

проходила в сентябре 2010 года в г. Варна (Болгария). Так, авторами установлено, что средние дозы на кожу при кардиальной ангиографии составили 0,5 Гр, а ПДП — 34 Гр·см<sup>-2</sup>, при ангиопластике соответственно 0,9 Гр и 80 Гр·см<sup>-2</sup>.

В связи с этим следует учесть, что дозы облучения пациентов можно снизить без всякого ущерба для результатов вмешательства.

Для этого при проведении исследований необходимо выполнять следующие основные требования:

- строго обосновывать проведение исследований;
- сокращать, насколько это возможно, время проведения процедуры;
- оптимизировать физико-технические режимы рентгенаппарата;
- обязательно использовать средства индивидуальной защиты пациента;
- обеспечить систему регистрации проведения повторных рентгенологических процедур;
- все пациенты с дозой на кожу более 1 Гр должны наблюдаться на протяжении 2 недель после процедуры.

В заключение необходимо отметить: несмотря на то, что при интервенционном вмешательстве пациенты получают высокие дозы облучения, все же польза от их проведения превышает радиационный риск и дает максимальный информационный и лечебный эффекты. Строгое соблюдение требований радиационной безопасности при проведении ангиографических процедур позволит снизить дозы облучения пациентов без ущерба для результатов диагностики и лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Т.О. Радиационно-гигиєнічна оцінка доз опромінення населення України від техногенно-підсилених джерел природного походження. Докт. дис. — К., 2010. — 39 с.
2. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году». — М.: Роспотребнадзор, 2010. — 247 с.
3. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States: NCRP № 160. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA. 2008.
4. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. — ICRP Publication 85. Annals of the ICRP, 2000. — P. 7-67.  
Надійшла до редакції 19.11.2010.

## STUDY OF NATURAL RADIONUCLIDES IN UNDERGROUND WATER IN UKRAINE

Buzinny M.G., Mykhailova L.L., Sakhno V.I.,  
Romanchenko M.A.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ПІДЗЕМНІЙ ВОДІ В УКРАЇНІ

# М

**БУЗИННИЙ М.Г.,  
МИХАЙЛОВА Л.Л.,  
САХНО В.І.,  
РОМАНЧЕНКО М.О.**

ДУ «Інститут гігієни  
та медичної екології  
ім. О.М. Марзєєва  
АМН України»,  
м. Київ

и здійснюємо дослідження вмісту природних радіонуклідів у воді з 1988 року, використовуючи методи рідинно-сцинтиляційного лічення. Згідно з методичним підходом Salonen ми попередньо концентрували 20-50 мл води до 2-4 мл [1]. Для вимірювань пробу переносили у тefлоновий флакон, додаючи сцинтиляційну рідину Optiphase HighSafe 3. Необхідні два виміри виконували наступного дня і на 30-й день після приготування. Загальний альфа-спектр охоплює уран, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn, <sup>218</sup>Po та <sup>214</sup>Po. Основа методу полягає у тому, що для другого вимірювання окремих пік <sup>214</sup>Po відповідає <sup>226</sup>Ra (у рів-

