

Природні радіонукліди у воді

Бузинний М.Г.,

д.б.н., зав. лабораторії радіаційного моніторингу

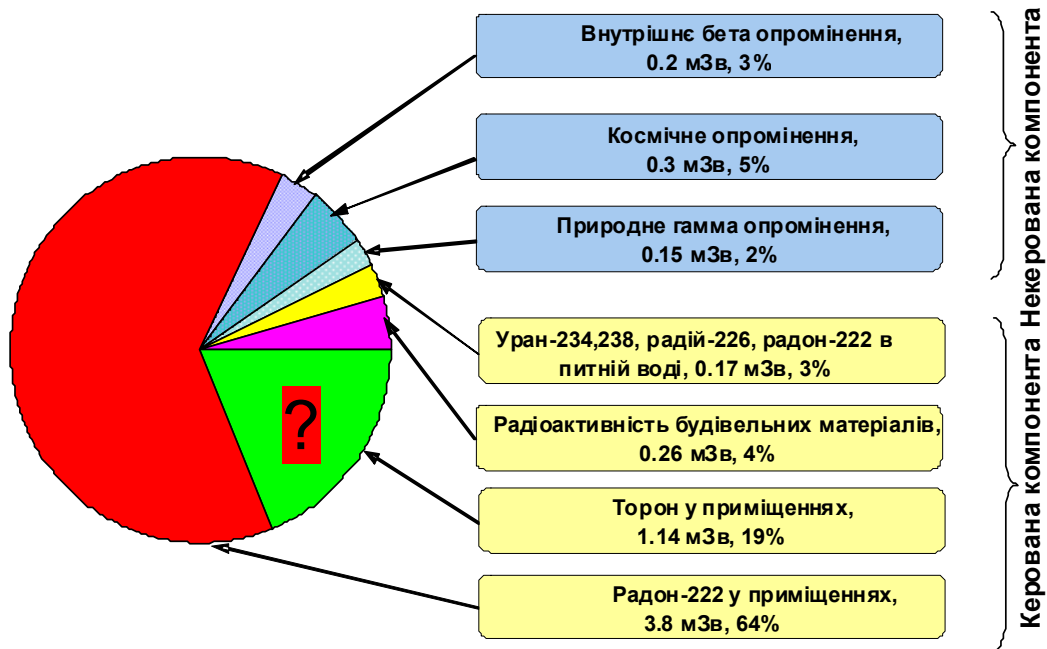
ДУ “Інститут гігієни та медичної екології НАМНУ ім.О.М.Марзєєва”

План: Природні радіонукліди у воді

1. Надходження.
2. Геохімія.
3. Нормування.
4. Ризики для здоров'я.
5. Сценарії вимірювань: методи, обладнання.
6. РСЛ – чому?
7. Приклади вимірювань: U, Ra, Pb+Po, Сумарна А & В
8. Розрахунки: A? MDA, Error.
9. Гарантії якості.
10. Очистка води від радіонуклідів.
11. Підсумки.
12. Публікації.



Природні джерела опромінення людини



Опромінення за рахунок радону-222 складає понад 60 % (з тороном - понад 75 %)

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

3

Терміни:

Радіоактивність — явище спонтанного перетворення нестійкого ізотопу хімічного елемента в інший ізотоп (зазвичай іншого елемента) (радіоактивний розпад) шляхом випромінювання гамма-квантів, елементарних частинок або ядерних фрагментів.

Природна радіоактивність — спонтанний розпад ядер елементів, що зустрічаються в природі.

Штучна радіоактивність — спонтанний розпад ядер елементів, отриманих штучним шляхом, через відповідні ядерні реакції.

Джерела води – океани, озера, річки, джерела, колодязі, свердловини, опади.

Радіоактивні:



Окремі елементи: ^{40}K ...,

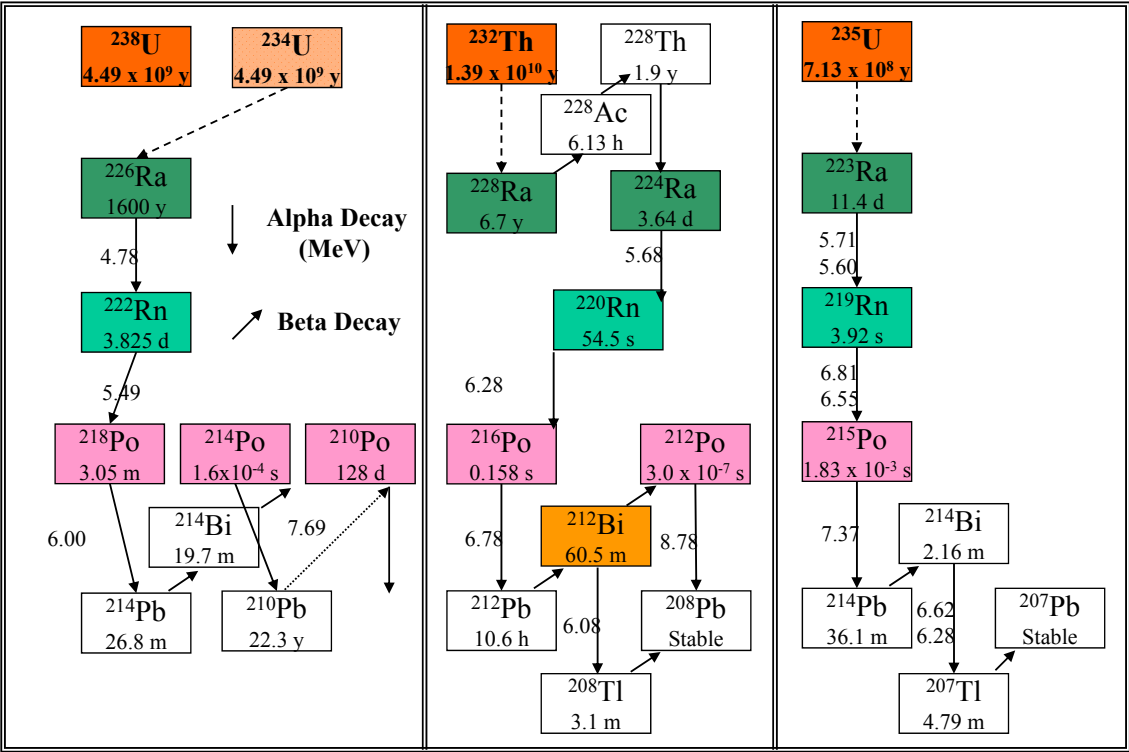
Ряди: ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

