

# ГАММА-СПЕКТРОМЕТРІЯ ЗРАЗКІВ ДОВКІЛЛЯ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ (ДОННІ ВІДКЛАДЕННЯ р. ЛАТОРИЦІ, 2000–2001 рр.)

Стець М.В., Маслюк В.Т., Небола І.І.\*

Інститут електронної фізики Національної академії наук України,  
294016 м. Ужгород, вул. Університетська, 21, к. 405.  
e-mail: iep@iep.uzhgorod.ua

\*Ужгородський національний університет, 88000, м.Ужгород, вул. Волошина 54

Приведені результати гамма-спектрометрії природної активності зразків донних відкладень р. Латориці, відібраних з жовтня 2000 р. до жовтня 2001 р. Просторові (усереднені по часу) та часові (усереднені по довжині) залежності питомих активностей, діапазонів їх зареєстрованих значень та середньоквадратичні відхилення активностей для нуклідів K40, Cs137, нуклідів ряду Th232 (Ac218, Pb212, Bi212, Tl208) і ряду U238 (Ra226, Pb214, Bi214) корелюють в певній мірі із витратами води в р. Латориці

Як відомо, на Закарпатті, котре належало до рекреаційних зон, стан довкілля погіршується як за рахунок періодичних кліматичних змін, так і, зокрема, за рахунок інтенсивної та непродуманої рубки лісів. Трансфер великих мас гірських ґрунтів та порід (що неминуче є і трансфером хімічних, в тому числі токсичних та радіоактивних елементів та нуклідів) в наслідок ерозії гірських ґрунтів, підняття дна та зміни русел багаточисельних стрімких потічків та річок, повені – очевидні факти [1].

Для того, щоб в якійсь мірі оцінити можливі зміни в радіаційній ситуації внаслідок цих явищ, з жовтня 2000 р. по жовтень 2001 р. був виконаний пробовідбір зразків донних відкладень р. Латориці (в межах області: довжина – 191 км; площа басейну 4900 км<sup>2</sup> [2]): точка 1 – с. Кольчино; 2 – с. Пасіка; 3 – с. Неліпино (нижче місця злиття р. Латориці та р. Вичі); 4 – с. Ганьковиця; 5 – початок с. Підполоззя; 6 – с. Підполоззя (нижче місця злиття р. Латориці та р. Жденівки).

Першим етапом дослідження зразків донних відкладень р. Латориці була гамма-спектрометрія їх природної активності, котра була виконана на гаммаспектромет-

ричному комплексі “ДГДК-100 В – аналізатор SBS-40”. Результатом гамма-спектрометрії було визначення питомих активностей А для гамма-активних нуклідів (ГАН): K40, Cs137, нуклідів ряду Th232 (Ac228, Pb212, Bi212, Tl208) і ряду U238 (Ra226, Pb214, Bi214). Цей список ГАН є типовим для т. з. природного гамма-фону Закарпаття. Крім цього, дослідження динаміки питомих активностей ГАН є основою для подальшого дослідження зразків донних відкладень, зокрема для визначення вмісту таких ГАН як U235, Pu239, Np237, Am241 тощо. Типова похибка кожного одиничного виміру – ±10% з довірчою імовірністю 0.95. Тривалість одного виміру (ТС) – 2 години, що достатньо для виконання умови “трьох коренів із фону”

Питома активність ГАН в досліджуваному зразку визначалась за формулою

$$A = (I \cdot TC_{ж} \cdot \lambda) / (n \cdot k \cdot TV \cdot P_3),$$

де: I – інтенсивність, ( $\Delta S = I \cdot TC_{ж}$ ,  $\Delta S$  – площа фотопіка конкретної аналітичної лінії ГАН),  $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$  – стала розпаду ГАН;  $T_{1/2}$  – період напіврозпаду ГАН; k – маса зразка, тоді:  $TV_n = (I \cdot TC_{ж} \cdot \lambda) / (A_n \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot n)$ ;

