:** counting sample, total activity, physical concentration, efficiency of registration, control card.

## Контроль якості вимірювань альфа-, бета-лічильника з низьким фоном ALBA 2000 v.2.5.6.

З. Малімон<sup>1</sup>✉, Т. Винокурова<sup>1</sup>, В. Салата<sup>2</sup>, Г. Кочетова<sup>1</sup>, Т. Прокопенко<sup>1</sup>, Л. Гусак<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

У статті запропоновано системний підхід щодо контролю якості вимірювань сумарної альфа-, бета-активності із застосуванням лічильника з низьким фоном ALPHA/BETA COUNTING SYSTEM ALBA (мод. ALBA/LLAB) та програмним забезпеченням

ALBA 2000 v.2.5.6. Метою є визначити відповідність даних об'єктів вимогам нормативної документації. Метод спектрометрії базується на фізичній концентрації радіонуклідів з об'єму зразка, вимірюванні швидкості лічби альфа-, бета-випромінювань отриманого сухого залишку зразка, порівняння швидкості рахунку зразка з калібрувальними значеннями активності та розрахунку сумарної альфа-, бета-активності зразка. Основним засобом випробувань є лічильник з низьким фоном ALPHA/BETA COUNTING SYSTEM ALBA 200, нижня межа вимірювань альфа-активності якого 0,02 Бк/л, а бета-активності 0,1Бк/л, відносна випадкова невизначеність результату вимірювань складає 60 % при довірчій ймовірності  $P = 0,95$ . Ефективність реєстрації по альфа-каналу 43 %, фон по альфа-каналу 0,11 імп./хв, за час виміру 60000 с, ефективність реєстрації по бета-каналу 30 %, фон по бета-каналу 1,9 імп./хв, за час виміру 60000 с. Як зразок порівняння для розрахунку сумарної альфа-активності використовується зразок з альфа-випромінюванням  $^{241}\text{Am}$  (геометрія 2π), для розрахунку бета-активності використовується зразок бета-випромінювача сульфату калію з радіонуклідом  $^{40}\text{K}$  (геометрія 2π). Маса лічильного зразка в межах від 200 до 1000 мг. Розрахунок значень активності проводиться автоматично, з використанням програмного забезпечення ALBA 2000, v.2.5.6. Вимірювання сумарної активності радіонуклідів в лічильних зразках із використанням методу варто проводити лише в каліброваних геометріях. При цьому обов'язково дотримуються вимог техніки безпеки, кваліфікації персоналу та умов випробувань. Контроль якості вимірювань у альфа-, бета-лічильнику ALBA-2000 v.2.5.6. проводиться якісним і кількісним способами.

**Ключові слова:** лічильний зразок, сумарна активність, фізична концентрація, ефективність реєстрації, контрольна карта.

## Вступ

Минуло 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС – найбільшій радіоекологічній катастрофі сучасності. Відтоді живемо в умовах постійної загрози здоров'ю населення внаслідок радіаційного забруднення значної території України та інших країн. Після аварії на Чорнобильській атомній електростанції та у випадках проведення ядерних випробувань у навколишнє середовище, в тому числі у воду потрапляють альфа- та бета-випромінюючі радіонукліди (NRBU-97/D-2000). Тому для запобігання шкідливому впливу на здоров'я населення (Nakaz MOZ Ukrainy; Malimon, 2020) необхідне своєчасне виявлення таких викидів у біосферу та розробка відповідними структурами програми щодо зведення їхнього впливу до мінімального. Враховуючи потребу масового забезпечення питною водою населення існує необхідність моніторингу прісної природної води господарсько-питного призначення (ISO 9696:2017; ISO 9697:2018; DSANPiN 2.2.4-171-10.9:2013). Саме тому було розроблено методику спектрометрії зі сцинтилятором NaI (TI) із застосуванням лічильника з низьким фоном ALPHA/BETA COUNTING SYSTEM ALBA (мод. ALBA/LLAB) з програмним забезпеченням ALBA 2000, v.2.5.6.

**Мета роботи.** Провести контроль якості вимірювань альфа-, бета-лічильників з програмним забезпеченням ALBA-2000, v.2.5.6., а також визначити засоби, необхідні для проведення даної перевірки.