4

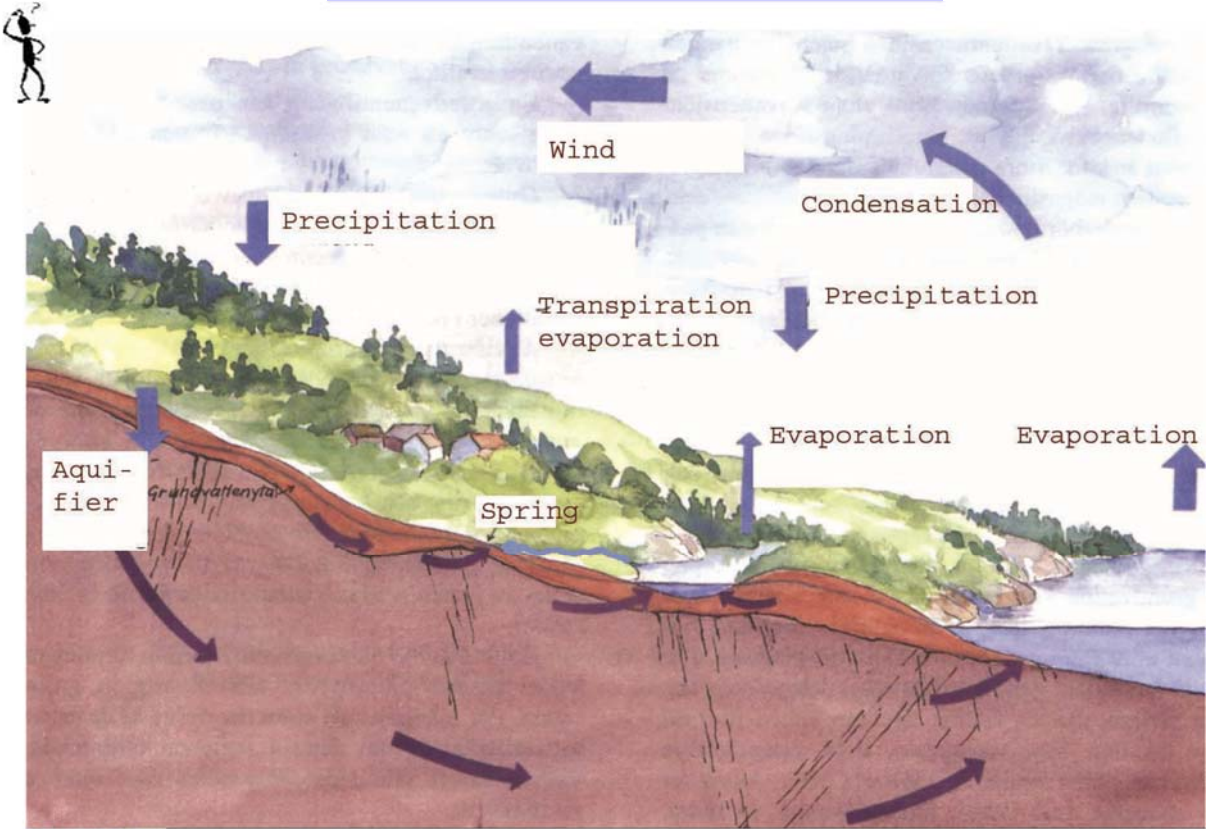
Ряди природних РА елементів



Природні радіонукліди у воді.