$TV_n$  ( $TV$ ) – метрологічний коефіцієнт для паспортизованого (невідомого) зразка

з питомою активністю  $A_n^n$  ( $A$ ), визначений для конкретної лінії  $E_\gamma$  з квантовим виходом  $n$ ;  $P_2 = e^{-\lambda TD}$ ;  $TD$  – проміжок часу між закінченням активації і початком виміру;  $P_3 = 1 - e^{-\lambda TC}$ ;  $TC_{ж}$  – живий час виміру. Якщо  $TB = TB_n$ ; тоді  $A = I / (n \cdot k \cdot TB_n)$  – вираз для визначення питомих активностей будь-якого ГАН в зразкові невідомого складу із використанням значень  $TB_n$ .

Наближення. При вимірах гамма-активностей ГАН із великими  $T_{1/2}$ , і якщо  $T_{1/2} \gg TC$ , тоді:  $\lambda P_3 \approx 1/TC$ , тоді:  $TB_n = (I/nk) \cdot (TC_{ж}/TC) \cdot 1/(A_n^n \cdot P_2)$ .

При невеликих завантаженнях спектрометричного тракту “живий” час  $TC_{ж}$  (час фактичної реєстрації гамма-квантів спектрометром) приблизно дорівнює тривалості вимірів  $TC$ :  $TC : TC_{ж} \approx 1$ ; тоді:  $TB_n = (I/nk) \cdot 1/(A_n^n \cdot P_2)$ .

Методика визначення коефіцієнтів  $TB_n$  описана в [3].

Отримані значення  $A$  були використані для усереднення по двом параметрам: по довжині (кількості просторових точок):

$$A = \frac{1}{i} \sum_{i=1}^{i=7} A_i$$

та по часу (кількості часових точок):

$$A = \frac{1}{j} \sum_{j=1}^{j=11} A_j$$

Крім цього, були визначені відповідні середньоквадратичні відхилення  $S$  для просторових та часових залежностей:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (A - A_i)^2}$$

Часові (усереднення по довжині), просторові (усереднення по часу) залежності питомих активностей, діапазони зареєстрованих їх значень (мінімальні-максимальні значення) та середньоквадратичні відхилення ( $A \pm S$ ) для K40, Cs137; Ac228, Pb212, Bi212, Tl208 (ряд Th232); Ra226, Pb214, Bi214 (ряд U238) в зразках донних відкладень р. Латориці (2000–2001 рр.) приведені на рис.1–3.

На основі порівняльного аналізу отриманих експериментальних даних, які на-

ведені на рис. 1–3 та рис. 4, на якому приведено середньомісячні витрати води р. Латориці (с. Підполоззя, м. Свалява, м. Мукачево, 2000–2001 рр.) можна зробити наступні висновки:

1. Донні відкладення характеризуються однаковим (для найбільш характерних ГАН) ізотопним складом та приблизно (в межах одного порядку) однаковим значенням питомих активностей (від зразка до зразка), і тому можуть розглядатися як певна, відносно однорідна геохімічна система, яка в свою чергу, є підсистемою такої системи як ріка (в даному випадку річка Латориця).

2. Якщо усереднені просторові питомі активності як функції від довжини (координати точки пробовідбору вверх по течії) мають плавний характер, то на усереднених часових залежностях питомих активностей спостерігаються сезонні та, в певній мірі, погодні тенденції. Так максимуми питомих активностей K40 припадають на жовтень–листопад 2000 р. (сильні зливи) та квітень 2001 р. (після березневої повені, пов'язаної з дощами та тайніям снігів на верхів'ях Карпат).

3. Часові залежності для K40, Cs137 та інших ГАН дещо відрізняються, що, окрім іншого, можна пояснити не тільки різним хімізмом їх, як хімічних елементів, але і їх різним знаходженням.

4. Сітка моніторингу (по довжині ріки – 6 точок; по часу – 11 точок) обмежена, але разом з тим результати дослідження відтіняють певну динаміку гамма-активності донних відкладень р. Латориці.

