

Л. І. Григор'єва\*, А. О. Алексєєва, О. В. Макарова

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили МОН України, Миколаїв, Україна*

\*Відповідальний автор: kafecobezpeka@ukr.net

**ТРИТІЙ У ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ РАЙОНУ  
ЮЖНО-УКРАЇНСЬКОЇ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

За результатами радіоекологічних досліджень у водних об'єктах району Южно-Української атомної електростанції (ЮУАЕС) проаналізовано вміст тритію в технологічних водоймах (водойма-охолоджувач, ставки біоочищення, бризкальний басейн) та у прилеглих поверхневих і підземних водних об'єктах. Показано, що у воді технологічних водойм ЮУАЕС середньорічна об'ємна активність тритію впродовж 2014 - 2018 рр. трималася на рівні 110 - 160 Бк/л з тенденцією до зростання із середньорічним темпом 12 - 13 Бк/л, яка корелює із зменшенням об'ємів скиду продувних вод ставка-охолоджувача (близько 8698 тис. м<sup>3</sup> на рік). Більш високі рівні об'ємної активності тритію зареєстровано у воді технічних свердловин, які є маркерами протікань у системі технічної води і до того ж підживлюються з басейнів градирень і бризкальних установок. Вміст тритію у ставках біоочищення промислово-комунальної каналізації ЮУАЕС знизився з понад 1000 Бк/л на початку 1990-х років до 100 - 130 Бк/л у 2017 - 2018 рр., що призвело до зменшення його рівня у Трикратській водоймі і має відобразитися на зниженні його рівня в підземних водних джерелах, розташованих нижче за природним стоком. Враховуючи фізико-хімічні властивості тритію та висновки відомих науковців щодо надзвичайно швидкого накопичення тритію в навколишньому середовищі, обґрунтовано необхідність моніторингу вмісту тритію в поверхневих водоймах, воду яких використовують для зрошення сільськогосподарських культур і які гідродинамічно пов'язані з технологічними водоймами ЮУАЕС, а також у джерелах питної води, розташованих нижче за природним стоком від технологічних водойм АЕС.

*Ключові слова:* тритій, технологічні водойми, радіоекологічний моніторинг, промислово-комунальна каналізація.

**1. Вступ**

На даний час основним джерелом техногенного тритію є атомна промисловість. У 31 країні світу експлуатується 191 АЕС з 448 енергоблоками [1], 57 енергоблоків знаходяться на стадії будівництва, 162 енергоблоки закриті. Тритій утворюється при роботі ядерних реакторів всіх типів. Джерелами його є реакції поділу важких ядер і взаємодія швидких нейтронів з ядрами бору, літію, дейтерію [2, 3].

На відміну від інших радіонуклідів тритій надходить у навколишнє середовище минаючи очисні бар'єри з рідкими стоками і газовими викидами. Висока рухливість тритію створює проблеми утримання його в реакторах і при зберіганні. Вміст тритію в рідких скидах набагато перевершує за абсолютним значенням вміст всіх інших нуклідів, а в газоподібних викидах поступається тільки кількості радіоактивним благородним газам, які, на відміну від тритію, хімічно інертні [2, 3].

У радіоекології територій розташування АЕС питання міграції в довкіллі тритію залишаються актуальними. За роботами [4, 5, 6] надходження тритію до атмосфери з викидами АЕС характерно для всіх АЕС України, а у скидних водах АЕС з ВВЕР тритій може становити до 60 % від усього обсягу викидів АЕС. Наразі не існує ефективних

заходів уловлювання тритію, тому радіонуклід разом зі скидами і викидами підприємств ядерно-паливного циклу надходить у природні вологомісткі екосистеми [7]. Постійне скидання тритію у відкриті водні резервуари, у тому числі річки і моря, тягне за собою широкомасштабне забруднення їх цим радіонуклідом. У результаті випаровування води і перенесення водяної пари забрудненню піддаються також повітряні простори на великих територіях навколо атомних підприємств. Як ізотоп водню він швидко мігрує за основними складовими ланцюгів (повітря, вода, водорості, риба, тварини та ін.), через що його відносять до радіонуклідів, спроможних здійснювати навантаження на довкілля не лише в місці розміщення джерела його викиду (скиду), але й на значній відстані від останнього [4, 8].

Для АЕС, що використовують природні водойми в якості водойм-охолоджувачів нагрітої циркуляційної води в системах оборотного водопостачання АЕС, потрапляння тритію до ставка-охолоджувача визначається в основному кількістю скиду дебалансних вод станції, а подальше надходження тритію у прилеглу водну екосистему залежить від рівнів фільтрації, випаровування води з водойми-охолоджувача та підживлення водою природних поверхневих і підземних водних джерел [3, 5, 8, 9, 10].