5

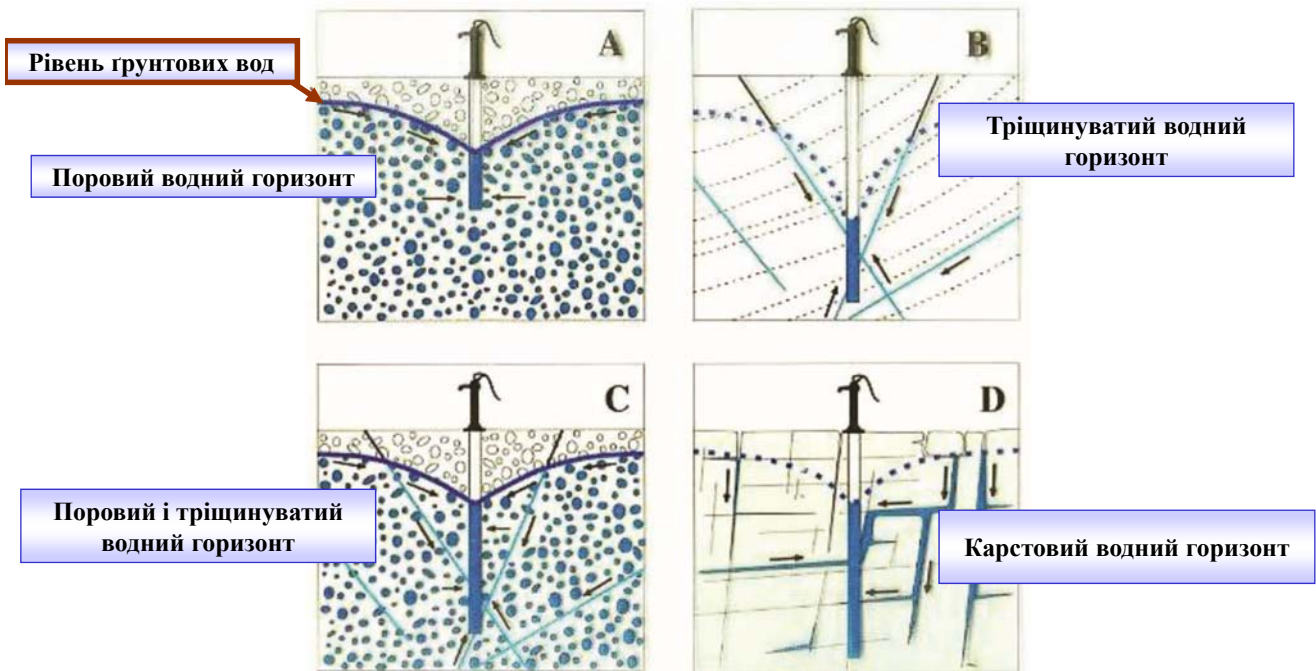
Кругообіг води



Природні радіонукліди у воді.

6

Різні види порід і водних горизонтів



Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

7

Кількість РН у воді визначають:

1. Рівень радіоактивності геологічних порід;
2. Вид водного горизонту;
3. Хімічні властивості води;
4. Час контакту води з породами.
5. Хімічні властивості РН.



Вихідний матеріал та різні коефіцієнти розчинності у воді зумовлюють те, що:

- Уран має відносно високу розчинність у воді;
- Радій має відносно невисоку розчинність у воді;
- Сумісна присутність урану і радію у воді зустрічається рідко;
- Торій-232 має надзвичайно низьку розчинність у воді;
- Рівень радону-222 у воді визначається вмістом радію у породах та коефіцієнтом еманції порід-зокрема тріщинуватістю порід.

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

8



Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

9

Геохімія:

Уран

U реагує з водою і киснем (UO_2 , OH_3);
U має валентність +4 and +6 (+3 -+6);

UO_2^+ and UO_2^{2+} = сильні комплекси з карбонатними іонами та гуміновими кислотами

U-238 має низьку мобільність у воді збідненій на кисень завдяки чому сильно сорбується гумінами

Радон

Інертний газ, який не утворює хімічних сполук та не утримується адсорбуючись на поверхні мінералів або частинок

Rn має слабу кореляцію з фтором. Фтор має місце в багатьох областях граніту з підвищеним рівнем урану

Радій

Ra мобільний у воді з малим вмістом кисню, з великою кількістю хлоридів та з високою концентрацією мінеральних речовин;

Ra має підвищену розчинність коли є декілька місць сорбції (комплекси між іонами)

Землекористування може підвищити концентрацію радію в підземних водах. Це пов'язано з присутністю конкуруючих іонів, таких як кальцій і магній.

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

10

Pb-210 ($T_{1/2} = 22,3$ роки, бета)

- Комплекси з органічними речовинами
- сорбується на частинках
- За умови $pH < 6$ у іонній формі
- за умови pH 6-12 формує гідролізовані продукти
- часто формує колоїди

Po-210 ($T_{1/2} = 138$ днів, альфа)

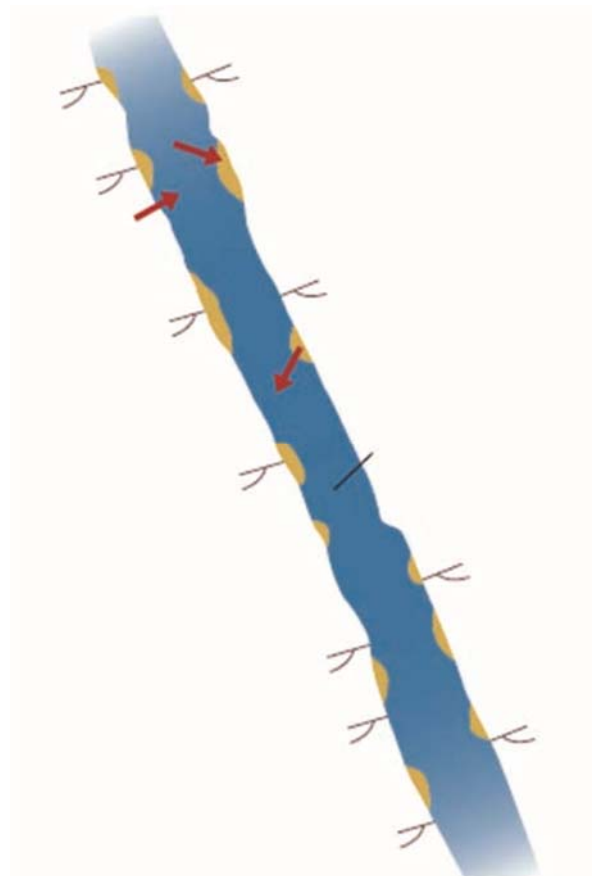
- Формує комплекси і легко сорбується на поверхнях
- In acidic conditions PO_4^{+} ions

Процеси переносу РМ:

Вилуговування урану з породи;

Висадження урану і радію на поверхні;

Радон вивільняється з радію на зломах поверхонь, заповнених водою пор.



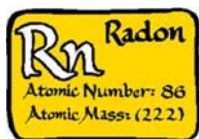
ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ВПЛИВ: шахти, добування урану, добування нафти та газу, рідко земельні, мінеральні добрива

U:

- Вода в околицях виробництв з переробки урану: свердловини, колодязі, водойми – в межах 1 – 1000 Бк/л,
- Шахтні води до 50 Бк/л.

Ra-226:

- До 5-10 Бк/л для шахтних вод,
- До 50 -100 Бк/л – для пластових вод.



