

## РАДІОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДЕРЕВНОЇ ЗОЛИ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ ПІВНОЧІ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

М.М. Лазарєв<sup>1</sup>, В.П. Ландін<sup>2</sup>, О.В. Косарчук<sup>3</sup>, С.В. Поліщук<sup>3</sup>, С.Є. Левчук<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

<sup>3</sup> Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології

*Проаналізовано результати досліджень забруднення <sup>137</sup>Cs деревної золи у приватних господарствах населених пунктів північних районів Житомирської обл. у 2017 р. Встановлено, що діапазон питомої активності <sup>137</sup>Cs у золі, що утворюється внаслідок використання як пального, радіоактивно забрудненої деревини в приватних господарствах указанного регіону становить 170–32900 Бк/кг. За критерієм питомої активності, <sup>137</sup>Cs згідно з ОСПУ-2005, близько 8,5% від загальної кількості зразків золи, відібраних у приватних господарствах населених пунктів мережі моніторингу, класифікуються як низькоактивні радіоактивні відходи, зокрема: 3,92% зразків золи — з приватних господарств Бігунської селищної ради; 7,17 — з Можарівської селищної ради; 7,69 — з Піщаницької селищної ради та 22,73% — із смт Народичі. На основі отриманих даних зроблено висновок, що забруднена радіонуклідами зола є додатковим чинником радіаційної небезпеки, а саме — потенційним джерелом додаткового зовнішнього та внутрішнього опромінення місцевого населення.*

**Ключові слова:** моніторинг, <sup>137</sup>Cs, деревна зола, питома активність, радіоактивні відходи, приватні господарства.

Деякі позитивні зміни радіоекологічної ситуації на радіоактивно забруднених територіях України за час, який минув після аварії на Чорнобильській АЕС, знизили рівень уваги держави і суспільства до значень параметрів радіонуклідного забруднення навіть у регіонах, що розташовані на критичних у радіологічному розумінні ландшафтах і районах, які межують із зоною відчуження ЧАЕС. Нині у державі призупинено проведення регулярного комплексного радіологічного моніторингу, тому і відсутня повна інформація щодо динаміки змін певних напрямів формування радіаційної ситуації у населених пунктах північних регіонів України.

З огляду на високу вартість для багатьох верств населення природного газу та електроенергії через нестабільну економічну ситуацію в Україні, мешканці різних регіонів переходять на використання паливної деревини місцевого походження

для обігріву будівель та задоволення інших господарських потреб.

На сьогодні процес заготівлі паливної деревини часто є стихійним, тобто населення здійснює заготівлю деревини у будь-яких доступних місцях, ігноруючи можливі негативні наслідки. За відсутності державного регулювання ця проблема, крім правового аспекту, обтяжується радіоактивним забрудненням лісових угідь, де здійснюється неконтрольована заготівля населенням паливної деревини з невідомими рівнями вмісту радіонуклідів (<sup>137</sup>Cs та <sup>90</sup>Sr).

Особливо актуальною ця проблема є для поліських областей України, лісові масиви яких зазнали найбільшого радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС. Так, частка лісів із щільністю забруднення ґрунту <sup>137</sup>Cs понад 37 кБк/м<sup>2</sup>, де вводилися обмеження на лісокористування, в Житомирській, Рівненській, Київській областях становила 60, 56, 52% відповідно, а у Волинській та Чернігівській областях таких насаджень — близько 20% від загальної площі лісового фонду [1].

Нині основна частина деревної продукції не перевищує ГНПАР-2005 [1, 2] за вмістом  $^{137}\text{Cs}$  (600 Бк/кг) та  $^{90}\text{Sr}$  (60 Бк/кг), проте ситуація може змінитися на частині забруднених радіонуклідами територій (північна частина Житомирської та Київської областей), оскільки останнім часом динаміка накопичення  $^{137}\text{Cs}$  має негативні тенденції для всіх деревних порід, відбувається підвищення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у більшості компонентів деревостану та сумарного вмісту радіонуклідів у деревині [1, 3, 4]. Унаслідок зростання радіоактивного забруднення деревостанів останнім часом на території Полісся України збільшується ризик заготівлі паливної деревини з рівнями, що перевищують ГНПАР-2005 за вмістом  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  [5], та дедалі частіше реєструються випадки використання для обігріву особистих будівель паливної деревини із значними рівнями радіонуклідного забруднення.