5. Результати дослідження можуть бути використані як порівняльний матеріал із результатів аналогічних досліджень:

- верхів'я (де можливо формуються основні рівні активностей Cs137 у період тайнія снігів на верховинах Карпат), та низини р. Латориці (де, можливо, більш помітні варіації значень  $A$ );
- інших рік Карпатського регіону;
- як порівняльний матеріал із результатами дослідження вмісту інших об'єктів (наприклад, визначення токсичних елементів – Pb, Hg, Zn та інших) [4–7].

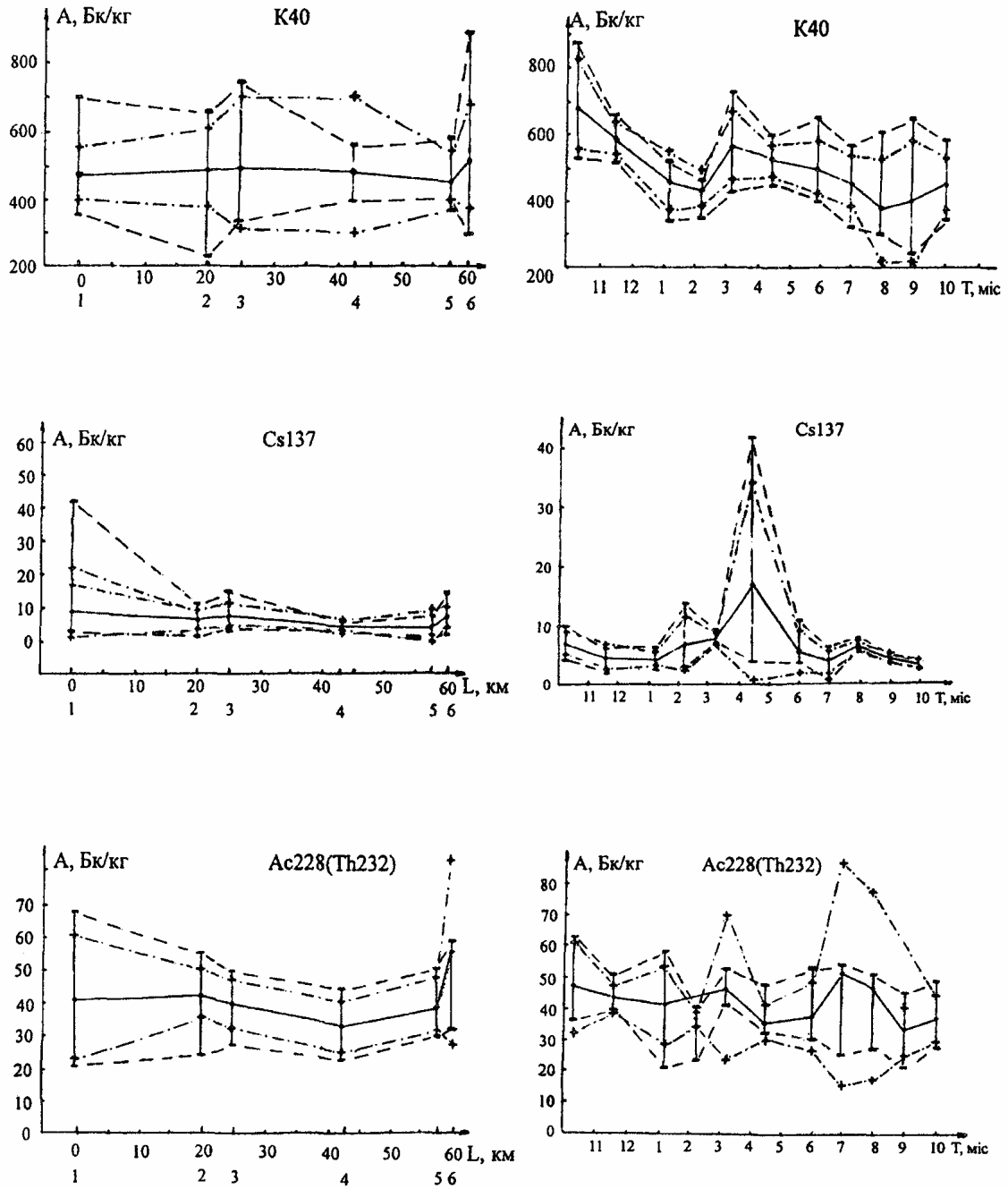


Рис. 1. Просторові (ліві рисунки) та часові (праві рисунки) залежності питомих активностей  $A$  для  $K40$  (верхні рисунки),  $Cs137$  (середні рисунки) та  $Ac228(Th232)$  (нижні рисунки) в донних відкладеннях р. Латориці. (Вертикальні лінії – діапазони зареєстрованих значень  $A$ ; суцільна лінія з'єднує усереднені значення  $A$ ; штрихові лінії – максимальні (верхні точки) та мінімальні (нижні точки); штрих-пунктирні лінії – значення  $A \pm S$ ; числа на осі довжин  $L$  – відстань від точки 1 (с. Кольчино); під віссю довжин  $L$  – номери точок пробовідбору по довжині, вгору по течії; числа на часових осях – місяці 2000–2001 рр. (останній день місяця)