Радіоекологічні спостереження багатьох дослідників на території функціонуючих АЕС свідчать про надфонові рівні тритію у прилеглих водних екосистемах [4, 5, 7, 9, 10]. У водних об'єктах, прилеглих до Білоярської АЕС (Росія), техногенний тритій реєструється у воді оз. Худиш, у сніжному покриві в районі Білоярської АЕС [7]. Зменшення вмісту цього радіонукліда з 950 до 30 Бк/л у воді цього озера досягли через проведення технологічних заходів із ремонту трубопроводу, що відводить слаборадіоактивні стоки у Вільховське болото. Навколо ВП «Маяк» (Росія) техногенний тритій реєструється в усіх 34 водоймах з рівнями від 7 до 113 Бк/л. Указано на чітке зменшення рівня тритію у воді озер при віддаленості від цього підприємства [7].

Українські дослідники обґрунтували, що робота Чернаводської АЕС (Румунія) призвела до збільшення об'ємної активності тритію в р. Дунай на території України в 3 - 5 разів, у деяких випадках об'ємна активність тритію могла збільшуватися до 108 Бк/л. Визначено, що в результаті роботи Рівненської АЕС активність тритію на кордоні з Білоруссю зростає до 20 Бк/л, що приблизно в 7 разів перевищує фонову концентрацію тритію для р. Стир [10]. Також показано, що в окремих випадках об'ємна активність тритію може підвищуватися до 100 Бк/л, а в разі аварійних скидів може перевищувати 100 Бк/л, що знаходиться на рівні концентрації, яка лімітована відповідною директивою Європейського Союзу [11], і тому запропоновано перегляд нормативів щодо вмісту тритію в питній воді в Україні [10].

Науковці вказують, що з часом відбувається надзвичайно швидке накопичення тритію в навколишньому середовищі, особливо поблизу радіаційно-небезпечних об'єктів [8], і привертають увагу до посилення контролю за нерозповсюдженням радіонукліда в навколишньому середовищі, ведення постійного моніторингу територій, що зазнають постійного забруднення тритієм, а також розробці нових норм гранично допустимих концентрацій [5, 8].

Метою роботи є дослідження процесів розповсюдження «станційного» тритію у водних об'єктах території ЮУАЕС та визначення його вмісту у прилеглих поверхневих і підземних водних об'єктах. Це важливо для аналізу питного ланцюга потрапляння тритію до населення в районі ЮУАЕС та харчового ланцюга, пов'язаного зі зрошуваним землеробством, при якому використовуються поверхневі водні об'єкти.

## 2. Матеріали та методи досліджень

Матеріалами дослідження були результати радіометрії тритію у пробах водних об'єктів у рамках радіаційного контролю, який систематично

здійснюється лабораторією зовнішньої дозиметрії (ЛЗД) ЮУАЕС [12]. Радіаційний контроль здійснюється за контрольними точками:

- р. Південний Буг, насосне наповнення водою ставка-охолоджувача – точка контролю;
- ставок-охолоджувач АЕС (шлюз греблі);
- ставок-охолоджувач (верхня частина);
- р. Південний Буг, 500 м нижче водовипуску зі ставка-охолоджувача;
- технічні свердловини промислового майданчика (спецкорпус, машинний зал);
- бризкальний басейн;
- ставок-охолоджувач (скид термальних вод);
- біоставок промислово-комунальної каналізації (ПКК) ЮУАЕС (гребля);

Трикратьська водойма (знаходиться на відстані 15 км від біоставків ПКК ЮУАЕС).

Радіометричні дослідження проводились відповідно до [13], при цьому радіометрію тритію виконували на радіометричній установці «Quantulus-1020», мінімальна детектована активність  $^3\text{H}$  – 3 Бк/л.

Також використано результати радіометрії вмісту тритію в біоставку ПКК та в Трикратьській водоймі за період 1990 - 1999 рр. [9]. Використано також матеріали картографування [14] території нижче за природним стоком від технологічних водойм ЮУАЕС (ставка-охолоджувача та біоставків ПКК) щодо вмісту тритію у воді підземних водних джерел, а також результати наших попередніх радіоекологічних досліджень щодо вмісту тритію в поверхневих і підземних водоймах на Миколаївщині [9, 15, 16].

## 3. Результати досліджень та обговорення

Результати радіометрії тритію у пробах водоймищ в рамках радіаційного контролю ЛЗД поквартально за 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 рр. представлено в табл. 1 і 2.