Хоч деревина і є доволі низькозольним паливом, середні значення зольності деревини більшості порід вимірюються у діапазоні 0,3–1% [6, 7], але внаслідок спалювання забрудненої радіонуклідами деревини відбувається концентрування радіонуклідів у мінеральній частині відходів (золі) з підвищенням питомої активності золи у 50–100 разів порівняно з відповідним показником вихідної деревини [8–10].

Метою дослідження було визначити рівні забруднення  $^{137}\text{Cs}$  золи, яка утворюється внаслідок використання деревини як пального палива у приватних господарствах північних районів Житомирської обл.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вибіркові дослідження забруднення  $^{137}\text{Cs}$  деревної золи в приватних господарствах проводили у восьми населених пунктах Овруцького (села Бігунь, Селезівка, Усове, Можари, Верпа, Пішаниця, Клинець, Поліське) та одному населеному пункті Народицького районів (сміт Народичі) Житомирської обл.

Зразки золи відбирали безпосередньо у місцях спалення деревини (печах, грубах тощо) загальною масою від 0,2 до 2 кг.

Гамма-спектрометричні дослідження відібраних зразків золи проводили у лабораторії ядерно-фізичних методів аналізу і радіохімії Українського науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіології, який підпорядковано Національному університету біоресурсів і природокористування України.

Після відбору зразки золи паливної деревини висушували до повітряно-сухого стану і просіювали через сито з діаметром отворів 1 мм та ретельно гомогенізували.

Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у попередньо підготовлених пробах золи паливної деревини проводили на високо-ефективному гамма-спектрометрі з напівпровідниковим детектором із високочистого германію GEM-30185 фірми «EG & ORTEC», США (енергетична роздільна здатність за лінією  $^{60}\text{Co}$  — 1,78 кеВ, ефективність реєстрації відносно NaI — 30%) та на гамма-спектрометрі із сцинтиляційним детектором СЕГ-001-63 (АКП, Україна). Вимірювання здійснювали за допомогою поліетиленових посудин Марінеллі об'ємом 100 см<sup>3</sup> та посудин Дента об'ємом 130 см<sup>3</sup>. Похибка вимірювання, залежно від активності зразків, варіювала у діапазоні 8–11%.

Калібрування спектрометрів здійснювали з використанням сертифікованих еталонних джерел випромінювання відповідно до вимог стандартизованого методу [11]. Загалом, визначання вмісту  $^{137}\text{Cs}$  виконано у 154 зразках золи паливної деревини.

Активність  $^{90}\text{Sr}$  у зразках золи визначали інструментально [12], з використанням сцинтиляційного бета-спектрометра СЕБ-01-70. Для вимірювання використовували аліквоту золи вагою 4 г, яку поміщували у вимірювальну кювету діаметром 6 см. Калібрування бета-спектрометра для цієї геометрії проведено з використанням «монорадіонуклідних» калібрувальних об'ємних джерел  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  (Радієвий інститут імені В.Г. Хлопіна, Росія). Як джерело  $^{40}\text{K}$  використовували хлористий калій (99,5%, Merck).

Обробку масивів первинної інформації та побудову гістограм частотного розподі-

лу зразків у визначених діапазонах питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  здійснювали із застосуванням стандартного пакета MS Excel 2003.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Населені пункти, у яких проводили дослідження рівнів забруднення  $^{137}\text{Cs}$  золи, утвореної внаслідок використання деревини як пального палива у приватних господарствах північних районів Житомирської обл., розміщуються у зоні «західного сліду» радіоактивного забруднення на різній

відстані від ЧАЕС, із різною щільністю забруднення території цим радіоелементом та характеризуються доволі широким діапазоном середньорічних ефективних доз опромінення населення (табл. 1).