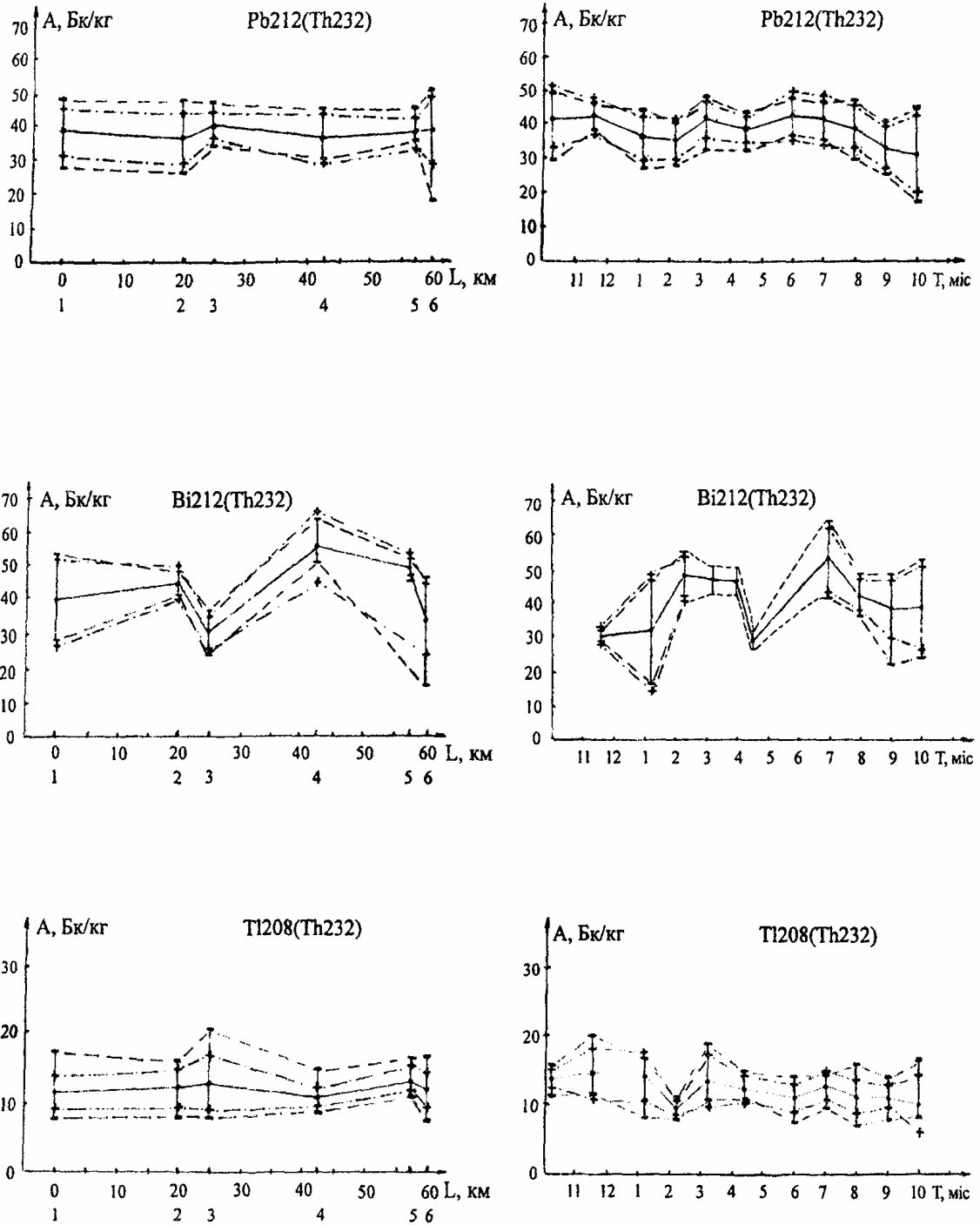


Рис. 2. Просторові (ліві рисунки) та часові (праві рисунки) залежності питомих активностей  $A$  для  $Pb^{212}$  (верхні рисунки),  $Bi^{212}$  (середні рисунки) та  $Tl^{208}$  (нижні рисунки) в донних відкладеннях р. Латориці. (Вертикальні лінії – діапазони зареєстрованих значень  $A$ ; суцільна лінія з'єднує усереднені значення  $A$ ; штрихові лінії – максимальні (верхні точки) та мінімальні (нижні точки); штрих-пунктирні лінії – значення  $A \pm S$ ; числа на осі довжин  $L$  – відстань від точки 1 (с. Кольчино); під віссю довжин  $L$  – номери точок пробовідбору по довжині, вгору по течії; числа на часових осях – місяці 2000–2001 рр. (останній день місяця)