Виділення радону в повітря з води при її використанні

<u>Миття посуду</u>	95%
<u>Душ</u>	60 -70%
<u>Ванна</u>	30 -50%
<u>Туалет</u>	30%
<u>Прання</u>	90 -95%
<u>Питна вода</u>	10 -45%
(Nazaroff 1987)	





Варіації радону у повітрі приміщення викликані надходженням радону при використанні води (близько 4 000 Бк/л)

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

15

Дослідження ПРН у воді

СанПиН № 2.2.4-171-10:

ВОЗ: Σ Alpha (0,1), Σ Beta (1,0)

НРБУ-97: U, Ra-226, Rn-222, Ra-228

НРБУ-97: Pb-210, Po-210, Ra-224, ...



ВОЗ: Σ Alpha – 0.1 Вq/L Σ Beta – 1.0 Вq/L

НРБУ-97: U, Ra-226, Rn-222, Ra-228

(Вq/L) 1.0 1.0 100.0 1.0

Росія: 1.0 0.6 60.0 0.4

Київ, 27.10.11

16

Ризики для здоров'я

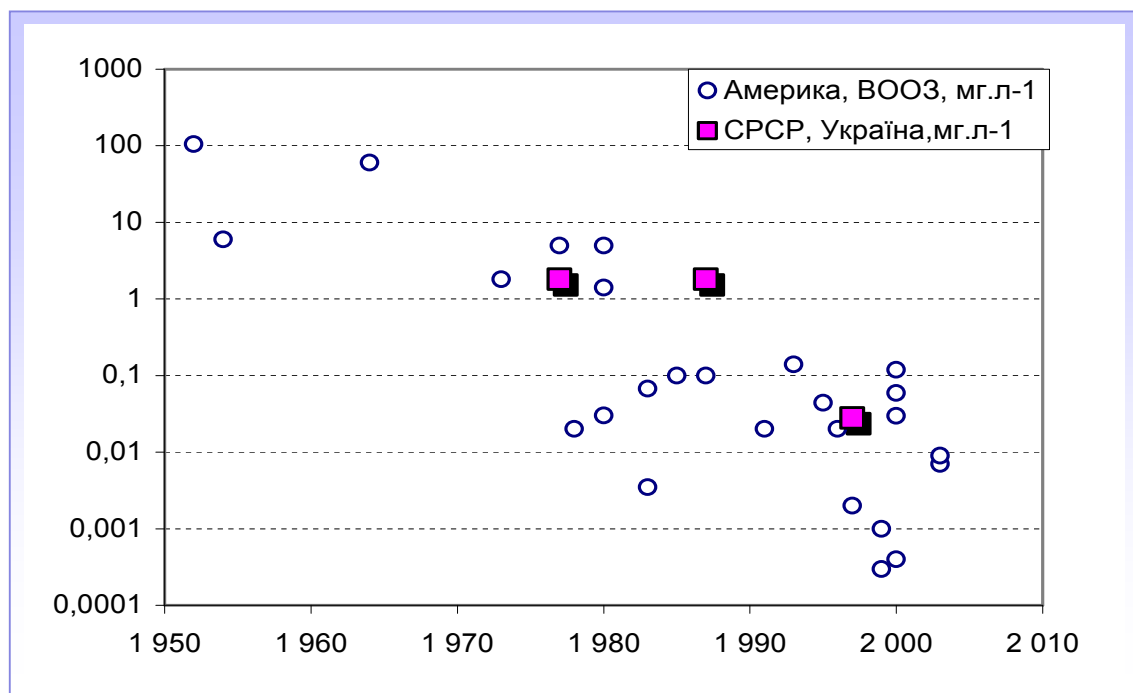
ПРН у воді:

Радіоактивність – несприятлива дія усіх радіонуклідів.

Токсична дія урану та зумовлене нею ураження органів людини:

1.0 Бк·л⁻¹ – 27 мкг·л⁻¹ для **1:2** та 16 мкг·л⁻¹ для **1:4** ²³⁸U до ²³⁴U.

Розвиток стандартів, норм та максимальної допустимої концентрації для урану в питній воді та ґрунтовій воді (непрофесійне опромінення)



Ризики для здоров'я

Оцінка ризику від радону у воді

- **1000 Бк/л** привносить близько **100 Бк/м³** у повітря приміщення (**основна компонента**)
- ДПР радону формують дозу при розпаді радону,
- Із води радон надходить через стінки шлунку та кишок
- Радон розчиняється в жирових тканинах
- Радон виводиться через дихання

Ризики для здоров'я

Інші радіонукліди у воді

Радій (^{226}Ra , ^{228}Ra)

- депонується у кісткових тканинах
- опромінює альфа-частками при розпаді ДПР

Полоній-210, Свинець-210

- депонуються – свинець у кісткових тканинах, полоній - у м'язових тканинах
- опромінювання альфа-частками полонію-210

Уран у воді хімічний токсикант, що пошкоджує нирки і не тільки.

Сценарій для вимірювань

НРБУ-97:

U,
Rn-222,
Ra-226,
Ra-228

WHO:

Σ Alpha – 0.1 Bq/L
 Σ Beta – 1.0 Bq/L

САНПиН

➤ Підземні:

Спочатку: Σ Alpha, Σ beta та Rn-222

Потенційно:

U, Ra-226, Ra-228, ... Ra-224 ...

➤ Поверхневі:

Спочатку: Σ Alpha, Σ beta

Потенційно:

U, Ra-224, Pb-210, Po-210, Ra-226,
Ra-228, Sr-90, Cs-137, ... Rn-222?

Проблеми:

НРБУ-97 встановили критерії радіаційної безпеки води.