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОДЗЕМНОЙ ВОДЕ В УКРАИНЕ

**Бузинный М.Г., Михайлова Л.Л., Сахно В.И., Романченко М.А.**

НРБУ-97 налагодит ограничение на содержание природных радионуклидов в воде артезианских скважин: природный уран — 1,0 Бк·л<sup>-1</sup>, <sup>226</sup>Ra — Бк·л<sup>-1</sup>, <sup>228</sup>Ra — Бк·л<sup>-1</sup> и <sup>222</sup>Rn — 100,0 Бк·л<sup>-1</sup>. Для исследования содержания природных радионуклидов в подземных водах мы используем методы на основе жидкостно-сцинтиляционного счета (ЖСС) на спектрометре Quantulus 1220™. Рутинное исследование воды включает измерение пробы 10 мл воды и 10 мл жидкого сцинтиллятора (ЖС) на основе толуола для определения радона; измерение пробы природного урана, экстрагированного из 1 л воды в 20% раствор ТБФ в толуоле; измерение пробы 200 мл воды после предварительного концентрирования к объему 10 мл вместе с 10 мл ЖС на основе толуола для определения <sup>226</sup>Ra по накопленному <sup>222</sup>Rn в тefлоновых флаконах после уравнивания в течение 7-10 дней; измерение пробы 4 мл предварительно сконцентрированной из 20-50 мл воды с дополнением ЖС OptiPhase HiSafe 3 через сутки после приготовления для совместного определения суммарной альфа- и бета-активности. При выявлении высоких уровней урана и/или <sup>226</sup>Ra проводятся измерения других природных радионуклидов. Для измерения <sup>228</sup>Ra в воде мы используем гамма-спектрометр или соосаждение 1-2 л пробы и выделение <sup>228</sup>Ac, ЖС измерение пробы проводится после добавления ЖС OptiPhase HiSafe 3. Для подготовки к измерению <sup>210</sup>Pb и <sup>210</sup>Po мы модифицировали технологию термо-стимулированного осаждения на металлический диск. Измерение пробы проводится в ЖС на основе толуола. Пространственное распределение результатов исследований радиоактивности воды описано на уровне областей. Обсуждение касается оценки доз облучения, оценки токсического действия урана, причины повышенных уровней, промышленного влияния, нормирования, профилактических мер, перспективы исследований.

© **Бузинний М.Г., Михайлова Л.Л., Сахно В.І.,  
Романченко М.О. СТАТТЯ, 2011.**

ся на його екстракції розчином ТБФ у толуолі і РС вимірюванні. Для вимірювань  $^{226}\text{Ra}$  ми концентруємо 100-200 мл води до 10 мл, додаємо сцинтиляційної рідини на основі толуолу і вимірюємо  $^{222}\text{Rn}$ , врівноважений до 72-84% протягом 7-10 днів.

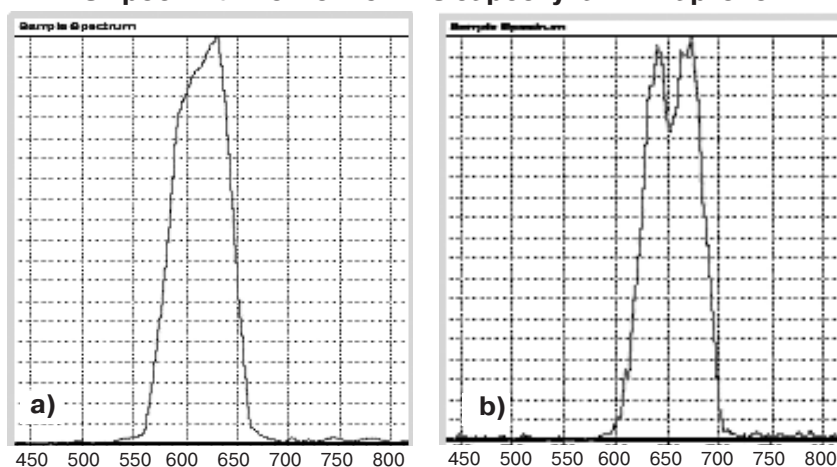
**Уран.** Дослідження урану є головним. Ми використовуємо 1-2 л води. Для підготовки проби ми робимо декілька кроків: вода +  $\text{FeCl}$  +  $\text{HNO}_3$  > кипіння > гідроксид амонію > очікування формування осаду > фільтрація > розчинення > екстракція розчином ТБФ у то-

луолі > нейтралізація шляхом додавання нітрату амонію + РС коктейль на основі толуолу > барботування аргонем > РС вимірювання. Метод має  $65 \pm 3\%$  хімічний вихід. Крім того ми робимо поправку на індивідуальні втрати екстрактивного агента. Особливу увагу ми звертаємо на процедуру нейтралізації проби після екстракції і барботування аргону, що дає добре енергетичне розділення спектрів (рис. 1). При нагоді ці спектри можна розкладати на компоненти  $^{238}\text{U}$  і  $^{234}\text{U}$  випадок.