## Матеріал і методи випробувань

Основним засобом випробувань є лічильник з низьким фоном ALPHA/BETA COUNTING SYSTEM ALBA (мод. ALBA/LLAB) з програмним забезпеченням ALBA 2000, v.2.5.6. Нижня межа вимірювань альфа-активності 0,02 Бк/л, бета-активності 0,1Бк/л, відносна випадкова невизначеність результату вимірювань складає 60 % при довірчій ймовірності  $P = 0,95$ . Основні параметри лічильника: ефективність реєстрації по альфа-каналу 43 %, фон по альфа-каналу 0,11 імп./хв за час виміру 60000 с, ефективність реєстрації по бета-каналу 30 %, фон по бета-каналу 1,9 імп./хв за час виміру 60000 с (ALBA 2000, 2014).

Комплект джерел альфа- і бета-випромінювань для контролю збереження лічильником його основних

метрологічних характеристик, комплект джерел порівняння з відомим радіонуклідним складом, атестовані геометрії для зразків (Çakal et al., 2015; Fons et al., 2013; Stojković et al., 2015; 2016; 2017; Tsroya, 2018).

## Результати та їх обговорення

Вимірювання активності лічильного зразка проводиться методом спектрометрії із застосуванням лічильника з низьким фоном ALPHA/BETA COUNTING SYSTEM ALBA (мод. ALBA/LLAB), з програмним забезпеченням ALBA 2000, v.2.5.6. В основі методу лежить швидкість рахунку альфа-, бета-випромінювання лічильного зразка, порівняння його даних із швидкістю рахунку зразка з атестованими, калібрувальними значеннями активності та розрахунок сумарної альфа-, бета-активності зразка. Як зразок порівняння для розрахунку сумарної альфа-активності використовується зразок  $^{241}\text{Am}$  (геометрія 2π), для розрахунку сумарної активності бета-активності використовується зразок сульфату калію з радіонуклідом  $^{40}\text{K}$  (геометрія 2π). Маса лічильного зразка вибирається в межах від 200 до 1000 мг. Розрахунок значень сумарної активності проводиться автоматично, з використанням програмного забезпечення ALBA 2000, v.2.5.6.

Перед виконанням вимірювань активності лічильного зразка необхідно провести перевірку стабільності характеристик лічильника, яка включає: вимірювання фону Background (BGND), вимірювання активності контрольних джерел альфа- і бета-активності та ефективність реєстрації (Eff).

Для визначення фону BGND проводяться вимірювання пустої кювети за час експозиції 60000 с з періодичністю 1 раз на місяць. Вимірювання активності контрольних джерел альфа- і бета-активності проводиться щоденно перед початком вимірювань активності лічильного зразка, час експозиції 1800 с. Значення ефективності реєстрації (Eff) (Laptev, 2015) розраховується за формулою:

$$Eff = \frac{(n_{\text{кд}} - n_{\text{ф}})}{A_{\text{кд}}} \cdot 100\%,$$

де:

$n_{\text{кд}}$  – швидкість лічби контрольних джерел альфа- і бета-активності,

$n_{\text{ф}}$  – швидкість лічби фону,

$A_{\text{кд}}$  – активність контрольних альфа і бета джерел.

Контроль якості вимірювань у альфа-, бета-лічильника ALBA-2000 v.2.5.6. (ALBA 2000 Series, 2014) проводиться якісним і кількісним способами.

Якісний контроль вимірювань альфа-, бета-лічильника з програмним забезпеченням ALBA-2000, v.2.5.6. можна проводити протягом заданого інтервалу вимірювань лічильного зразка. На екрані в режимі реального часу відображається віконце з інформацією вимірювань лічильника (віконця  $\alpha$  та  $\beta$ , рис. 1).

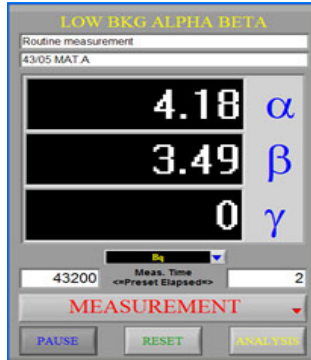


Рис. 1. Віконце з відображенням інформації вимірювань лічильника альфа-, бета-випромінювань

Відобразити більш повну інформацію можна через ANALYSIS (аналіз) (рис. 2).

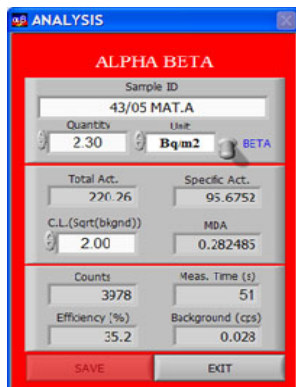


Рис. 2. Віконце аналізу вимірювань лічильника альфа-, бета-випромінювань

У віконці аналізу відображаються всі дані, що використовувалися для розрахунку активності: Sample ID (зразок) – дані про вимірювальний зразок, Unit – дані про вагу, масу, об'єм зразка (мг, г, мл), C.L.[Sqrt(bkgnd)] – визначає рівень достовірності для розрахунку мінімальної детектованої активності (МДА) (Vinokurova, 2020), Counts – загальне число відкликів, Meas/Time (s) – час вимірювання (с), Efficiency (%) – ефективність реєстрації (%), Background (cps) – значення фону.