Усереднені результати вмісту тритію в кожній з контрольних точок за середньорічними значеннями впродовж 2015 - 2018 рр. у вигляді гістограм зображено на рис. 1 - 4.

З рис. 1 видно, що у воді технологічних водойм середньорічний вміст тритію тримався в інтервалі 110 - 160 Бк/л з тенденцією щорічного зростання. Так, у воді ставка-охолоджувача (шлюз греблі) середньорічна об'ємна активність тритію у 2014 р. була  $109 \pm 16$  Бк/л, а у 2018 р. –  $132 \pm 9$  Бк/л; у воді ставка-охолоджувача (у місці скиду термальних вод) у 2014 р. –  $101 \pm 16$  Бк/л, а у 2018 р. –  $159 \pm 9$  Бк/л.

Таблиця 1. Об'ємна активність тритію у водному середовищі в районі ЮУАЕС, Бж/л (2014 - 2016 рр.)

Точка контролю	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
р. Південний Буг, насосне наповнення водою ставка-охолоджувача	16 ± 3	17 ± 3	24 ± 3	14 ± 4	15 ± 3	15 ± 3	15 ± 4	14 ± 3	15 ± 4	15 ± 4	15 ± 3	14 ± 3
Ставок-охолоджувач АЕС (шлюз греблі)	120 ± 22	140 ± 18	74 ± 4	130 ± 21	127 ± 19	127 ± 19	101 ± 12	105 ± 12	101 ± 12	109 ± 16	116 ± 14	83 ± 9
Ставок-охолоджувач (верхня частина) р. Південний Буг, 500 м нижче водовипуску зі ставка-	19 ± 4	21 ± 5	23 ± 4	18 ± 5	21 ± 4	21 ± 4	23 ± 3	19 ± 3	23 ± 3	19 ± 4	21 ± 4	18 ± 3
охолоджувача	15 ± 3	17 ± 3	9 ± 3	14 ± 2	18 ± 4	18 ± 4	13 ± 2	16 ± 4	13 ± 2	14 ± 2	15 ± 3	14 ± 2
Свердловини проммайданчика: спецкорпус машинний зал	1855 ± 53 416 ± 25	340 ± 124 416 ± 25	2057 ± 53 283 ± 25	2871 ± 20 280 ± 16	2008 ± 84 590 ± 28	2008 ± 84 1706 ± 28	908 ± 43 313 ± 17	1768 ± 62 156 ± 12	908 ± 43 313 ± 17	2265 ± 154 331 ± 14	1622 ± 121 424 ± 20	3418 ± 218 216 ± 8
Бризкальний басейн	2190 ± 22	2140 ± 18	4190 ± 22	2130 ± 21	2127 ± 19	7127 ± 19	2101 ± 12	2105 ± 12	7101 ± 12	5227 ± 15	1615 ± 133	5183 ± 9
Ставок-охолоджувач (скід термальних вод)	161 ± 22	140 ± 18	125 ± 22	130 ± 21	127 ± 19	127 ± 19	101 ± 12	105 ± 12	101 ± 12	101 ± 16	120 ± 18	83 ± 9
Біоставок ШКК (гребля)	122 ± 14	173 ± 18	138 ± 22	130 ± 21	127 ± 19	127 ± 19	101 ± 12	105 ± 12	101 ± 12	113 ± 12	111 ± 13	83 ± 9
Трикратська водойма	29 ± 4	37 ± 5	30 ± 4	18 ± 5	21 ± 4	31 ± 4	23 ± 3	19 ± 3	23 ± 3	40 ± 4	41 ± 5	118 ± 3

Таблиця 2. Об'ємна активність тритію у водному середовищі в районі ЮУАЕС, Бк/л (2017 - 2018 рр.)