новазі). Таким чином, ми могли окремо визначати  $^{226}\text{Ra}$  та уран. У наших попередніх досліджен-

Рисунок 1

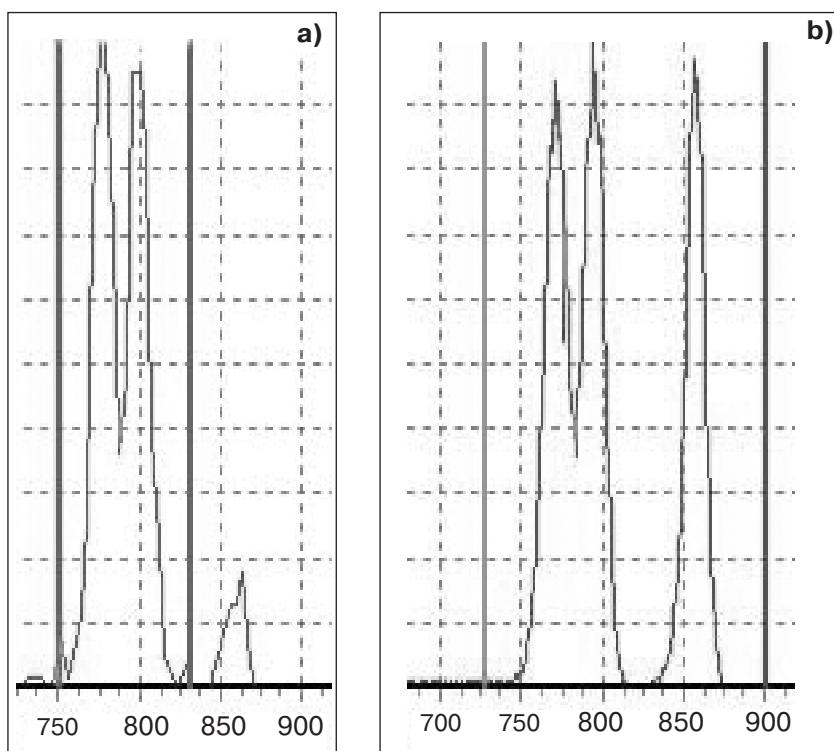
**$\alpha$ -спектри урану: а) спектр звичайної проби; б) спектр високої роздільної здатності, отриманий з проби шляхом очистки з барботуванням аргонем**



**$^{226}\text{Ra}$  і  $^{222}\text{Rn}$ .** Для визначення  $^{222}\text{Rn}$  ми змішуємо 10 мл води і 10 мл коктейлю на основі толуолу. Вимірювання проводимо після розділення фаз. Для визначення  $^{226}\text{Ra}$  ми використовуємо спрощену методику з попереднім концентруванням 100-200 мл води. Це пов'язано з тим, що рутинні вимірювання  $^{226}\text{Ra}$  з використанням більших проб води (1-2 л) незручні через великі витрати  $\text{HCl}$  для концентрування  $^{226}\text{Ra}$  сумісним висадженням. В обох випадках (у випадку  $^{222}\text{Rn}$  і  $^{226}\text{Ra}$ ) провадиться вимірювання  $^{222}\text{Rn}$ . Ми не чекаємо накопичення  $^{214}\text{Po}$ , коли вимірюємо  $^{222}\text{Rn}$ , тобто вимірюємо за 10 хв після підготовки проби (рис. 2)

Рисунок 2

**$\alpha$ -спектри вимірювань  $^{222}\text{Rn}$ : а)  $^{222}\text{Rn}$  у воді — спектр врівноважених  $^{222}\text{Rn}$  та  $^{218}\text{Po}$ ; б)  $^{226}\text{Ra}$  у воді — спектр врівноважених  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Po}$  та  $^{214}\text{Po}$**



нях задіяно вибірку понад 500 зразків, зібраних у деяких областях України [2]. При нинішній постановці робіт ми брали до уваги контрастні результати дослідження ізотопних співвідношень урану, проведені для понад 100 проб питної води різних джерел на території України методами ICP-MS [3]. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) передбачають обмеження рівнів питомої активності природних радіонуклідів у воді артезіанських свердловин, а саме:  $^{222}\text{Rn}$  —  $100 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  —  $1,0 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  —  $1,0 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ , сумарна активність природної суміші ізотопів урану —  $1,0 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$  [4]. Проводячи дослідження води у відповідності з вимогами НРБУ-97, ми розробили і застосували селективні високочутливі методи вимірювання для кожного радіонукліда [5].