Результати гамма-спектрометрії відібраних проб засвідчили, що питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у зразках золи паливної деревини змінюється у широкому діапазоні як у окремо взятих населених пунктах (табл. 2), так і за селищними радами (рис. 1, 2).

Таблиця 1

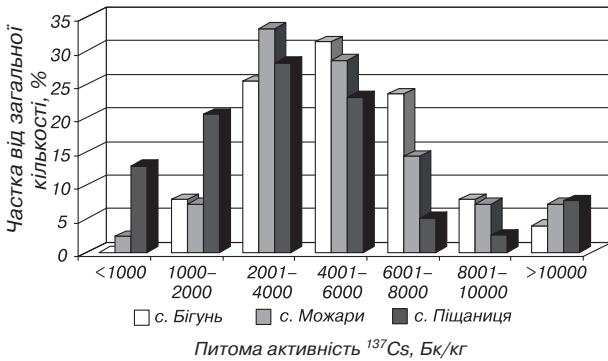
**Коротка характеристика радіонуклідного забруднення деревної золи деяких населених пунктів Житомирської обл. [13, 14]**

Область/ Район	Селищна рада	Населений пункт	Щільність забруднення $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м <sup>2</sup>	Паспортна доза, мЗв/рік	Зона радіоактивного забруднення	Відстань до ЧАЕС, км
Житомирська/ Овруцький	Бігуньська	с. Бігунь	40	0,18	–	125
		с. Селезівка	56	0,23	–	140
		с. Усове	94	0,54	–	137
	Можарівська	с. Можари	43	0,13	–	115
		с. Верпа	40	0,10	–	120
	Піщаницька	с. Піщаниця	93	0,29	–	98
с. Клинець		80	0,22	–	100	
с. Поліське		129	0,29	–	121	
Житомирська/ Народицький	Народицька	смт Народичі	226	1,30	3	74

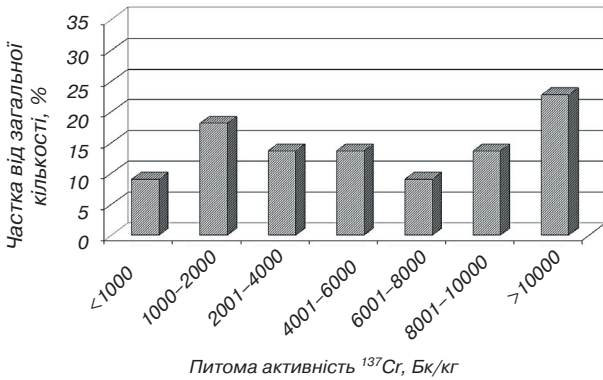
Таблиця 2

**Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у зразках золи паливної деревини з приватних господарств населених пунктів мережі моніторингу**

Селищна рада	Населений пункт	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ у золі, Бк/кг			Загальна кількість зразків, од.
		max-min	Середнє $\pm$ STD	Медіана	
Бігуньська	с. Бігунь	10000–1290	4907 $\pm$ 2292	5030	32
	с. Селезівка	13300–2060	6685 $\pm$ 3365	7140	13
	с. Усове	7960–1920	4785 $\pm$ 1962	4600	6
Можарівська	с. Можари	18000–680	5244 $\pm$ 3641	4680	37
	с. Верпа	6300–2580	4346 $\pm$ 1638	4300	5
Піщаницька	с. Піщаниця	3100–170	1543 $\pm$ 1084	1460	6
	с. Клинець	15500–790	5058 $\pm$ 4065	4440	13
	с. Поліське	18200–300	4053 $\pm$ 4058	3040	20
Народицька	смт Народичі	32900–230	7531 $\pm$ 7792	4365	22