Точка контролю	I квартал		II квартал		III квартал		IV квартал	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
р. Південний Буг, насосне наповнення водою ставка-охолоджувача	9 ± 3	16 ± 3	15 ± 3	11 ± 4	14 ± 3	12 ± 4	14 ± 3	12 ± 4
Ставок-охолоджувач АЕС (шлюз греблі)	79 ± 5	136 ± 22	127 ± 19	150 ± 21	105 ± 12	134 ± 12	91 ± 8	107 ± 12
Ставок-охолоджувач (верхня частина)	21 ± 5	14 ± 4	21 ± 4	18 ± 5	19 ± 3	30 ± 3	24 ± 3	23 ± 3
р. Південний Буг 500 м нижче водовипуску зі ставка-охолоджувача	10 ± 3	12 ± 3	18 ± 4	15 ± 2	16 ± 4	10 ± 2	12 ± 2	15 ± 2
Свердловини проммайданчика: спецкорпус машинний зал	1954 ± 124 977 ± 25	2477 ± 253 464 ± 25	2008 ± 84 1706 ± 28	7750 ± 202 1280 ± 16	1768 ± 62 156 ± 12	10008 ± 43 599 ± 17	1373 ± 113 178 ± 7	10008 ± 43 1013 ± 17
Бризкальний басейн	5140 ± 18	5992 ± 22	7127 ± 19	7130 ± 21	4605 ± 12	7701 ± 12	5191 ± 8	6901 ± 12
Ставок-охолоджувач (скид термальних вод)	136 ± 18	140 ± 22	127 ± 19	148 ± 21	105 ± 12	156 ± 12	91 ± 8	188 ± 12
Біоставок ПКК (гребля)	150 ± 18	170 ± 22	127 ± 19	155 ± 21	105 ± 12	138 ± 12	91 ± 8	157 ± 12
Трикратаська водойма	31 ± 5	15 ± 4	31 ± 4	27 ± 5	19 ± 3	29 ± 3	24 ± 3	49 ± 13



Рис. 1. Динаміка середньорічних величин об'ємної активності тритію у ставку-охолоджувачі ЮУАЕС та р. Південний Буг. (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

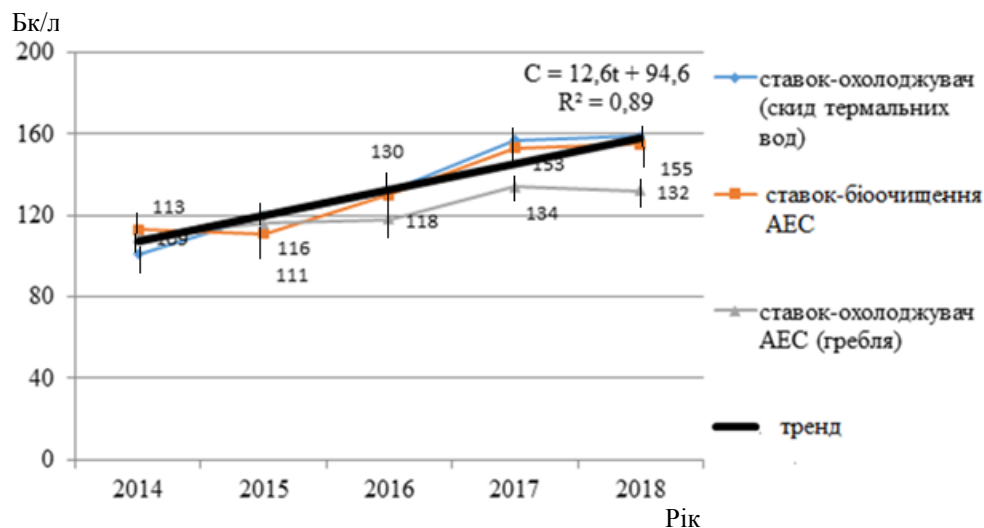


Рис. 2. Тренд динаміки середньорічних величин об'ємної активності тритію в технологічних водоймах ЮУАЕС протягом 2014 - 2018 рр. (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

Аналіз динаміки за ці роки середньорічних величин об'ємної активності тритію у воді технологічних водойм ЮУАЕС (рис. 2) свідчив про наявність тенденції до зростання ( $r^2 = 0,89$ ) із середньорічним темпом 12 - 13 Бк/л. Вважаємо, що це пов'язано саме із зменшенням скиду продувних вод ставка-охолоджувача: у 2014 р. скид продувних вод становив 46590 тис. м<sup>3</sup> на рік, у 2017 р. – 20497 тис. м<sup>3</sup> на рік. Тобто середньорічне зменшення скиду продувних вод близько 8698 тис. м<sup>3</sup> на рік ( $r^2 = 0,99$ ) цілком могло спричинити середньорічний темп підвищення об'ємної активності тритію на 12 - 13 Бк/л.

Вміст тритію у воді технічних свердловин (глибиною 6 м) на промисловому майданчику пе-

ревищував (у 3 - 45 разів) його вміст у технологічних водоймах АЕС (рис. 3). Присутність у них тритію пов'язана з наявністю організованих протікань у системі технічної води відповідальних споживачів та підживлення свердловин з басейнів градирень і бризкальних установок. У бризкальному басейні вміст тритію взагалі коливався в межах 2800 - 5200 Бк/л.