однак:

- Досвід (останні роки) комерційного проведення розгорнутих досліджень (НРБУ-97: уран, радон-222, радій-226, радій-228) показує (Житомирська, Київська, Вінницька, Чернігівська, ...) неможливість виконання більш жорсткого нормативу:
 Σ Alpha (0.1 Bq/L) та Σ Beta (1.0 Bq/L) принаймні для половини джерел. Полоній-210 не досліджували;
- Відома ситуація, яка може зустрічатись досить часто і, зокрема в Україні, коли Σ Alpha зумовлена присутністю радію-224 (помилкова тривога).
- Хто платить за дослідження, скільки вони коштують і тривають?

Так, я переймаюсь проблемами замовників.

Вирішення може дати застосування регіонального підходу.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ: РЕКОМЕНДАЦІЇ

- Принциповим є обов'язковість застосування концентрування та радіохімічного виділення.
- Застосування методів які мають високу ефективність реєстрації: альфа- та бета-випромінювання.
- Рівень чутливості - принаймні десятикратний запас по відношенню до існуючого нормативу.
- Застосовують методи: низькофонові альфа- та бета-лічильники та спектрометри на основі сцинтиляційного, рідинно-сцинтиляційного лічення, напівпровідникової техніки, еманометри, газопроточні та газонаповнені детектори.
- Низька ефективність реєстрації гамма-спектрометричного обладнання – одиниці процентів не дозволяє застосовувати їх для переважної більшості завдань визначення природних радіонуклідів у воді. Проводити прямі гамма-спектрометричні вимірювання є можливість тільки для радону, радію-228 (напівпровідникові детектори).

Рекомендації щодо обладнання

Що можна рекомендувати:

- УМФ-2000 (модернізований зі спектрометричним трактом (А/В),
- Газопроточні прилади (А/В),
- TRIATHLER LSC tester + А/В розділення,
- Еманометричні прилади (^{222}Rn , ^{226}Ra),
- НП альфа-спектрометри (^{226}Ra , ^{238}U , ^{234}U),
- HIDEX 300 SL
- ...
- Packard LSC spectrometers,
- ...
- Quantulus 1220TM

РСЛ: Варіанти підготовки проб

№	Радіонуклід	Детектор	Проба (фаза)	Пріоритет
1	Тритій	Рідкий	Водна	☹ ☹ ☹
2			Органічна	☹
3	Радіовуглець			☹ ☹ ☹
4	Радон	Рідкий	Водна	☹
5			Органічна	☹ ☹ ☹
6		Твердий	Газ	☹
7	Радій	Рідкий	Водна	☹
8			Органічна	☹ ☹ ☹
9	Уран		Водна	☹
10			Органічна	☹ ☹ ☹
11	Свинець		Водна	☹
12	Полоній			☹
13	Свинець	Рідкий	Поверхня металевого диску	☹ ☹ ☹
14	Полоній			☹ ☹ ☹
15	А+Б-Сум	Рідкий	Водна	☹ ☹ ☹

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

25

Наші підходи до вимірювань

- РСЛ – рідинно-сцинтиляційне лічення
- Що вимірювати?
- **Уран**
- **Радій**
- **Полоній+Свинець**
- Технологія вимірювання?
- Підходи на основі низькофонового РСЛ spectrometer Quantulus 1220™
- Сумарна **альфа-** та **бета-**
- Включає:
- Випарювання 20-50 мл води
- Розчинення в 1-2М HNO₃
- Промивання дистильованою водою
- Все до об'єму 4-5 мл
- Додати Optiphase High Safe 3
- Використовувати Teflon® віалки
- Вимірювання одразу та після витримки 3-4 тижні
- У залежності від типу проби:
- U – готовий результат,
- Ra - очевидна присутність Pb та Po,
- Природна вода ? -
- Принаймні Ra по Po-214 за методом Salonen

Уран екстракція за допомогою ТБФ

Включає:

- висадження та екстракція розчином ТБФ у толуолі
- Барботування аргоном +
- Додавання сцинтилятора на основі толуолу
- **Teflon®** віалки

Радон(Радій) – еманаційна технологія

Включає:

- випарювання 100-200 мл;
- Розчинення в 1-2М HNO₃;
- Промивання стінок дистильованою водою;
- Довести до об'єму 10мл;
- Додати сцинтилятор (рідина на основі толуолу);
- +**Teflon®** віалки;
- Вимірювання після 4-7+ днів.

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

26



Технологія вимірювань урану: концентрування (висадження) та виділення (екстракція) в розчин ТБФ у толуолі



Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

27

Дослідження радію

Ланцюги розпаду ізотопів радію (періоди напіврозпаду)