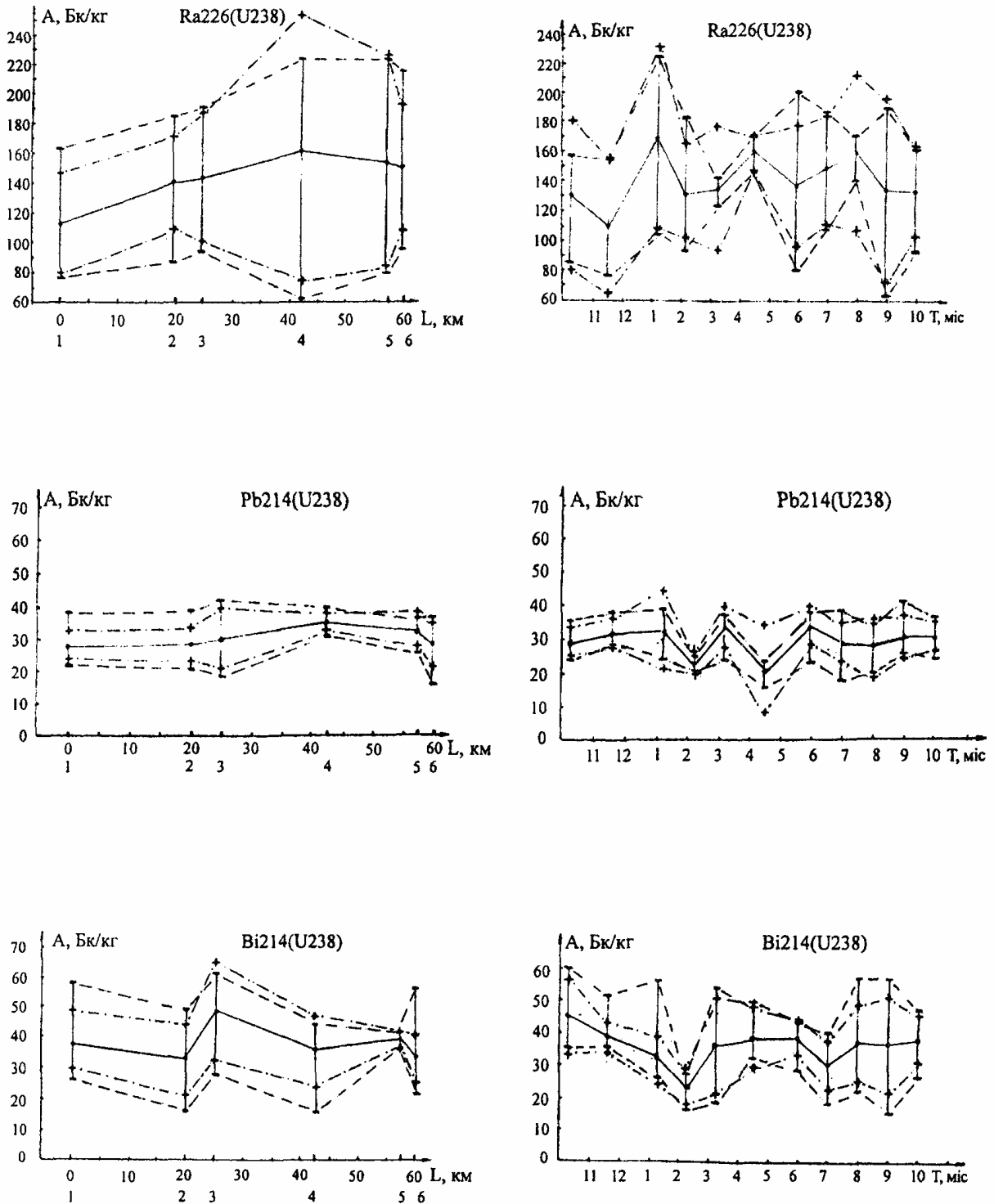


Рис. 3. Просторові (ліві рисунки) та часові (праві рисунки) залежності питомих активностей  $A$  для  $Ra226$  (верхні рисунки),  $Pb214$  (середні рисунки) та  $Bi214$  (нижні рисунки) в донних відкладеннях р. Латориці. (Вертикальні лінії – діапазони зареєстрованих значень  $A$ ; суцільна лінія з'єднує усереднені значення  $A$ ; штрихові лінії – максимальні (верхні точки) та мінімальні (нижні точки); штрих-пунктирні лінії – значення  $A \pm S$ ; числа на осі довжин  $L$  – відстань від точки 1 (с. Кольчино); під віссю довжин  $L$  – номери точок пробовідбору по довжині, в верх по течії; числа на часових осях – місяці 2000–2001 рр. (останній день місяця)

