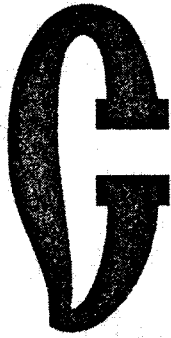


TEN YEARS OF TRITIUM MONITORING IN UKRAINE

Buzinny M.G.

ДЕСЯТЬ РОКІВ МОНІТОРИНГУ ТРИТІЮ В УКРАЇНІ



БУЗИННИЙ М.Г.
Науковий центр радіаційної
медицини АМН України,
м.Київ

ДЕСЯТЬ ЛЕТ МОНИТОРИНГА ТРИТИЯ В УКРАИНЕ

Систематические исследования уровней содержания трития проводились нами в объектах окружающей среды в Украине, начиная с 1988 г. Внимание уделялось различным аспектам трития: фоновым уровням, тритию в окрестностях работающих АЭС и в осадках. Мониторинг фонового трития проводился для некоторых регионов Украины и включал пункты отбора проб поверхностной, подземной и водопроводной воды. Данные, относящиеся к мониторингу АЭС, получены для всех АЭС Украины, включая объект «Укрытие» Чернобыльской АЭС.

Тритий в осадках определялся в образцах, которые отбирались в сети станций наблюдений Гидромета со всей территории Украины (более 35 станций наблюдений). Для измерения удельной активности образцов был использован современный жидкостно-сцинтилляционный спектрометр Quantulus 1220 (tm) производства фирмы Wallac Oy, Финляндия. Технология подготовки и проведения измерений образцов зависела от их природы и преследуемой цели. В большинстве случаев использовали смесь: 8мл воды и 12мл сцинтилляционной жидкости Optiphase HighSafe 3 в полиэтиленовых измерительных флаконах, емкостью 20мл. Применяли прямое измерение для большинства проб осадков в течение 420 минут, что позволяло определить минимально измеримую активность МДА = 1,1 Бк/л. Измерение всех проб с высокой удельной активностью трития проводилось с ограничением по количеству отсчетов 500 или 2500. База данных составляет более 10000 результатов, из них 2900 образцов осадков и более 4000 проб воды сети мониторинга АЭС. Приведены обобщенные результаты: среднее значение активности трития в осадках составляет $3,7 \pm 0,3$ Бк/л, в открытых источниках питьевого водоснабжения $4,2 \pm 0,9$ Бк/л, а в районах размещения АЭС — от сотен до тысяч Бк/л. Дозы облучения населения составляют около 0,1 мкЗв в год.

истематичні дослідження рівнів питомої активності тритію провадилися нами в об'єктах навколишнього середовища в Україні, починаючи з 1988р. Увага приділялася різноманітним аспектам тритію: фоновим рівням, тритію в околицях працюючих АЕС і тритію в опадах. Моніторинг фонового тритію провадився для деяких регіонів України і включав пункти відбору зразків з поверхневою, підземною і водопровідною водою. Дані, що відносяться до моніторингу АЕС, отримані для всіх АЕС України разом з об'єктом «Укриття» Чернобыльської атомної станції.

Тритій в опадах визначався у зразках, що відбиралися по мережі станцій спостережень Гідромету його працівниками з усієї території України (понад 35 станцій спостережень). Для визначення питомої активності зразків був використаний сучасний рідинно-сцинтиляційний спектрометр Quantulus 1220™ виробництва фірми Wallac Oy, Фінляндія. Технологія підготовки і проведення вимірювань залежала від їх природи і поставленої мети. У більшості випадків використовували суміш: 8мл води і 12мл сцинтиляційної рідини Optiphase HighSafe 3 у поліетиленових вимірюваних флаконах об'ємом 20мл. Зас-

тосувували прямий вимір для більшості зразків опадів протягом 420 хвилини, що дозволяло вимірювати мінімально детектовану активність МДА рівню 1,1Бк/л. Вимірювання всіх зразків з високою питомою активністю тритію провадилося з обмеженням до кількості відліків 500 або 2500. База даних охоплює понад 10000 результатів, з них 2900 зразків опадів і понад 4000 зразків води мережі моніторингу АЕС. Наведені узагальнені результати: середнє значення активності тритію в опадах становить $3,7 \pm 0,3$ Бк/л, у відкритих джерелах питного водозабезпечення $4,2 \pm 0,9$ Бк/л, а у районах розміщення АЕС — від сотень до тисяч Бк/л. Дози опромінення населення становлять біля 0,1мкЗв на рік.