З рис. 4 видно, що в біоставках ПКК АЕС у 2014 р. становив 109 Бк/л, а у 2018 р. – 155 Бк/л. Концентрація тритію в русловій (р. Мертвотід) Трикратській водоймі у 2 - 3 рази перевищувала природний рівень тритію у р. Південний Буг (12 - 15 Бк/л).

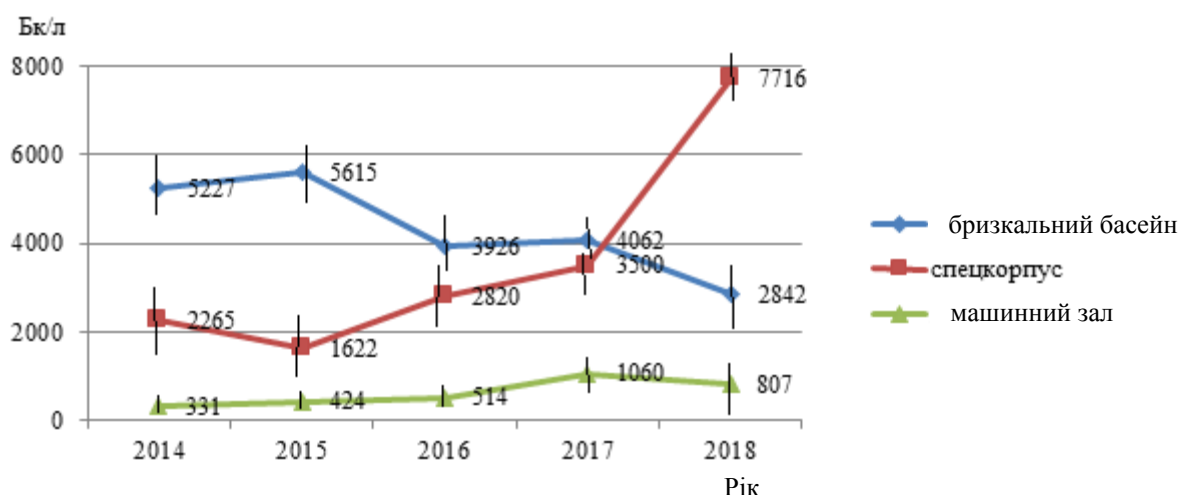


Рис. 3. Динаміка середньорічних величин об'ємної активності тритію у воді зі свердловин на промисловому майданчику АЕС і в бризкальному басейні протягом 2014 - 2018 рр. (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

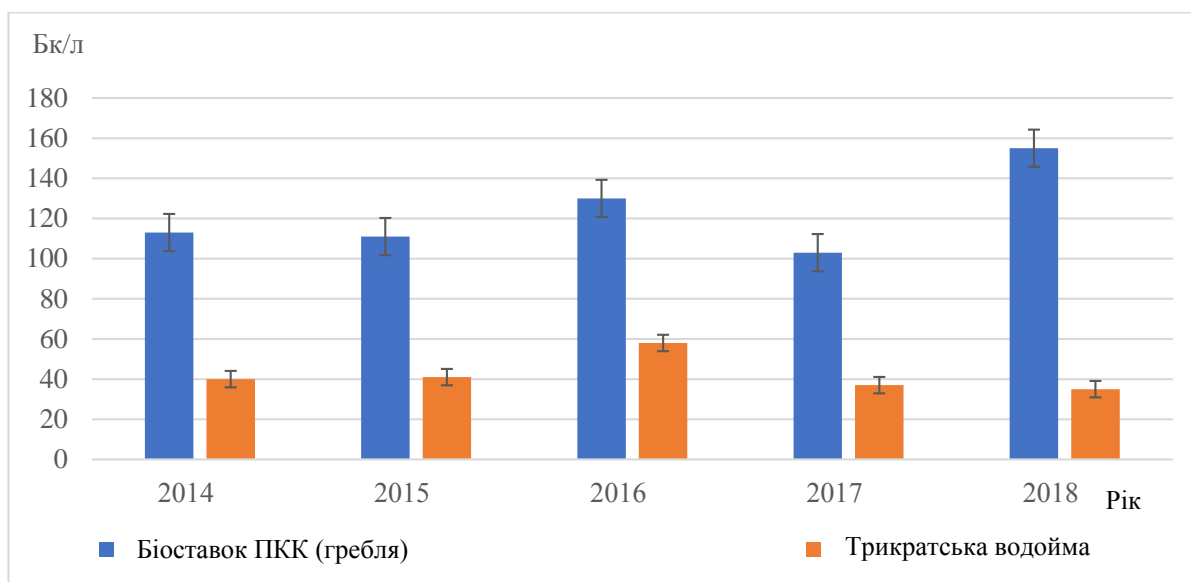


Рис. 4. Динаміка вмісту тритію у біоставках ПКК ЮАЕС та у Трикратській водоймі протягом 2014 - 2018 рр. (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