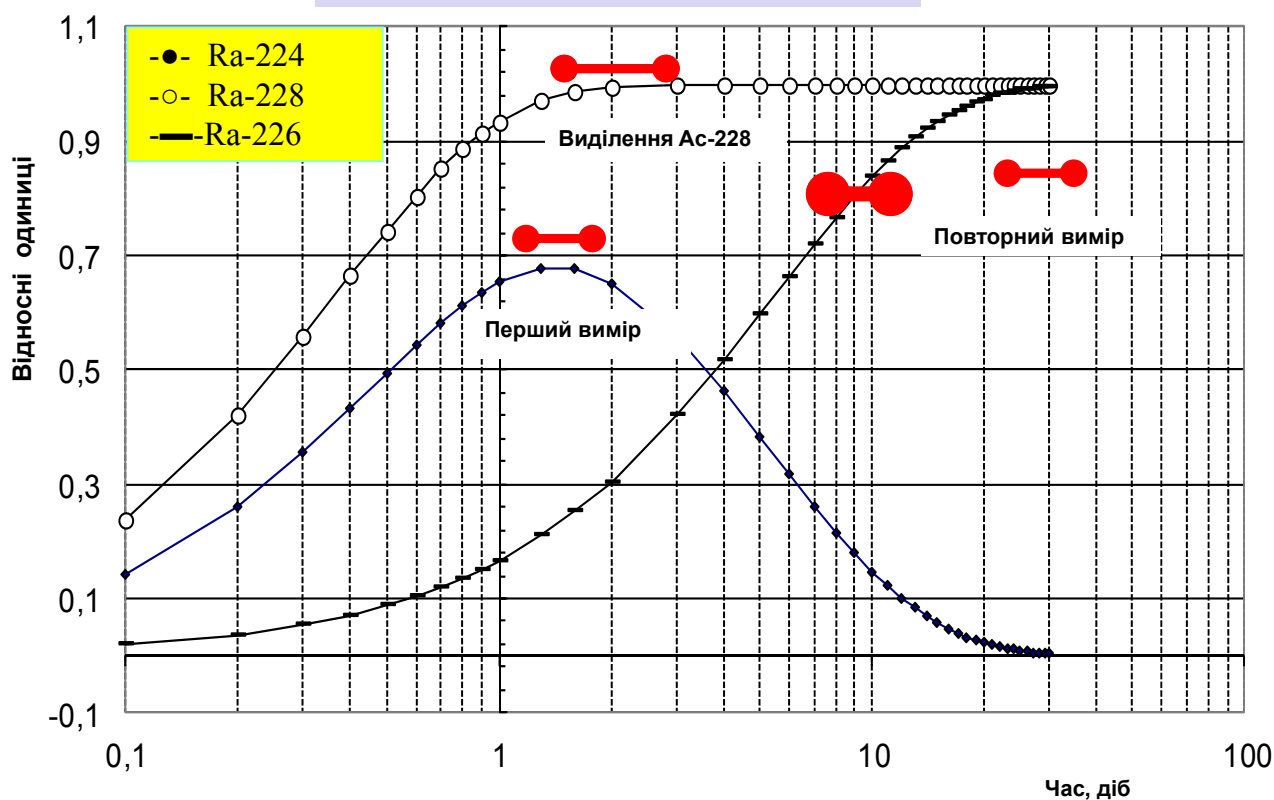
	^{226}Ra				^{228}Ra				^{224}Ra		
^{226}Ra	1620 роки	α			^{228}Ra	5.7 років	β		^{224}Ra	3.63 дні	α
^{222}Rn	3.83 дні	α			^{228}Ac	6.1 годин	β		^{220}Rn	55 с	α
^{218}Po	3.05 хвилин	α							^{216}Po	0.15 с	α
^{214}Pb	26.9 хвилин	β							^{212}Pb	10.6 години	β
^{214}Bi	19.7 хвилин	β							^{212}Bi	60.6 хвилин	α, β
^{214}Po	1.164 мкс	α							^{212}Po	300 нс	α
									^{208}Tl	3.1 хвилин	β
									^{208}Pb		

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

28

Дослідження радію



29

$^{210}\text{Pb}(\text{Bi}) + ^{210}\text{Po}$ на металевому диску

Термостимульоване висадження



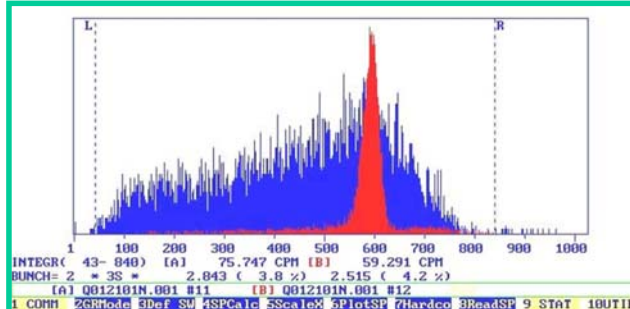
Технологія вимірювань РСЛ



A.E. Bakhur, L.I. Manuilova, T.M. Ovsjannikova. Po-210 and Pb-210 in environment. Methods of determination. ANRI. N.1. 2009. p. 29-39. (In Russian)

Buzinny M. Simultaneous determination of ^{210}Po and ^{210}Pb using LS technique. International Topical Conference on Po and Radioactive Pb isotopes. Sevilla, Spain, October, 26-28, 2009: Book of Abstract, 2009.

– P. 45.



Київ, 27.10.11

30

Сумарна альфа- та бета-

Що складає? – Як інтерпретувати? – Тільки відбраковка.

Як вимірювати: 50-500 мл, РСЛ, газопроточний або НП – лічильник.

$\Sigma\alpha$ та $\Sigma\beta$ - Динамічно змінювані у часі: - Коли вимірювати?
Через 5 годин після випарювань, та (або) через X діб з моменту відбору.

X (діб) – чому? – Важливо мінімізувати час у лабораторії.

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

31

Практичні розрахунки

Питома активність проб, МДА, похибка

$$A = \frac{N}{t \cdot m \cdot E \cdot k \cdot ch}$$

A – Питома активність проби,
N – Кількість відліків,
t – час вимірювань,
m – маса проби,
E – ефективність реєстрації,
k – квантовий вихід,
ch – хімічний вихід.

$$MDA = \frac{1 + \sqrt{1 + 8 N_{\phi} t \delta^2}}{2 t \delta^2 P \mu} E$$

$$\delta = \sqrt{\frac{N_{np} + N_{\phi}}{t_{np}} + \frac{N_{\phi}}{t_{\phi}}}$$

Київ, 27.10.11

Пр

<u>U-238+234</u>	<u>Ra-226</u>	<u>Rn-222</u>	<u>Po-218</u>	<u>Po-214</u>	600%
<u>U-238+234</u>					200%
<u>Ra-226</u>	<u>Rn-222</u>	<u>Po-218</u>	<u>Po-214</u>		400%
<u>Rn-222</u>	<u>Po-218</u>	<u>Po-214</u>			300%
<u>Rn-222</u>	<u>Po-218</u>				200%

Гарантії якості

1. Прилади;
2. Персонал;
3. Методи (стандартизація, калібрування, порівняльні тести).