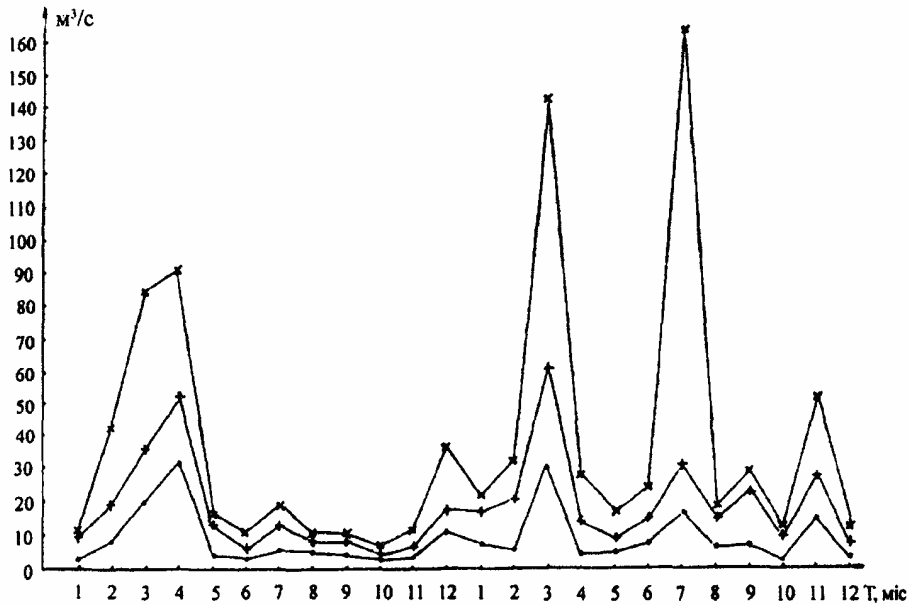


Рис. 4. Середньомісячні витрати води (м<sup>3</sup>/с) р. Латориці (° – с. Підполоззя, + – м. Свалява, × – м. Мукачево) за 2000–2001 рр.; цифри 1–12 – відповідно номери місяців року. Дані люб’язно надані Гідромеліоративним управлінням м. Мукачева.

6. Радіаційний стан р. Латориці (та її басейну) можна вважати задовільним. Однак наявність в деяких зразках слідів Np237, Am241, U235, вказує на необхідність подальшого моніторингу як Латориці так і однієї із інших річок, перш за все р. Терембі, котра бере початок з Боржавських полонин та впадає в р. Тису, екологічний

стан якої, в свою чергу, впливає на довілля р. Дунаю та Чорного моря. Такі дослідження дадуть додаткову об’єктивну та корисну інформацію про екологічні тенденції, зокрема про масштаб (та глибину) ерозії ґрунтів для досить великих територій (площ водозбору цих річок).

1. Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зливи). // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Україна, Рахів, 21–24 вересня 1999 р. – Ужгород, 1999. – 400 с.
2. Природа Закарпатської області. Львов, Из-во при Львовском госуниверситете изд. объединения “Вища школа”, 1981. – 147 с.
3. Стець М.В., Стець М.М., Яцків С.С. Методика метрологічного забезпечення гамма-спектрометрії зразків. // 36. Проблеми економічного та соціального розвитку регіону і практика наукового експерименту. – Київ–Ужгород, 2002. – Вип. 18. (в друці).
4. Кононович А.Л. Радиационная емкость малоизвилистых рек при кратко-