**Рис. 1.** Гістограма розподілу зразків золи за питоною активністю <sup>137</sup>Cs у приватних господарствах Бігунської (*n* = 51) та Можарівської селищних рад (*n* = 42)



**Рис. 2.** Гістограма розподілу зразків золи за питоною активністю <sup>137</sup>Cs у приватних господарствах смт Народичі (*n* = 22)

Згідно із наведеними даними (рис. 1), у приватних господарствах Бігунської селищної ради максимальна частота трапляння зразків золи з питоною активністю <sup>137</sup>Cs у діапазоні 4001–6000 Бк/кг становить 31,31%; значною вона є також для зразків у діапазоні 2001–4000 Бк/кг – 25,49 та 6001–8000 Бк/кг – 23,53%. Мінімальною частота трапляння є для зразків золи з питоною активністю <sup>137</sup>Cs > 10000 Бк/кг – 3,92%, до того ж слід підкреслити, що у приватних господарствах обстежених населених пунктів Бігунської селищної ради не зафіксовано жодного зразка з питоною активністю <sup>137</sup>Cs менше 1000 Бк/кг.

Слід зауважити, що у своїй роботі повною мірою ми навели узагальнені результати дослідження вмісту лише <sup>137</sup>Cs у золі. Проте здійснені вибіркові дослідження деяких зразків золи свідчать про вміст у них і <sup>90</sup>Sr, до того ж у кількостях не менших, ніж <sup>137</sup>Cs, а інколи у рази та на порядок більших (табл. 3).

Аналіз частотного розподілу зразків золи, відібраних у приватних господарствах Бігунської селищної ради (рис. 1), свідчить, що за критерієм питокої активності <sup>137</sup>Cs, згідно з ОСПУ-2005 (10 кБк/кг) [14], близько 4% з них класифікуються як низькоактивні радіоактивні відходи, а з урахуванням потенційного вмісту <sup>90</sup>Sr (табл. 3) цей показник з високою вірогідністю може досягати щонайменше 11%, оскільки за вмісту кількох радіонуклідів, що належать до однієї групи, їх питої активності додаються.

Результати аналізу інформації (рис. 1) свідчать, що у приватних господарствах Можарівської селищної ради максимальною частотою трапляння характеризуються зразки золи у таких діапазонах питокої активності: 2001–4000 Бк/кг – 33,33% та 4001–6000 Бк/кг – 28,57%. Найменша частота трапляння є властивою для діапазону мінімального значення питокої активності <sup>137</sup>Cs (<1000 Бк/кг – 2,38%). У діапазонах: 1000–2000, 8001–10000 та >10000 Бк/кг частота трапляння зразків золи, забрудненої <sup>137</sup>Cs, є однаковою – на рівні 7,14%. Слід зауважити, що відповідно до положень ОСПУ-2005, лише за критерієм питокої активності <sup>137</sup>Cs (7,14%) зразки золи є низькоактивними радіоактивними відходами. Зважаючи на значну питому активність <sup>90</sup>Sr у зразках золи, відібраних на території вказаної селищної ради (табл. 3), за сумарною активністю вмісту радіонуклідів <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr з високою вірогідністю можна класифікувати як низькоактивні радіоактивні відходи близько 14% зразків.

Таблиця 3

**Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у зразках золи з паливної деревини в приватних господарствах північних районів Житомирської обл.**

Населений пункт	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ та $^{90}\text{Sr}$ у золи			Співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг	Сумарна питома активність ( $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$ ), Бк/кг	
с. Бігунь	3820	1750	5570	2,18
с. Верпа	6300	2790	9090	2,26
с. Можари	18000	7120	25120	2,53
с. Можари	5600	4700	10300	1,19
с. Можари	2680	2230	4910	1,20
с. Можари	1550	6480	8030	0,24
с. Можари	680	8890	9570	0,08
с. Поліське	18200	11300	29500	1,61
с. Піщаниця	9340	24350	33690	0,38
с. Піщаниця	1100	1650	2750	0,67
с. Піщаниця	730	1410	2140	0,52
смт Народичі	20900	14750	35650	1,42
смт Народичі	14800	2790	17590	5,30
смт Народичі	11000	930	11930	11,83
смт Народичі	9760	1190	10950	8,20