Залежно від виду сигналізації інформація від детектора системи захисту відображається за допомогою зміни кольору віконця з даними вимірювань. Попереджувальна сигналізація визначає перший поріг альфа-, бета-активності, при його перевищенні, програма буде подавати оператору жовтий сигнал. Аварійна сигналізація визначає другий поріг альфа-, бета-активності, при його перевищенні програма буде подавати червоний сигнал. При спрацьовуванні сигналізації вимірювання припиняється до з'ясування причин.

Для підтвердження стабільності вимірювань проводиться кількісний (статистичний) контроль вимірювань альфа-, бета-лічильника з програмним забезпеченням ALBA-2000, v.2.5.6. Для зручності ця інформація подана графічним способом у вигляді контрольної карти (рис. 3). Для її побудови програмне забезпечення ALBA 2000, v.2.5.6. в автоматичному режимі проводить послідовність вибірок, що відображає поточний стан процесу із межами, встановленими на основі, властивій процесу мінливості.

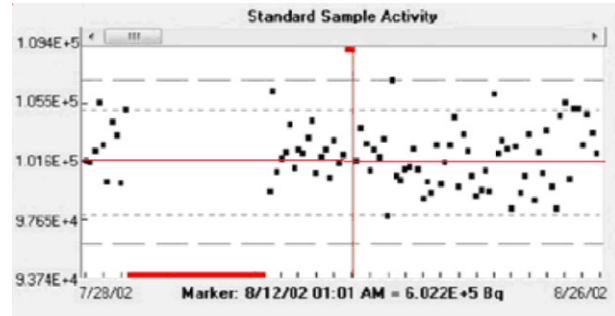


Рис. 3. Контрольна карта вимірювань альфа-, бета-лічильника

На рис. 3 наведена контрольна карта, короткі пунктирні лінії якої означають попереджувальні межі, а довгі пунктирні лінії – порогові межі прийняття. Середня лінія (червона) – це межа прийняття. Межа прийняття встановлюється за допомогою вимірювань калібрувального джерела альфа-випромінювання і стандартного зразка бета-випромінювання з відомим значенням активності в Бекерелях (Бк).

Межа прийняття, або стандартне відхилення активності (S), вираховується за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

де:

$n$  – кількість вимірювань,

$X_i$  – значення активності у  $i$ -му вимірюванні,

$\bar{X}$  – середнє арифметичне зібраних даних, яке вираховується за формулою:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Верхня контрольна межа UCL (верхні короткі пунктирні лінії) вираховується за формулою:

$$UCL = \bar{X} + k \cdot s$$

де:  $k = 2$

Нижня контрольна межа LCL (нижні короткі пунктирні лінії) вираховується за формулою:

$$LCL = \bar{X} - k \cdot s$$

де:  $k = 2$

Верхня і нижня межі розрахованої активності є попереджувальними межами і перебувають в інтервалах розширеної невизначеності (U) навколо результату вимірювання:

- права межа цього інтервалу  $UCL = \bar{X} + U$

- ліва межа цього інтервалу  $LCL = \bar{X} - U$

Величина розширеної невизначеності, а отже і ширина цього інтервалу, залежить від вибраного під



час розрахунку рівня довіри (P), який менший або дорівнює одиниці. В даному випадку  $P = 0,95$ . Це означає, що інтервал невизначеності включає 95 % з усіх значень, які можуть бути результатом вимірювання. Розширена невизначеність результатів вимірювань залежить від часу експозиції. Якщо точність отриманого результату недостатня, її можна збільшити за рахунок збільшення часу вимірювань. Необхідний час вимірювань можна приблизно оцінити за таким відношенням  $U \sim (t_{\text{експ}})^{-1/2}$

де:  $U$  – розширена невизначеність результатів вимірювань,

$t_{\text{експ}}$  – часу виміру.

Максимальна і мінімальна межі (довгі пунктирні лінії) в контрольній карті вимірювань альфа-, бета-лічильника розрахованої активності є пороговими межами прийняття.

$$A_{\min} < A \leq A_{\max}; P = 0,95$$

$$A_{\min} = A_{\text{вим}} - LCL,$$

$$A_{\max} = A_{\text{вим}} + UCL$$

Попередження про перевищення першого порогу альфа-, бета-активності та спрацьовування попереджувальної сигналізації є пріоритетним порівняно з попередженням про досягнення другого порогу альфа-, бета-активності (зазвичай поріг спрацьовування аварійної сигналізації вищий, ніж поріг попереджувальної сигналізації).