**Методи.** Для визначення  $^{222}\text{Rn}$  ми вимірюємо суміш 10 мл води і 10 мл сцинтиляційної рідини на основі толуолу. Вимірювання урану ґрунтується-

## STUDY OF NATURAL RADIONUCLIDES IN UNDERGROUND WATER IN UKRAINE

**Buzinny M.G., Mykhailova L.L., Sakhno V.I., Romanchenko M.A.**

NRBU-97 imposes a restriction on the content of natural radionuclides in water, artesian wells: natural uranium — 1,0 Bq·l<sup>-1</sup>, <sup>226</sup>Ra — 1,0 Bq·l<sup>-1</sup>, <sup>228</sup>Ra — 1,0 Bq·l<sup>-1</sup> і <sup>222</sup>Rn — 100,0 Bq·l<sup>-1</sup>. To investigate the contents of natural radionuclides in groundwater, we use methods based on liquid-scintillation counting (LSC) based on a spectrometer Quantulus 1220™. Routine investigation of water include: measurement of samples of 10 ml of water and 10 ml of liquid scintillator (LS) on the basis of toluene for the determination of radon, the measurement sample of natural uranium extracted from 1 liter of water into 20% TBP solution in toluene; the measurement sample 200 ml water after pre-concentration to 10 ml volume with 10 ml of toluene-based liquid scintillation for the determination of <sup>226</sup>Ra on accumulated <sup>222</sup>Rn in Teflon vials after equilibration for 7-10 days, the

measurement sample 4 ml pre-concentrated from 20-50 ml of water with the addition of LS OptiPhase HiSafe 3 next day after the preparation for the joint determination of gross alpha and beta activity. In case of identifying high levels of uranium and/or <sup>226</sup>Ra measurements of other natural radionuclides are performed. For measurement of <sup>228</sup>Ra in the water we use gamma-spectrometry or co-precipitation 1-2 liters of sample and separation <sup>228</sup>Ac, LS measurement of sample is performed after LS OptiPhase HiSafe 3 is added. To prepare a water sample for the measurement of <sup>210</sup>Pb and <sup>210</sup>Po we modified the technique of thermo-stimulated deposition of <sup>210</sup>Bi and <sup>210</sup>Po onto metallic disk. Measurement of the sample is carried out in toluene-based LS cocktail. The spatial distribution of studied results is described on region level. In paper discussed assessment of radiation doses, assessment of toxic effects of uranium, causes of high levels, industrial influence, regulation, prevention measures, research prospects.

(умова досягнення рівноваги <sup>218</sup>Po з <sup>226</sup>Rn). У цьому випадку ми використовуємо пластиковий флакон. Щодо <sup>226</sup>Ra, який перебуває у частковій рівновазі з <sup>222</sup>Rn (7-10 днів), ми використовуємо для розрахунку суму <sup>222</sup>Rn, <sup>218</sup>Po і <sup>214</sup>Po (рис. 2) та враховуємо ступінь урівноваження проби на момент виміру, що для названого інтервалу становить 72-84%. У цьому випадку для вимірювань використовуємо тefлоновий флакон.

Рутинні дослідження сумарної альфа- та бета-активності проб води проводяться з концентрованої проби 20-50 мл води з додаванням РС OptiPhase HiSafe 3 за добу з моменту підготовки проби. Основне призначення цього дослідження — не пропустити будь-чого незвичайного у пробі.

Загальна тривалість дослідження зразка становить 8-12 днів. Тільки у випадку, коли ми отримуємо підвищені рівні <sup>222</sup>Rn, урану або <sup>226</sup>Ra, ми проводимо вимірювання <sup>228</sup>Ra, <sup>210</sup>Pb і <sup>210</sup>Po.