Тритій (^3H або T) — радіоактивний ізотоп водню, який є м'яким β-випромінювачем з граничною енергією 18кеВ та з періодом напіврозпаду $T_{1/2} = 12,43$ років. У доквілі він, як правило, міститься в молекулі води ($^1\text{H}^2\text{H}$). У природі тритій утворюється під впливом сонячного випромінювання двома шляхами: $^{14}\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^3_1\text{H} + ^{12}\text{C}$ і $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_1\text{H} + ^1_0\text{n}$. Річне природне накопичення його оцінюється в $(5,5-11,1) \times 10^{16}$ Бк, що відповідає його природному балансу $(9,2-18,5) \times 10^{17}$ Бк та фоновому

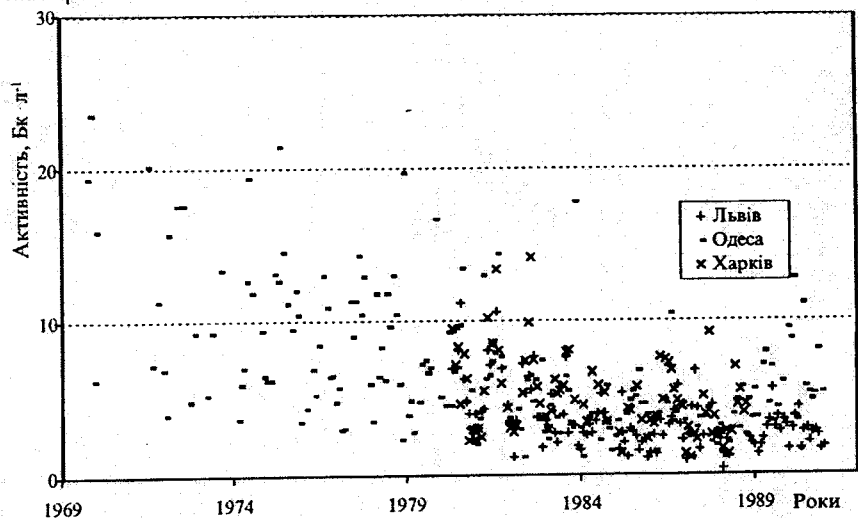
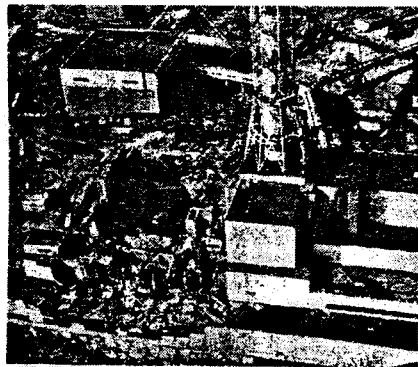


Рисунок 1
Активність тритію (Бк/л-1) в усереднених протягом місяця зразках опадів для станцій спостереження Одеси, Львова і Харкова за даними GNIP [2]



ПРОБЛЕМИ ЧОРНОБИЛЯ

вмісту в опадах близько $0,1 \text{ Бкхл}^{-1}$ [1]. Додатково велике накопичення тритію відбувалося у період атмосферних випробовувань ядерної зброї протягом 1950-1980 років. Сумарний викид його у процесі бомбових випробовувань становив $2,4 \times 10^{20}$ Бк, а у рік максимальної кількості випробовувань (1963) питома активність ^3H в опадах становила декілька тисяч Бкхл^{-1} [1]. Зниження питомої активності ^3H в опадах упродовж наступних років обумовлено не так його розпадом (зменшення на 5,5% на рік), як

Таблиця 1
Активність тритію (Бкхл^{-1}) в опадах, узагальнені дані за мережею Гідромету України