Дещо подібна ситуація із забрудненням  $^{137}\text{Cs}$  деревної золи спостерігається на території Піщаницької селищної ради. Результати аналізу гістограми розподілу зразків золи за питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  (рис. 1) свідчать, що максимальна частота трапляння є характерною для зразків золи у діапазонах питомої активності 2001–4000 та 4001–6000 Бк/кг – 38,1 та 23,08% відповідно, а мінімальною – у діапазоні 8001–10000 Бк/кг – 2,38%. За питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  частка зразків золи на рівні 7,69% у підсобних господарствах, розташованих на території Піщаницької селищної ради, класифікуються як низькоактивні радіоактивні відходи, а з урахуванням співвідношення вмісту  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ , яке зафіксовано у відібраних зразках золи (табл. 3), цей показник з високою вірогідністю досягне значення 10%.

Результати визначення забруднення  $^{137}\text{Cs}$  деревної золи у приватних господарствах смт Народичі, – що розташовані у другій зоні радіоактивного забруднення, – на території із максимальною, порівняно із іншими населеними пунктами мережі моніторингу, щільністю радіоактивного забруднення (табл. 1) засвідчили про відмінність цих показників від тих, які зафіксовані на територіях Бігунської, Можарівської та Піщаницької селищних рад. Згідно із гістограмою розподілу зразків золи за питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  у приватних господарствах смт Народичі (рис. 2), максимальна частота трапляння є характерною для зразків золи у діапазоні питомої активності  $^{137}\text{Cs} > 10000$  Бк/кг – на рівні 22,73%, які за вмістом  $^{137}\text{Cs}$  відповідно до ОСПУ-2005 класифікуються як низькоактивні радіоактивні відходи. Дещо

меншою є частота трапляння зразків у діапазоні 1000–2000 Бк/кг — 18,18%. Частота трапляння зразків золи у інших діапазонах питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  визначається у межах 9,09–13,64%. З урахуванням співвідношення вмісту  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  у відібраних зразках золи з території вказаного населеного пункту (табл. 3), критерію низькоактивних радіоактивних відходів за сумарною активністю цих радіонуклідів 10 кБк/кг з високою вірогідністю відповідатиме близько 36% зразків.

### ВИСНОВКИ

Унаслідок спалювання забрудненої радіонуклідами деревини відбувається концентрування радіонуклідів у мінеральній частині відходів (золі) з підвищенням питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у золі у 50–100 разів порівняно з питомою активністю вихідної деревини, тобто до рівня радіоактивних відходів. Так, у північних районах Житомирської обл., поряд із сільськогосподарськими радіологічними проблемами, постає й інша проблема — накопичення радіоактивної золи, яка за критерієм пи-

томої активності може бути класифікована як низькоактивні радіоактивні відходи. Її використання як добрива на присадибних ділянках спричиняє додаткове зовнішнє і внутрішнє опромінення жителів радіоактивно забруднених територій, а також вторинне забруднення територій і господарських об'єктів та підвищення радіонуклідного забруднення ґрунту.

Гігієнічні аспекти цієї проблеми поки що не вийшли на рівень дискусії у науковій літературі, але мусимо констатувати, що сільські домогосподарства поступово перетворюються на сховище радіоактивних відходів, які залишаються від спалювання деревини. Інший аспект цієї проблеми стосується традиційного використання сільським населенням деревної золи з невідомими рівнями радіонуклідного забруднення як добрива для підвищення родючості ґрунту присадибних ділянок, на яких вирощують городину.