<sup>226</sup>Ra та <sup>224</sup>Ra за необхідності визначаємо за допомогою напівпровідникового гамма-спектрометра у попередньо концентрованих пробах води. Проби води барботуємо для зниження впливу <sup>222</sup>Rn, який є домінантом у воді. Для вимірювань <sup>228</sup>Ra інколи використовуємо його сумісне висадження з 1-2 л води та виділення <sup>228</sup>Ac, РС вимірювання проби виконується після додавання Ор-

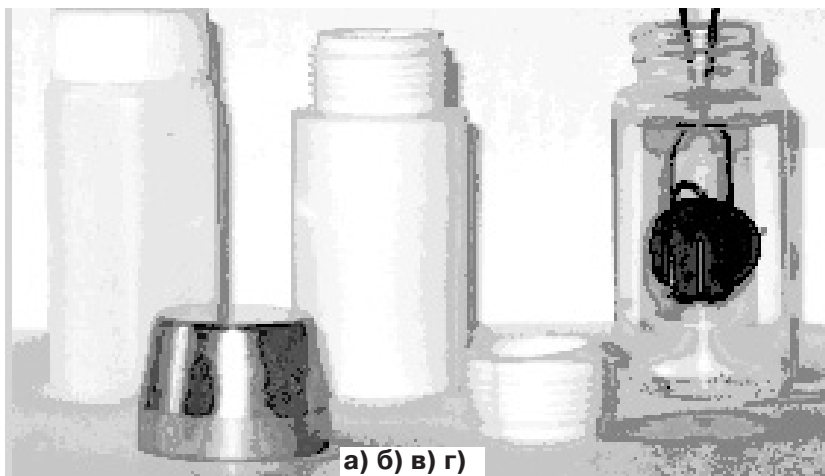
tiphase HighSafe 3.

<sup>210</sup>Po та <sup>210</sup>Pb. Ми адаптували метод на основі термостимульованого висадження полонію та вісмуту на металеві диски [6], описаний Бахуром [7]. Він надає можливість проводити

одночасне визначення обох радіонуклідів: <sup>210</sup>Po та <sup>210</sup>Pb через <sup>210</sup>Bi. Реєстрацію випромінювання також проводимо методом РСЛ. У цьому випадку застосовуються пластикові і тefлонові пляшечки. Скляні

Рисунок 3

**Пластикові (а) та тefлонові (б) флакони для вимірювань, (в) тefлоновий утримувач, (г) металевий диск на скріпці у склянім флаконі з рідким скінтілятором**



Таблиця 1

**Лабораторні результати порівняння вимірювання активності <sup>210</sup>Po у пробах води у рамках всесвітнього відкритого кваліфікаційного тесту МАГАТЕ-CU-2007-09 [8]**

| Проба | Цільове значення, Бк·л <sup>-1</sup> | Результат лабораторії, Бк·л <sup>-1</sup> | Точність | Прийнятність |
|-------|--------------------------------------|---|----------|--------------|
| 1     | 52,8±1,4                             | 43,0±5,4                                  | Yes      | Yes *        |
| 2     | 101,6±2,8                            | 75,8±7,9                                  | Yes      | No *         |
| 3     | 52,8±1,4                             | 42,2±5,3                                  | Yes      | Yes *        |
| 4     | 101,6±2,8                            | 82,9±8,9                                  | Yes      | Yes *        |
| 5     | 0,1±0,01                             | 0,41±0,06                                 |          | No **        |

Примітка: \* — систематичне відхилення (переоцінка ефективності рахунку); \*\* — завищений фон через радон у толуолі.

Тести (2008) взаємного порівняння з вимірювань  $^{222}\text{Rn}$ , урану,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  і  $^{210}\text{Po}$  між п'ятьма українськими лабораторіями, що проводять дослідження природної радіоактивності води [10], показують гарну узгодженість для вимірювання  $^{222}\text{Rn}$  та урану (табл. 2). Узгодженість для результатів вимірювань  $^{210}\text{Pb}$  досяжна тільки для проб, стабілізованих додаванням  $\text{HCl}$  (табл. 2). Результати  $^{226}\text{Ra}$  і  $^{210}\text{Po}$  показують значну неузгодженість і низьку відтворюваність, що свідчить про необхідність у стандартизації застосованих методів.