Порівняльні тести

Що потрібно вимірювати?

- Сумарна альфа-активність
- Сумарна бета-активність
- Радон у воді
- Радій-226 у воді
- Уран у воді

ПТ: ПРН у воді

2006 – МАГАТЕ (полоній-210) (дві лабораторії України).

2007 – Швеція (SSM) та ми : (Уран, радій-226, полоній-210, свинець-210) – вода природна і модельна. **Один + один.**

2008 – ми та 4 інших вітчизняних лабораторій (радон, уран, радій-226, полоній-210, свинець-210). **5 лабораторій.**

2009 – ми та 5 інших вітчизняних лабораторій (радон, уран, радій-226, полоній-210, свинець-210) – високоактивні та високомінералізовані проби. **6 лабораторій.**

2010 – ми + 5 інших вітчизняних лабораторій + Швеція (SSM) + Фінляндія (STUK) (радон, уран, радій-226, полоній-210, свинець-210) – проби природної води. **6 лабораторій +1 +1**

2010 – Всесвітні відкриті тести досвіду визначення ПРН у воді та радію-226 у ґрунті (дві лаб. України)

МАГАТЭ (IAEA)

IAEA-CU-2010-03

Звіт про індивідуальну оцінку

Всесвітні відкриті тести досвіду визначення природних радіонуклідів у воді та радію-226 у ґрунті

Individual Evaluation Report

for

Laboratory No. 23



Your personal customer number: 3977

DR. MYKHAILO BUZYNNYY

HEAD OF RADIATION HYGIENE MONITORING LABORATORY
THE MARZEYEV INSTITUTE OF HYGIENE AND MEDICAL ECOLOGY
ACADEMY OF MEDICAL SCIENCES OF UKRAINE
50 POPUDRENKO STR.
02094, KIEV
UKRAINE

Tel: +380 44 513 7074
Fax: +380 44 513 7074
e-mail: mbuz@ukr.net

Contact Information

A. Shkhashiro
IAEA Reference Materials Group
Department of Nuclear Sciences and Applications
NAEL, Terrestrial Environment Laboratories
International Atomic Energy Agency
Agency's Laboratories (Seibersdorf)
A-2444 Seibersdorf - Austria

Email: a.shkhashiro@iaea.org

Tel: + 43 1 2600 28226
Fax: + 43 1 2600 28222

<http://nucleus.iaea.org/rpst/>

DISCLAIMER:

This report has been generated automatically and is for your personal information only. The official results of the proficiency test will be published in the final report. If you believe, that any information provided on this form might be incorrect please contact us as soon as possible.

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

37

page 1 of 5

Evaluation on Sample 1, Spiked tap water sample, Reference Date: 15th of November 2009

Analyte	IAEA Value [Bq/kg]	IAEA Unc [Bq/kg]	Lab Value [Bq/kg]	Lab Unc [Bq/kg]	Lab Unc %	Rel. Bias %	z-Score	u-Test	Ratio Lab/IAEA	F	Final Score
Ra-226	0.04	0	0.014	0.006	42.86	-65.00	0.00	-4.33	0.35	0.00	A
U-234	0.04	0	0.038	0.009	23.68	-5.00	0.00	-0.22	0.95	0.02	A
U-238	0.04	0	0.038	0.009	23.68	-5.00	0.00	-0.22	0.95	0.02	A

Evaluation on Sample 2, Spiked tap water sample, Reference Date: 15th of November 2009

Analyte	IAEA Value [Bq/kg]	IAEA Unc [Bq/kg]	Lab Value [Bq/kg]	Lab Unc [Bq/kg]	Lab Unc %	Rel. Bias %	z-Score	u-Test	Ratio Lab/IAEA	A1	A2	Trueness	P(%)	Precision	Final Score
Ra-226	0.86	0.02	0.78	0.10	12.82	-9.30	-0.19	-0.78	0.91	0.08	0.26	A	13.03	A	A
U-234	1.3	0.03	1.49	0.09	6.04	14.62	0.29	2.00	1.15	0.19	0.24	A	6.47	A	A
U-238	0.7	0.02	0.99	0.08	8.08	41.43	0.83	3.52	1.41	0.29	0.21	N	8.57	A	N

Evaluation on Sample 3, Spiked tap water sample, Reference Date: 15th of November 2009

Analyte	IAEA Value [Bq/kg]	IAEA Unc [Bq/kg]	Lab Value [Bq/kg]	Lab Unc [Bq/kg]	Lab Unc %	Rel. Bias %	z-Score	u-Test	Ratio Lab/IAEA	A1	A2	Trueness	P(%)	Precision	Final Score
Ra-226	1.57	0.04	1.51	0.12	7.95	-3.82	-0.08	-0.47	0.96	0.06	0.33	A	8.35	A	A
U-234	0.47	0.01	0.55	0.05	9.09	17.02	0.34	1.57	1.17	0.08	0.13	A	9.34	A	A
U-238	0.31	0.01	0.37	0.05	13.51	19.35	0.39	1.18	1.19	0.06	0.13	A	13.89	A	A

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

38

Evaluation on Sample 4, Spiked tap water sample, Reference Date: 15th of November 2009

Analyte	IAEA Value [Bq/kg]	IAEA Unc [Bq/kg]	Lab Value [Bq/kg]	Lab Unc [Bq/kg]	Lab Unc %	Rel. Bias %	z-Score	u-Test	Ratio Lab/IAEA	G	Final Score
Gross_alpha	4.8	0.1	4.6	0.46	10.00	-4.17	0.00	-0.42	0.96	10.00	A
Gross_beta	9.1	0.2	9.2	1.0	10.87	1.10	0.00	0.10	1.01	9.20	A

Evaluation on Sample 5, Spiked tap water sample, Reference Date: 15th of November 2009