Все це потребує подальших досліджень та розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо утилізації забрудненої радіонуклідами золи.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ландін В.П. Радіоактивне забруднення продукції лісового господарства в умовах Українського Полісся / В.П. Ландін // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. — 2013. — № 23 (1). — С. 14.
2. Обґрунтування нормативу на вміст радіонуклідів у паливній деревині та оцінка його виправданості / І.П. Лось, Н.Д. Шабуніна, О.О. Орлов та ін. // Довкілля та здоров'я. — 2008. — № 2 (45). — С. 19–22.
3. Орлов О.О. Порівняльна оцінка ролі різних компонентів лишайникового бору у розподілі сумарної активності  $^{137}\text{Cs}$  / О.О. Орлов, С.Я. Кондратюк // Український ботанічний журнал. — 2002. — Т. 59, № 1. — С. 49–57.
4. Коростелёв А.И. Радиоактивное загрязнение территории Брянских лесов и пути хозяйственного использования заготавливаемой древесины / А.И. Коростелёв, О.Н. Коростелёва, А.А. Рыбикова // Успехи современного естествознания. — 2011. — № 4. — С. 104–106.
5. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в древесине на южном топливном следе Чернобыльских радиоактивных выпадений / Л.М. Отрешко, М.А. Журба, А.М. Билоус, Л.В. Йощенко // Ядерная физика та енергетика. — 2015. — Т. 16, № 2. — С. 183–192.
6. Демаков Ю.П. Зольный состав древесины различных пород деревьев в пойменном биотопе / Ю.П. Демаков, С.М. Швецов, А.М. Швецов // Актуальные проблемы лесного комплекса. — 2012. — № 31. — С. 125–129.
7. Рысин Л.П. Биогеоэкологические аспекты изучения леса / Л.П. Рысин. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. — 290 с.
8. International Atomic Energy Agency, Assessing Radiation Doses to the Public from Radionuclides in Timber and Wood Products. — Vienna, 2003. — 86 p.
9. Екологіческие последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт: Доклад экспертной группы «Экология» Чернобыльского форума. МАГАТЭ. — Вена, 2008. — 180 с.
10. Радиоэкологические аспекты сжигания древесного топлива на крупных энергетических установках Беларуси / В.Н. Соловьев, М.Л. Жемжуров, А.С. Левчук и др. // Энергетическая Стратегия. — 2010. — № 1 (13). — С. 50–54.
11. Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides: ASTM E181-10. — West Conshohocken, 2010. — 210 p.
12. Активность, удельная активность и объемная активность бета-излучающих радионуклидов в



- счетных образцах объектов технологических и природных сред: Методика выполнения измерений с использованием спектрометра энергий бета-излучения сцинтилляционного типа СЕБ-01, МИ12-05-99. — К.: АКПС, 1999. — 30 с.
13. Ліхтар'ов І.А. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ моніторингу у населених пунктах, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської катастрофи. Дані за 2011 р. (Збірка 14) / І.А. Ліхтар'ов, Л.М. Ковган, В.В. Василенко. — К., 2012. — 101 с.
  14. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 28.02.1991 р. № 791а-ХІІ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%12>
  15. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005) [Електронний ресурс] / Затверджено Наказом МОЗ України від 02.02.2005 р. № 54, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20.05.2005 р. за № 552/10832. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05>