**Результати досліджень питомих активностей проб води.** Більшість питних вод, які ми досліджували останніми роками належить трьом областям України: Київській, Житомирській, Вінницькій, розташованим на території Українського кристалічного щита (табл. 3). Результати інших областей, наведених у таблиці, мають низьку статистичну вагу.

**Обговорення. Оцінки доз опромінення.** Для коректної оцінки доз опромінення населення за рахунок споживання води кожного артезіанського джерела необхідно враховувати

чисельність споживачів води і їхній віковий склад. Для визначення максимальних очікуваних за вибіркою доз опромінення залежно від компоненти необхідно використовувати максимальні рівні радіонуклідів:  $^{222}\text{Rn}$  —  $700 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  —  $3,64 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ , урану —  $15,3 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$  та дозові коефіцієнти для різних вікових груп населення. Щоб мати можливість порівняти оцінки доз опромінення з нашими попередніми результатами, використовуємо ті саме дозові коефіцієнти опромінення за рахунок споживання води:  $^{222}\text{Rn}$  —  $(0,001 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}\cdot(\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1})^{-1})$ ,  $^{226}\text{Ra}$  —  $(0,25 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}\cdot(\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1})^{-1})$ , урану —  $(0,053 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}\cdot(\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1})^{-1})$ . Таким чином, за наведеними даними, максимальні рівні опромінення для різних радіонуклідів сягатимуть відповідно 0,7, 0,91, 0,81  $\text{мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$ . Найбільш несприятливими віковими групами є немовлята та підлітки, для яких опромінення може бути в 1,5-2,0 рази вищим. Для радону у воді існує ще одна компонента опромінення — інгаляційна, водокористування призводить до надходження радону у повітря житла таким чином, що на  $1000 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$   $^{222}\text{Rn}$  у воді припадає  $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$  радону у повітрі.

**Токсична дія урану.** Оцінку токсичної дії урану можна консервативно провести, розраховавши питому вагу урану за наведеними даними питомої активності урану у воді (табл. 1), вважаючи, що співвідношення ізоотопів урану  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  — 2,0, а відповідний коефіцієнт перерахунку —  $37,5 \text{ Бк}\cdot\text{мг}^{-1}$  (реальне співвідношення може бути значно вищим). Питома вага (консервативна) урану, розрахована для максимальної питомої активності урану у воді

пляшечки наведено на рис. 3 лише для ілюстрації металевого диска всередині.

**Гарантії якості.** Ми беремо до уваги систематичні переоцінки підрахунку ефективності та фону для вимірювань  $^{210}\text{Po}$  у пробах води, які нам показали відкриті всесвітні порівняльні тести МАГАТЕ (IAEA-CU-2007-09) з вимірювань  $^{210}\text{Po}$  у пробах води (табл. 1) [8].

Порівняльні тести щодо вимірювань природних радіонуклідів у воді, проведені 2007 року з лабораторією шведського радіаційного регулятора, показали узгоджені результати при вимірюванні урану,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  і  $^{210}\text{Po}$  на пробах природної води і на модельних розчинах, приготованих в обох лабораторіях [9].

Таблиця 2

#### Порівняння активності радіонуклідів у пробах води українських лабораторій (2008), $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$

| Проба | $^{222}\text{Rn}$ |     |     | Уран    |      |     | $^{210}\text{Pb}$ |      |     |
|-------|-------------------|-----|-----|---------|------|-----|-------------------|------|-----|
|       | середнє           | СВ  | %   | середнє | СВ   | %   | середнє           | СВ   | %   |
| 1     | 1000              | 104 | 10% | 0,71    | 0,09 | 12% |                   |      |     |
| 2     | 470               | 33  | 7%  | 0,15    | 0,05 | 18% | 5,00              | 0,82 | 16% |
| 3     | 360               | 14  | 4%  | 3,54    | 0,27 | 8%  |                   |      |     |
| 4     | 1190              | 181 | 15% | 1,55    | 0,09 | 6%  | 0,75              | 0,11 | 14% |
| 5     | 420               | 54  | 13% | 2,84    | 0,09 | 3%  |                   |      |     |