### Висновки

Контроль якості вимірювань альфа-, бета-лічильника ALBA-2000 v.2.5.6. можна проводити якісним і кількісним способами. Його проводять з метою запобігання недостовірності результатів вимірювань.

Основним засобом випробувань є лічильник з низьким фоном, нижня межа вимірювань по альфа-активності 0,02 Бк/л, по бета-активності 0,1Бк/л, відносна випадкова невизначеність результату вимірювань складає 60 % при довірчій ймовірності  $P = 0,95$ . Ефективність реєстрації по альфа-каналу становить 43 %, по бета-каналу – 30 %.

Межі прийняття рішень в контрольній карті вимірювань альфа-, бета-лічильника використовуються для визначення, як програма працює в неочікуваних умовах і відображають поточний стан процесу із межами, встановленими на основі властивій процесу мінливості.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

### References

ALBA 2000 Series (2014). Management and analysis software ALBA 2000 Series. User Manual P. 1, 27p.  
 Çakal, G. Ö., Güven, R. Y., & Yüce, H. (2015). An application of LSC method for the measurement of gross alpha and beta activities in spiked water and drinking water samples. *Nukleonika*, 60(3), 637–642. DOI: 10.1515/nuka-2015-0089.

DSanPiN 2.2.4-171-10 (2013). State health and safety standards and rules. Health and safety requirements for drinking water intended for human consumption. Kyiv, Ministry of Health of Ukraine (in Ukrainian).  
 Fons, J., Zapata-García, D., Tent, J., & Llaurodó, M. (2013). Simultaneous determination of gross alpha, gross beta and  $^{226}\text{Ra}$  in natural water by liquid scintillation counting. *J Environ Radioact*, 125, 56–60. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2013.01.017.  
 ISO 9696:2017 (E) Water quality — Gross alpha activity — Test method using thick source. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/66766.html>.  
 ISO 9697:2018 (E) Water quality — Gross beta activity — Test method using thick source. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/72374.html>.  
 Laptev, G. V., Pirnach, L. S., & Dyvak, T. I. (2015). Determination of  $^{90}\text{Sr}$  in water by direct measurement using liquid scintillation counter. *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 16(2), 177–182. DOI: 10.15407/jnpae2015.02.177 (in Ukrainian).  
 Malimon, Z. V., Salata, V. Z., Kochetova, G. S., Prokopenko, T. O., & Gusak, L. M. (2020). Analysis of radiouclide contamination of forestry products on the territory of Ukraine 2013–2019. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 22(97), 47–51. DOI: 10.32718/nvlvet9709 (in Ukrainian).  
 Nakaz MOZ Ukrainy № 256 vid 03.05.2006 r. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u produktakh kharchuvannia ta pytnii vodi. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06#Text> (in Ukrainian).  
 Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97/D-2000). URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=052UL932A5> (in Ukrainian).  
 Stojković, I., Tenjović, B., Nikolov, J., & Todorović, N. (2015). Radionuclide, scintillation cocktail and chemical/color quench influence on discriminator setting in gross alpha/beta measurements by LSC. *J Environ Radioact*, 144, 41–46. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2015.02.028.  
 Stojković, I., Tenjović, B., Nikolov, J., & Todorović, N. (2017). Possibilities and limitations of color quench correction methods for gross alpha/beta measurements. *Appl Radiat Isot*, 122, 164–173. DOI: 10.1016/j.apradiso.2017.01.041.  
 Stojković, I., Todorović, N., Nikolov, J., & Tenjović, B. (2016). PSA discriminator influence on  $(^{222}\text{Rn})$  efficiency detection in waters by liquid scintillation counting. *Appl Radiat Isot*, 112, 80–88. DOI: 10.1016/j.apradiso.2016.03.020.  
 Tsroya, S. (2018) Fast screening of operational aqueous samples by gross alpha and beta counting with LSC systems. *J. Radioanal Nucl Chem*, 317, 1211–1221. DOI: 10.1007/s10967-018-6007-x.  
 Vinokurova, T., Malimon, Z., Salata, V., Prokopenko, T., Kochetova, G., & Gusak, L. (2020) Factors affecting the minimum detected activity of the GAMMAVISION software report protocol. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22(28), 138–143. DOI: 10.32718/nvlvet9824 (in Ukrainian).