Таблиця 3. Середньорічний вміст тритію у воді біоставка ПКК ЮАЕС та у Трикратській водоймі впродовж 1990 - 2001 рр., Бк/л

Рік	Біоставок ПКК ЮАЕС	Трикратська водойма
1990	1480 ± 520	450 ± 20
1991	1098 ± 436	152 ± 30
1992	847 ± 314	176 ± 34
1993	688 ± 273	131 ± 24
1994	414 ± 77	70 ± 22
1995	329 ± 89	88 ± 40
1996	320 ± 50	59 ± 14
1997	325 ± 65	38 ± 5
1998	348 ± 64	35 ± 10
1999	320 ± 45	31 ± 9
2001	330 ± 50	12 ± 2

Для порівняння в табл. 3 наведено результати наших досліджень вмісту тритію в біоставку ПКК та у Трикратській водоймі в 1990 - 1999 рр. [9]. З таблиці видно, що на початку 1990-х років у біоставку відзначалися дуже високі рівні тритію (більше 1000 Бк/л), а для руслової Трикратської водойми спостерігали кореляційну залежність ( $r^2 = 0,94$ ) вмісту тритію від його вмісту у воді біоставка ПКК ЮАЕС.

При цьому в 1991 - 1992 рр. підвищені рівні тритію відзначалися практично на всьому шляху руху стоків у гідроекосистемі р. Арбузинка – р. Мертвовід [9]: у р. Мертвовід поблизу с. Трикрати – 330 Бк/л, поблизу с. Таборівка – близько 205 Бк/л, у Трикратській водоймі – 150 Бк/л. У 1993 р., після припинення скиду каналізаційних



вод АЕС у р. Арбузинку, активність тритію почала зменшуватися, при цьому впродовж 1990-х років відзначено поступове зниження вмісту тритію як у біоставку ПКК, так і у Трикратській водоймі. Таким чином, ці результати показують, що тритій у 1990-і роки постійно надходив у водну екосистему району розташування ЮУАЕС. Це, у свою чергу, спричинило підвищення його рівнів у воді Білоусівської зрошувальної системи, джерелом живлення якої є також Трикратська водойма, що було нами використано для розрахунку коефіцієнтів переходу тритію у зрошувані сільськогосподарські культури [16]. А в останнє десятиріччя рівень вмісту тритію в біоставку знизився до 130 Бк/л, що відчутно відобразилося на зменшенні його вмісту у Трикратській водоймі.

Нами було показано [15], що аналогічна кореляційна залежність ( $r^2 = 0,97$ ) спостерігалася для вмісту тритію в колодязі, розташованому на відстані 1,5 км від біоставків. При цьому протягом досліджуваного періоду відбулося суттєве зниження вмісту тритію в цьому підземному джерелі: від  $1295 \pm 277$  Бк/л (1990 р.) до  $130 \pm 18$  Бк/л (2001 р.). Результати масштабного моніторингу і картографування вмісту тритію в підземних водах цього регіону [14] свідчили, що надходження тритію в підземні води відбувається в основному шляхом інфільтрації його з поверхні через зони аерації або за рахунок фільтрації з поверхневих водотоків на ділянках живлення водоносного горизонту поверхневими водами. Хоча процес інфільтрації є достатньо тривалим, але високі міграційні особливості тритію та сприятливий для інфільтрації склад порід зони аерації призводить до різкого підвищення вмісту тритію як в алювіальному, так і в палеогеновому горизонтах. За висновками досліджень НВП «Южгеологія» [14] забруднення підземних вод палеогенового горизонту тритієм пов'язано з фільтрацією забруднених тритієм вод р. Мертвовід у палеогенові відкладення

руслових ґрунтів, а також частково відбувається забруднення через атмосферні опади в місцях виходу палеогенових відкладень на поверхню або на ділянках їхнього взаємного зв'язку з алювіальними водами району АЕС.

При цьому вважаємо, що суттєве зниження вмісту тритію в біоставках ПКК до 130 Бк/л, відмічене в останні 5 років, має аналогічним чином відобразитися на вмісті тритію в підземних водах.