Таблиця 3

#### Природні радіонукліди у воді систем водопостачання ( $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ ) на основі артезіанських свердловин

| Область      | N   | $^{222}\text{Rn}$ |      |       | $^{226}\text{Ra}$ |      |       | Уран    |      |       |
|--------------|-----|-------------------|------|-------|-------------------|------|-------|---------|------|-------|
|              |     | середнє           | СВ   | макс. | середнє           | СВ   | макс. | середнє | СВ   | макс. |
| Київська     | 178 | 24,3              | 82,3 | 705   | 0,04              | 0,10 | 0,81  | 0,12    | 0,40 | 3,7   |
| Житомирська  | 123 | 60,5              | 83,1 | 500   | 0,32              | 0,71 | 3,64  | 0,27    | 0,81 | 8,1   |
| Вінницька    | 75  | 21,1              | 21,3 | 105   | 0,02              | 0,02 | 0,12  | 0,43    | 1,82 | 15,3  |
| Чернігівська | 27  | 3,2               | 2,3  | 12    | 0,02              | 0,01 | 0,05  | 0,03    | 0,05 | 0,21  |
| Запорізька   | 23  | 7,7               | 8,3  | 29    | 0,12              | 0,32 | 1,42  | 0,04    | 0,08 | 0,3   |
| Луганська    | 20  | 9,3               | 15,5 | 62    | 0,02              | 0,04 | 0,2   | 0,09    | 0,13 | 0,42  |
| Миколаївська | 18  | 4,4               | 2,3  | 8     | 0,02              | 0,02 | 0,09  | 0,04    | 0,04 | 0,15  |
| Полтавська   | 13  | 9,1               | 7,9  | 25    | 0,05              | 0,05 | 0,22  | 0,01    | 0,01 | 0,02  |

Примітка: СВ — стандартне відхилення.

вибірки (15,3 Бк·л<sup>-1</sup>), визначається як 0,41 мг·л<sup>-1</sup>.

**Підвищені рівні.** За підвищені рівні природних радіонуклідів у воді відповідають гірські породи як джерело: мінеральний склад, рівень тріщинуватості, хімічні властивості і час контакту води з породами; порушення умов роботи свердловин, порушення умов відбору проб, брак дій або порушення роботи систем підготовки (очистки) води.

**Індустріальний вплив.** Значний вплив промислових підприємств найбільш виражений для рудників і заводів з переробки урану. Уранові хвостосховища можуть приносити до 1500 Бк·л<sup>-1</sup> урану у воді свердловин. При переробці урану використання води поверхневих водотоків може призводити до підвищення вмісту урану до 0,1-10 Бк·л<sup>-1</sup> у поверхневих водах річок та водосховищ. Уранові шахти дають до 50 Бк·л<sup>-1</sup> урану у скидних водах. Максимальна питома активність радію у шахтних водах досягає 5-10 Бк·л<sup>-1</sup>.

**Нормування.** Нещодавно ми запропонували різні підходи до національних нормативів на вміст радіонуклідів у фазованій воді, а саме: коли розглядаються джерела поверхневих вод — 0,1 Бк·л<sup>-1</sup> для сумарної альфа-активності і 1,0 Бк·л<sup>-1</sup> — для сумарної бета-активності, для підземних джерел — 1,0 Бк·л<sup>-1</sup> для <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra і загальної активності урану і 100 Бк·л<sup>-1</sup> — для <sup>222</sup>Rn по можливості їх забезпечення.

**Профілактичні заходи.** Цікаво, що виявлені у результаті досліджень підвищені рівні природних радіонуклідів у питній воді ініціювали профілактичні заходи, очолювані санітарною службою. Так, у Миронівському районі Київської області протягом 20 років з моменту наших перших досліджень ці заходи звелися до систематичного переключення джерел води від глибоких свердловин (>100 м) з високими рівнями природних радіонуклідів: <sup>222</sup>Rn — 300-1000 Бк·л<sup>-1</sup>, <sup>226</sup>Ra — 0,5-10,0 Бк·л<sup>-1</sup>, урану — 0,5-10,0 Бк·л<sup>-1</sup>, до свердловин глибиною до 20-50 м. Нещодавно проведені повторні дослідження показують високу ефективність таких дій — жодного перевищення радіаційних нормативів для всіх радіонуклідів в усіх джерелах. Інші заходи

— запровадження сучасних високоефективних систем очистки-підготовки води.