временном сбросе радионуклидов. АЭ. – Т. 56. – Вып. 2., февр. 1994. – С. 98–100.

5. Лазоренко Г.Е. Концентрирование Po 210 донными отложениями Черного моря. ДАН Украины, 2000. – № 9. – С. 203–206.
6. Мединец В.И., и др. Результаты мониторинга радиоактивного загрязнения Черного и Балтийского морей в 1986–1992 гг. ДАН Украины, 1994. – № 1. – С. 121–128.
7. Гулин С.Б., Поликарпов Г.Г., Ааркрод А, Егоров В.Н. Геохронологическое исследование поступления Cs 137 в донные отложения северно-западного шлейфа, континентального склона и глубоководной части Черного моря. ДАН Украины, 1997, № 7. С. 133–138.

# **GAMMA SPECTROMETRY OF CARPATHIAN REGION ENVIRONMENTAL SAMPLES (LATORYTSIA RIVER BOTTOM SEDIMENTS, 2000–2001)**

**Stets M.V., Maslyuk V.T., Nebola I.I.\***

Institute of Electron Physics National Academy of Science of Ukraine,  
21, Universitetska str., 88016 Uzhgorod, Ukraine.  
e-mail: iep@iep.uzhgorod.ua

\*Uzhgorod National University, 46, Pidgirna str., 88000 Uzhgorod, Ukraine.

The results on gamma spectrometry of natural activity in bottom sediments samples taken within October 2000 to October 2001 period in Latorytsia river are presented. The spatial (time-averaged) and time (length-averaged) dependences of specific activities, detected value ranges and mean-square deviation of activities for the K40, Cs137, Th232 series (Ac218, Pb212, Bi212, Tl208) and U238 series (Ra226, Pb214, Bi214) correlate completely with Latorytsia water rates.