## REFERENCES

1. Landin, V. (2013). Radioaktivne zabrudnennya produktiviy lisovoho hospodarstva v umovakh Ukrainy koho Polissya [Radioactive contamination of forest products in the conditions of the Ukrainian Polissya]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho li-sotekhnichnoho universytetu Ukrainy — The Scientific Bulletin of UNFU*, 23, 1, 14 [in Ukrainian].
2. Los', I. (2008). Obgruntuvannya normatyvu na vmist radionuklidiv u palyvniy derevyni ta otsinka yoho vypravdanosti [Justification of the norm for the content of radionuclides in fuel wood and assessment of its justification]. *Dovkillya ta zdorov'ya — Environment and Health*, 2, 45, 19–22 [in Ukrainian].
3. Orlov, O. (2002). Porivnyal'na otsinka roli riznykh komponentiv lyshaynykovooho boru u rozpodili sumarnoyi aktyvnosti <sup>137</sup>Cs [Comparative evaluation of the role of various components of lichen boron in the distribution of total activity of <sup>137</sup>Cs]. *Ukrayins'kyi botanichnyy zhurnal — Ukrainian Botanical Journal*, 59, 49–57 [in Ukrainian].
4. Korostel'ev, A. (2011). Radyoaktivnoe zahryaznenye terrytoriy Bryanskykh lesov y puty khozyaystvennoho yspol'zovannya zahotavlyvaemoy drevesyny [Radioactive contamination of the territory of the Bryansk forests and ways of economic use of harvested wood]. *Uspekhy sovremennoho estestvoznannya — The successes of modern natural science*, 4, 104–106 [in Russian].
5. Otreshko, L. (2015). Soderzhanye <sup>90</sup>Sr y <sup>137</sup>Sr v drevesyne na yuzhnom toplivnom slede Chernobul'skykh radyoaktivnykh vypadeniy [The content of <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs in wood on the southern fuel trail of Chernobyl radioactive fallout]. *Yaderna fizyka ta enerhetyka — Nuclear physics and atomic energy*, 16, 2, 183–192 [in Ukrainian].
6. Demakov, Y. (2012). Zol'nyy sostav drevesynu razlychnykh porod derev'ev v poymennom byotope [Ash composition of wood of various tree species in the floodplain biotope]. *Aktual'nye problemy lesnoho kompleksa — Actual problems of the forestry complex*, 31, 125–129 [in Russian].
7. Rysyn, L. (2013). *Byoheotsenolohycheskiye aspekty yzuchenyya lesa [Biogeoenological aspects of forest study]*. Moskva: Tovaryshchestvo nauchnykh yzdanyy KMK [in Russian].
8. International Atomic Energy Agency, *Assessing Radiation Doses to the Public from Radionuclides in Timber and Wood Products* (2003). Vienna [in English].
9. *Ekolohycheskiye posledstviya avariyy na Chernobul'skoy AES I preodolenye: dvadtsatyletnyy opyt: Doklad ekspertnoy grupy «Ekologiya» Chernobyl'skogo foruma. MAGATE [Environmental consequences of the Chernobyl disaster and their overcoming: 20 years of experience: Report of the expert group «Ecology» of the Chernobyl Forum. IAEA]*. (2008). Vena [in Russian].
10. Solov'ev, V. (2010). Radyoekolohycheskiye aspekty szhyhannya drevesnoho topliva na krypnukh enerhetycheskykh ustanovkakh Belarusy [Radioecological aspects of burning wood fuel at large power plants of Belarus]. *Enerhetycheskaya Stratehiya — Energy strategy*, 1 (13), 50–54 [in Russian].
11. Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides (2010). *ASTM E181-10*. West Conshohocken [in English].
12. *Aktyvnost', udel'naya aktyvnost' y obiemnaya aktyvnost' beta-yzluchayushchykh radyonuklydov v schetnykh obraztsakh ob'ektov tekhnolohycheskykh y pryrodnukh sred: Metodyka vupolnenyya yzmereniy s yspol'zovanyem spektrometra enerhiy beta-yzlucheniya stsyntyllyatsyonnoho typu SEB-01. MY12-05-99 [Activity, specific activity and volumetric activity of beta-emitting radionuclides in countable samples of objects of technological and natural media: Methodology for performing measurements using the scintillation-type beta radiation spectrometer SEB-01. MY12-05-99]*. (1999). Kiev: AKPS [in Russian].
13. Likhtar'ov, I.A., Kovhan, L.M., Vasilenko, V.V. (2012). *Zahal'nodozymetrychna pasportyzatsiya ta rezul'taty LVL monitorynhu u naselennykh punktakh, yaki zaznali radyoaktivnoho zabrudnennya pislya Chornobyl's'koyi katastrofy. Dani za 2011 r. [General dosimetric certification and results of monitoring and monitoring of human health in human settlements affected by radioactive contamination after the Chernobyl disaster. Data for 2011]*. Kyiv [in Russian].
14. Закон Украйны «Pro pravovy rezhyt terytoriyi, shcho zaznala radyoaktivnoho zabrudnennya vnaslidok Chornobyl's'koyi katastrofy» vid 28.02.1991 No. 791a-XII [Law of Ukraine «On the legal regime of the territory that was exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster» dated February 28, 1991 No. 791a-XII]. *zakon2.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%12> [in Ukrainian].
15. Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennya radiatsiy-noyi bezpeky Ukrainy (OSPU-2005). — Zatver-