**Перспективи роботи** стосуються контролю рівня природної радіоактивності води, поширення сучасного аналітичного обладнання, розвитку і адаптації методів вимірювань, надання відповідної інформації для громадськості, поширення застосування нових систем очищення води, поширення досвіду на всю територію країни. Наш внесок — організація інформаційного забезпечення населення, інших лабораторій, зокрема через Інтернет: <http://safewater.narod.ru>, розвитку та адаптації методів вимірювання, навчання персоналу, створення системи взаємного порівняння результатів вимірювань природних радіонуклідів у воді на регулярній основі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Salonen L. Natural Radionuclides in Ground Water in Finland // Radiation Protection Dosimetry. — 1988. — Vol. 24, Iss. 4. — P. 163-166.
2. Zelensky A.V., Buzinny M.G., Los I.P. Measurement of Radium-226, Radon-222, and Uranium-238, 234 in Underground Water of the Ukraine with Ultra Low-Level Liquid Scintillation Counter. In Liquid Scintillation Spectrometry 92. Proc. of Int. Conf. on Advances in LSC, LSC 1992. Vienna, Austria, 14-18, 1992. Eds. J.E. Noakes, Franz Schonhofer & H.A. Polach. Radiocarbon. Tucson 1993. — P. 405-411.
3. Shiraishi K., Igarashi Y., Yamamoto Y., Nakajima T., Los I.P., Zelensky A.V., M.G. Buzinny. Concentration Of Thorium And Uranium in Freshwater Samples Collected In Former USSR. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles. — 1994. — Vol. 185, № 1. — P. 157-165.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. — К., 2003. — 127 с.
5. Бuzинний М.Г. Досвід вивчення природної активності води питного та господарського водопостачання у Житомирській області / М.Г. Бuzинний, М.Я. Циганков, М.О. Бондар // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України: наук.-практ. конф. 24-25 квітня 2003 р., Київ: 3б. тез та доповідей. — К., 2003. — С. 20-21.

6. Buzinny M. Simultaneous determination of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>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.

7. Bakhur A.E., Manuilova L.I., Ovsjannikova T.M. <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb in environment // Methods of determination. ANRI. — 2009. — № 1. — P. 29-39 (In Russian).

8. WWOPT. Report on the IAEA-CU-2007-09 World Wide Open Proficiency Test for the Determination of <sup>210</sup>Po in water. — Seibersdorf: IAEA, 2007-2009. — 117 p.

9. Buzynny M., Pavlenko T., Aksjonov M., Hagberg, Nils, Ostergren, Inger. Report on intercomparison study on radon in air measurement and natural radionuclide measurement in water. Ukraine — Sweden cooperation. March-May 2007. — Kiev: IHME, 2007. — 8 p.

10. Лось І.П., Бuzинний М.Г., Михайлова Л.Л. та ін. Наукове обґрунтування надійності результатів радіаційно-гігієнічного моніторингу в Україні: Міжлабораторний порівняльний тест «Вода-2008». Звіт з додатками. ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеева АМН України». — К., 2008. — 59 с.

Надійшла до редакції 19.11.2010.

**Автори висловлюють подяку Зваричу С.І. за постановку екстрактивних методів дослідження урану та радію у воді на основі РСЛ; керівникам радіологічних підрозділів СЕС Київської, Житомирської, Вінницької, Чернігівської, Луганської, Миколаївської, Полтавської та Запорізької областей — за сприяння у відборі зразків; Гудзенко В.В., Лавровій Т.В., Макаренко М.М., Молчанову О.І., Inger Ostergren — за участь у міжлабораторному порівнянні результатів вимірювань природних радіонуклідів у воді.**