#### 4. Висновки

1. У воді технологічних водойм (ставок-охолоджувач, біоставок станції водоочистки) ЮУАЕС середньорічна об'ємна активність тритію впродовж 2014 - 2018 рр. трималася в інтервалі 110 - 160 Бк/л. Середньорічне зростання на 12 - 13 Бк/л корелює із зменшенням об'ємів скиду продувних вод ставка-охолоджувача (близько 8698 тис. м<sup>3</sup> на рік). Більш високі рівні об'ємної активності тритію зареєстровано у воді технічних свердловин маркерів протікань у системі технічної води, які, до того ж, підживлюються з басейнів градирень і бризкальних установок.

2. Вміст тритію в біоставках ПКК ЮУАЕС знизився з понад 1000 Бк/л на початку 1990-х років до 100 - 130 Бк/л у 2017 - 2018 рр., що призвело до зменшення його рівня у Трикратській водоймі і має відобразитися на зниженні його рівня в підземних водних джерелах, розташованих нижче за природним стоком.

Враховуючи фізико-хімічні властивості тритію та висновки науковців щодо надзвичайно швидкого накопичення тритію в навколишньому середовищі, пропонуємо продовжувати моніторинг за вмістом тритію у поверхневих водоймах у районі розташування ЮУАЕС, а також у водних джерелах питної води, розташованих нижче за природним стоком від технологічних водойм АЕС.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [Operational & Long-Term Shutdown Reactors. IAEA. Power Reactor Information System.](#)
2. Ю.А. Егоров. О радиационной опасности трития, нарабатываемого на АЭС. Известия ТРТУ 6 (2002) 10.
3. Е.Л. Телушкина. Тритий во внешней среде вблизи предприятий ядерного топливного цикла. Гигиена и санитария 3 (1983) 62.
4. Д.И. Гудков. Тритий в воде Днепра и его водохранилищах. Гидробиологический журнал 31(3) (1995) 95.
5. В.Л. Усачев. Тритий в промышленных водоемах ПО «Маяк». В кн.: «Тритий – это опасно». Сб. матер. (Челябинск, 2001) с. 40.
6. В.В. Журавков. Определение фоновых уровней содержания трития в открытых гидрологических объектах в районе строительства Белорусской АЭС. *Экологический вестник* 2(32) (2015) 5.
7. О.А. Николин. Тритий в водных экосистемах Уральского региона. Дис. к.б.н. (Пермь, 2008).
8. И.И. Силян. Опасный тритий. В кн.: Глобальные экологические процессы. Матер. Междунар. науч. конф. Под ред. В. В. Снакина (Москва: Academia, 2012) с. 397.
9. Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін. *Формування радіаційного навантаження на людину в умовах півдня України: чинники, прогнозування, контрзаходи* (Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009) 230 с.

10. Ю.М Жегуліна. Транскордонний вплив Чернаводської та Рівненської атомних електростанцій на забруднення тритієм річок Дунай та Стир. Дис. к.т.н. (Харків, 2017) 128 с.
11. Директива Ради 98/83/ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» від 3 листопада 1998 р.
12. Радіаційна обстановка в районі розташування ЮУАЕС за 2014 - 2018 рр. Звіти лабораторії зовнішньої дозиметрії ЮУАЕС, 2019, 24 с.
13. В.М. Васильченко та ін. Моніторинг тритію в природних поверхневих водоймах України. *Ядерна енергетика та довкілля* 1 (2013) 14.
14. Тритий в подземних горизонтах в районі ЮУАЕС. Отчет о НИР НПП «Южгеология». № 87/5-1 (Одесса, 1994) 44 с.
15. Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін. Оцінка ступеню забруднення <sup>3</sup>H поверхневих водойм та деяких джерел питного водопостачання району ПУ АЕС. *Український радіологічний журнал* 4 (1999) 17.
16. Л.І. Григор'єва, А.О. Алексєєва, А.В. Коваль. Розрахунок допустимих рівнів радіонуклідів у зрошувальній воді при зрошенні способом дощування. *Ядерна фізика та енергетика* 21(1) (2020) 86.