Analyte	IAEA Value [Bq/kg]	IAEA Unc [Bq/kg]	Lab Value [Bq/kg]	Lab Unc [Bq/kg]	Lab Unc %	Rel. Bias %	z-Score	u-Test	Ratio Lab/IAEA	G	Final Score
Gross_alpha	8.5	0.2	8.0	0.9	11.25	-5.88	0.00	-0.54	0.94	8.89	A
Gross_beta	11.1	0.3	10.9	1.2	11.01	-1.80	0.00	-0.16	0.98	9.08	A

Evaluation on Sample 6, Soil sample, Reference Date: 15th of November 2009

Analyte	IAEA Value [Bq/kg]	IAEA Unc [Bq/kg]	Lab Value [Bq/kg]	Lab Unc [Bq/kg]	Lab Unc %	Rel. Bias %	z-Score	u-Test	Ratio Lab/IAEA	A1	A2	Trueness	P(%)	Precision	Final Score
Ra-226	19050	260	15360	800	5.21	-19.37	-0.39	-4.39	0.81	3690.00	2170.27	N	5.38	A	W

DISCLAIMER: This report has been generated automatically and is for your personal information only. The official results of the proficiency test will be published in the final report. If you believe that any information provided on this form might be incorrect please contact us as soon as possible.

Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

Очистка води від радіонуклідів



- Фільтрувальні:
- активоване вугілля, глина;
 - Зворотний осмос;
 - Іонообмінні смоли;
 - Аераційні системи;
 - Комплексні системи.



Київ, 27.10.11

Природні радіонукліди у воді.

Радон може видалятися ефективно завдяки застосуванню аераторів або фільтрувальних систем на основі активованого вугілля (>95%). Аераційні системи можуть давати очистку води на 67–99%. Коли аератор працює правильно його ефективність перевищує 95%.

Уран ефективно видаляється (>95%) сильноосновними іонообмінними смолами,

Радій – застосуванням сильноокислих катіонообмінних смол. Слабокислі катіонні резини, цеоліт А, титанат соди, двоокис магнію досить ефективно видаляють радій. Гідроксилапатит видаляє як радій так і уран.

Свинець та полоній можна видалити з води завдяки іонообміну та фільтрації на активованому вугіллі (35–100%).

Очікується, що ні свинець і особливо ні полоній не формують осадів, однак вони сорбуються в колоїдальних мінералах та органіці.

ВАДИ: Під час роботи різноманітних систем очистки води генеруються радіоактивні залишки.

Приклад вирішення проблеми високої радіоактивності води

Миронівський р-н, Київська обл (місто Миронівка і навколишні села)

Спочатку джерела водопостачання використовували воду глибоких свердловин, понад 100 м):

Rn-222 – 300-1000+ Бк/л, (100 Бк/л)

Ra-226 – 0.5-10.0 Бк/л, (1.0 Бк/л)

U – 0.5-10.0 Бк/л. (1.0 Бк/л)

за сприяння районної санепідстанції через 20 років:

Всі системи водопостачання було переведено на свердловини глибиною 20-50 м, і жодного перевищення нормативів).



2011 Natural Radionuclides in Underground Water in Ukraine **Authors:** Michael Buzinny, Victor Sakhno, Maxim Romanchenko *Proceedings of the LSC 2010 International Conference* edited by Philippe Cassette, p 1–5 (In Press)

2011 Дослідження природних радіонуклідів у підземній воді в Україні **Автори:** Бузинний М.Г., Михайлова Л.Л., Сахно В.І., Романченко М.О. Довкілля та здоров'я. 2011

2004 Еволюція гігієнічних регламентів для урану в питній та підземній воді **Автори:** М.Г.Бузинний. Гігієна населених місць. Збірник 2004: Вып. 43. С.316-321; Інститут гігієни та медичної екології АМН України. - Київ .

2004 Природна радіоактивність питної води свердловин на території України **Автор:** М.Г.Бузинний. Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: Матеріали XIV з'їзду гігієністів України. Т.ІІ -К., 2004. edited by Під ред. Ю.І.Кундієва, А.М.Сердюка, Є.Г.Гончарука, О.В.Лапушенко, 2004: pages С.308-310; 19-21 травня 2004 року. (Дніпропетровськ) .

2003 Требования к системе контроля воды источников хозяйственного и питьевого водоснабжения в соответствии с требованиями НРБУ-97 **Автор:** Бузинный. М.Г. Сборник научных трудов XI (ежегодная) международная научно-техническая конференция "Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. 2003: С. 839-841.; "УГНИИ "УкрВОДГЕО" - ЧП Сиверская, 2003.Том.4.

2003 Досвід вивчення природної активності води питного та господарського водопостачання в Житомирській області **Автори:** М.Г. Бузинний, М.Я. Циганков, М.О. Бондар Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України: Зб. тез та доповідей наук.-практ. конф. , (24-25 квітня 2003 р., Київ).- Київ, 2003.- ; 2003; С.20-21.

1993 Радон-222 в воде: концентрации, дозы, нормирование **Автори:** А.В.Зеленский, М.Г.Бузинный, И.П.Лось. Проблемы радиационной медицины. Республиканский межведомственный сборник. Выпуск 5. Киев. 1993.- 1993: 73-81с.;

1993 Measurement of Radium-226, Radon-222, and Uranium-238,234 in Underground Water of the Ukraine with Ultra Low-Level Liquid Scintillation Counter **Authors:** Zelensky A.V., Buzinny M.G., Los' I.P. In Liquid Scintillation Spectrometry 92. Proc. of Int. Conf. on Advances in LSC, LSC 1992. Vienna, Austria, 14-18, 1992. edited by Eds. J.E. Noakes, Franz Schonhofer & H.A. Polach. , 1993: pages pp. 405-411.; Radiocarbon. Tucson 1993.

Дякую Вам за увагу!