dzheny Nakazom MOZ Ukrainy vid 02.02.2005 No. 54, zareyestrovano v Ministerstvi yustytstiy Ukrainy 20.05.2005 r. za No. 552/10832. [Basic sanitary rules of radiation safety of Ukraine (OSSU-2005). — Approved by the Order of the Ministry of

Health of Ukraine dated February 2, 2005 No. 54, registered with the Ministry of Justice of Ukraine on May 20, 2005 under No. 552/10832]. zakon2.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05> [in Ukrainian].

UDC 577.34:574.64:504.062

## EVALUATION OF TOXICITY OF WATERS FROM THE SURFACE SOURCES OF WATER SUPPLY AND DRINKING WATER OF ZHYTOMYR CITY BY THE METHOD OF SHORT-TERM CHRONIC BIOTESTING

E. Arystarkhova

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Обґрунтовано підвищення інформативності тестування вод поверхневих джерел водопостачання та питної води завдяки використанню гладенької шпоркової жаби (*Xenopus laevis* Daudin, 1802). Як метод досліджень використовували біотестування за тест-реакцією іммобілізації озерної жаби (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) і *X. laevis* з 8-добовою експозицією особин. Встановлено, що під час біотестування за відсутності іммобілізації *R. ridibunda* не виявлено токсичності дослідних вод, а за іммобілізації *X. laevis* визначено низький рівень водної токсичності у межах 25–50%. Оцінювання хронічної токсичності вод поверхневих джерел водопостачання та питної води доцільно проводити методом біотестування на *X. laevis*, які виявились більш чутливими до низьких рівнів забруднень, у середньому на 28,2% — у гострому досліді тривалістю 4 доби і на 41,3% — у хронічному досліді тривалістю 8 діб, ніж традиційні тест-об'єкти *R. ridibunda*.*

**Ключові слова:** біотестування, води джерел водопостачання, питна вода, іммобілізація, *R. ridibunda*, *X. laevis*, токсичність.

The assessment of water quality in surface water sources and drinking water using physical and chemical analysis does not provide complete information on the complex impact of pollutants on aquatic ecosystems. Therefore, the use of biological methods to determine the toxicity of these waters is particularly relevant [1, 2]. Moreover, the toxicity of drinking water surface waters should be evaluated not only for humans, but also for aquatic organisms [3–8], especially for those which are actively involved in the processes of water quality formation.

Due to the urgent need for monitoring the state of the water from existing methods of biomonitoring, it is expedient to use the

biological testing as the obligatory method, which allows, due to high sensitivity, to detect quickly the effects of pollution of surface water sources and drinking water, and at the same time it is much simpler and cheaper in execution, has a time constraint even when determining the chronic toxicity of water and does not require highly qualified labor as physical and chemical methods of research [9–11].

In literature during the last decade much attention has been paid to the feasibility of using sets of several highly sensitive organisms related to different levels of biological organization, through which it is possible to assess the state of the aquatic environment [9–11]. Obligatory representatives of such test kits should be vertebrate animals [10,