**L. I. Grygorieva\*, A. O. Aleksieieva, O. V. Makarova**

*Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine*

\*Corresponding author: kafecobezpeka@ukr.net

### **TRITIUM IN THE HYDRO-ECOSYSTEM OF THE SOUTH-UKRAINIAN NUCLEAR POWER PLANT**

Based on the results of radioecological studies in the aquatic ecosystem of the South-Ukrainian Nuclear Power Plant region (SUNPP), the tritium content in technological reservoirs (cooling pond, biological pond of the cleaning station, splash pool) and adjacent surface and groundwater bodies were analyzed. It is shown that the average annual volumetric activity of tritium in the water of technological reservoirs of the SUNPP during 2014 - 2018 is kept at the level of 110 - 160 Bq/l, with a tendency to increase with an average annual rate of 12 - 13 Bq/l, which correlates with a decrease in the volume of blowdown water discharge from the cooling pond (about 8698 thousand m<sup>3</sup> per yr). Higher levels of volumetric activity of tritium were registered in the water of technical wells - leakage markers in the technical system, which, moreover, are fed from the pools of cooling towers and spray units. The tritium content in the bioponds of the sewage system of the SUNPP decreased from more than 1000 Bq/l in the early 1990s to 100 - 130 Bq/l in 2017 - 2018, which led to a decrease in its level in the Trikratsky reservoir and should affect lowering its level in groundwater sources, which are located below the natural runoff. Taking into account the physicochemical properties of tritium and the conclusions of well-known scientists about the extremely rapid accumulation of tritium in the environment, the necessity of hydroecological monitoring of the tritium content in surface water bodies is substantiated, the water of which is used for irrigation of agricultural crops and which are hydrodynamically connected with the technological water bodies of the SUNPP, as well as sources of drinking water located downstream of the natural runoff from the technological reservoirs of the nuclear power plant.

*Keywords:* tritium, hydroecosystem, technological reservoirs, radioecological monitoring, industrial and municipal sewerage.

#### REFERENCES

1. [Operational & Long-Term Shutdown Reactors. IAEA. Power Reactor Information System.](#)
2. Yu.A. Egorov. On the radiation hazard of tritium produced at nuclear power plants. *Izvestia Taganrog Radio Engineering University* 6 (2002) 10. (Rus)
3. E.L. Telushkina. Tritium in the environment near nuclear fuel cycle facilities. *Gigiyena i Sanitariya* 3 (1983) 62. (Rus)
4. D.I. Gudkov. Tritium in the water of the Dnieper and its reservoirs. *Gidrobiologicheskii Zhurnal* 31(3) (1995) 95. (Rus)
5. V.L. Usachev. Tritium in industrial reservoirs of Production Association "Mayak". In: "Tritium is Dangerous". *Digest of Materials* (Chelyabinsk, 2001) p. 40. (Rus)
6. V.V. Zhuravkov. Determination of background levels of tritium content in open hydrological objects in the construction area of the Belarusian NPP. *Ekologicheskii Vestnik* 2 (32) (2015) 5. (Rus)
7. O.A. Nikolin. Tritium in aquatic ecosystems of the Ural region. The Thesis of the Candidate of Biological Sciences (Perm, 2008). (Rus)
8. I.I. Silin. Dangerous tritium. In: *Global Ecological Processes. Proc. of the Int. Sci. Conf. Ed. V.V. Snakin* (Moskva: Academia, 2012) p. 397. (Rus)
9. L.I. Grygorieva, Yu.A. Tomilin. *Formation of Radiation Load on a Person in the Conditions of the South of Ukraine: Factors, Forecasting, Countermeasures* (Mykolaiv: Petro Mohyla Black Sea National University Publishing House, 2009) 230 p. (Ukr)



10. Yu.M. Zhegulina. Transboundary impact of Chernavodsk and Rivne Nuclear Power Plants on tritium pollution of the Danube and Styr rivers. The Thesis of the Candidate of Technical Sciences (Kharkiv, 2017) 128 p. (Ukr)
11. [Council Directive 98/83 / EC of November 3, 1998, on "The quality of water intended for human consumption"](#). (Ukr)
12. Radiation situation around SUNPP location for 2014 - 2018. Reports of the SUNPP External Dosimetry Laboratory, 2019, 24 p. (Ukr)
13. V.M. Vasylychenko et al. Monitoring of tritium in natural surface water bodies of Ukraine. [Yaderna Enerhetyka ta Dovkillya 1 \(2013\) 14](#). (Ukr)
14. Tritium in underground horizons in the SUNPP region. Report on research and development of NPP "Yuzhgeologiya". No. 87/5-1 (Odessa, 1994) 44 p. (Rus)
15. L.I. Grygorieva, Yu.A. Tomilin. Assessment of the degree of  $^3\text{H}$  pollution of the surface water bodies and some sources of drinking water supply in the SUNPP area. [Ukrayinskyy Radiolohichnyy Zhurnal 4 \(1999\) 17](#). (Ukr)
16. L. I. Grygorieva, A. O. Alekseeva, A. V. Koval. Calculation of the acceptable radionuclide level in irrigation water during irrigation by the method of rain. [Nucl. Phys. At. Energy 21\(1\) \(2020\) 86](#). (Ukr)

Надійшла/Received 20.01.2021