Пункт спостереження	n	m	σ	max	k
Світязь	94	3,0	1,4	6,4	1
Остер	93	3,5	1,5	7,3	1
Донецьк	92	3,2	1,5	12,7	1
Тетерів	92	3,3	1,5	10,0	2
Волноваха	92	3,2	1,5	8,9	2
Золочів	91	3,2	1,7	38,8	5
Бережани	90	3,2	1,7	7,9	1
Болград	89	3,1	1,7	7,3	0
Нова Каховка	89	3,2	1,5	8,8	1
Гайворон	89	3,0	1,7	12,3	2
Ріва Руська	89	3,2	1,6	11,5	3
Лощарівка	89	3,3	1,5	7,1	0
Закарпатська, Міжгір'я	89	3,1	1,6	9,3	2
Кам'янка Бузька	86	3,7	1,7	9,4	2
Берегове	86	3,1	1,5	16,4	4
Нікітський Сад	85	3,2	1,6	10,8	2
Барішівка	85	3,6	1,7	13,4	3
Львів	81	2,9	1,4	6,2	0
Черкаси	80	3,1	1,4	6,9	0
Шепетівка	78	3,1	1,4	9,7	3
Севастополь	77	3,0	1,4	16,2	3
Кобеляки	77	3,2	1,7	7,7	1
Карадаг	77	3,6	1,6	40,8	2
Баштанка	77	3,2	1,8	7,8	0
Бобриньш	76	3,3	1,6	7,5	0
Кирилівка	72	3,3	1,7	9,0	1
Асканія Нова	70	3,5	1,5	18,7	6
Одеса	70	3,3	1,6	19,8	1
Глухів	67	3,3	1,5	9,5	4
Любашівка	66	3,0	1,4	16,6	2
Дар'івка	58	2,9	1,6	6,9	0
Маневичі	49	3,3	1,8	7,8	0
Озірна	48	3,0	1,3	6,8	0
Нижньгірський	39	3,4	1,6	17,8	2
Київ, Гідропарк	17	2,9	1,0	5,6	0
Богуслав	16	3,1	1,7	7,1	0
По території України	2715	3,7	0,3		57

Примітка. n — кількість вимірних зразків; m — середнє арифметичне; σ — стандартне відхилення; k — кількість верхніх значень, що не взято до уваги при розрахунку середнього для кожного пункту спостереження.

водами морів і океанів планети, що стали головними резервуарами термоядерного ^3H .

Для спостереження за динамікою тритію в опадах з початку 60-х років минулого століття в рамках програми Global Network for Isotope in Precipitation (GNIP) у всьому світі було організовано понад 100 станцій спостережень, враховуючи українські станції, розташовані в Одесі (з 1969), Харкові, Львові і Севастополі (з 1978) [2]. Хід коливань активності тритію в опадах для пунктів спостереження Одеса, Львів і Харків, за даними GNIP [2], подано на рис. 1, який свідчить про зменшення з роками його активності внаслідок вимивання з атмосфери, припинення ядерних випробовувань в атмосфері, а сезонні коливання відбуваються за рахунок випаровувань води з ґрунту.

Ядерні технології є третім шляхом утворення тритію і його надходження до навколишнього середовища. Оцінки сумарного річного викиду тритію підприємствами ядерного паливного циклу на 1978р. склали $1,5 \times 10^{18}$ Бк [3], а збільшення тритію у водах Чорного моря внаслідок аварії на ЧАЕС оцінено величиною $5,2 \times 10^{15}$ Бк, що складає один процент запасу тритію в Чорному морі [4].

В лабораторії радіоекології НЦРМ АМНУ систематичні дослідження рівня тритію у навколишньому середовищі на території України почалися з 1988р. і полягають у визначенні його кількості в опадах, фонових рівнів у джерелах питного водозабезпечення, рівнів в околищах АЕС. Фонові рівні досліджувалися для ряду регіонів України у воді поверхневих джерел, підземних джерел і водопровідної води. Всього протягом періоду до 2001

року проаналізовано понад 4000 зразків води [5]. Для досліджень тритію в опадах використовувалися зразки, що відбиралися по мережі понад 35 станцій спостережень Гідромету України. Для аналізів бралися зразки усереднених протягом місяця опадів. На період до 2001р. проаналізовано понад 2900 результатів вимірювань питомої активності тритію в опадах.

У той же період відбиралися зразки в місцях розміщення АЕС України, у т.ч. на Чорнобильській та об'єкті «Укриття» (ОУ). Тритій як трасер міграції води в районі розміщення ОУ на сьогодні добре вивчений [6-8]. Ці дослідження довели необхідність розвитку техніки очищення зразків води від ^{137}Cs і $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ та інших β -активних радіонуклідів [9, 10]. Це було серйозною методичною проблемою, оскільки у зразках води з ОУ питома активність по ^{137}Cs була у 100-3000, а по $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ у 25-1000 разів вищою, ніж тритію.

Методи. Для визначення питомої активності тритію у водоймищах чи опадах використано метод рідинно-сцинтиляційного лічення (спектрометр Quantulus 1220™ фірми Wallac Oy). Вимірювання зразків провадилися тільки в одноразових поліетиленових флаконах, що виключало можливість переносу активності. Проба води об'ємом 8мл змішувалася з 12мл сцинтиляційної рідини Optiphase Hisave 3 фірми Wallac Oy, ефективність лічення 18-20%. Час виміру зразка складав 420 хвилин, що забезпечувало мінімально детектувану активність (MDA) $1,1 \text{ Бкхл}^{-1}$ при статистичній похибці не більше 30%. Вимірювання високоактивних зразків обмежувалося набором 500-2500 імпульсів, що від-

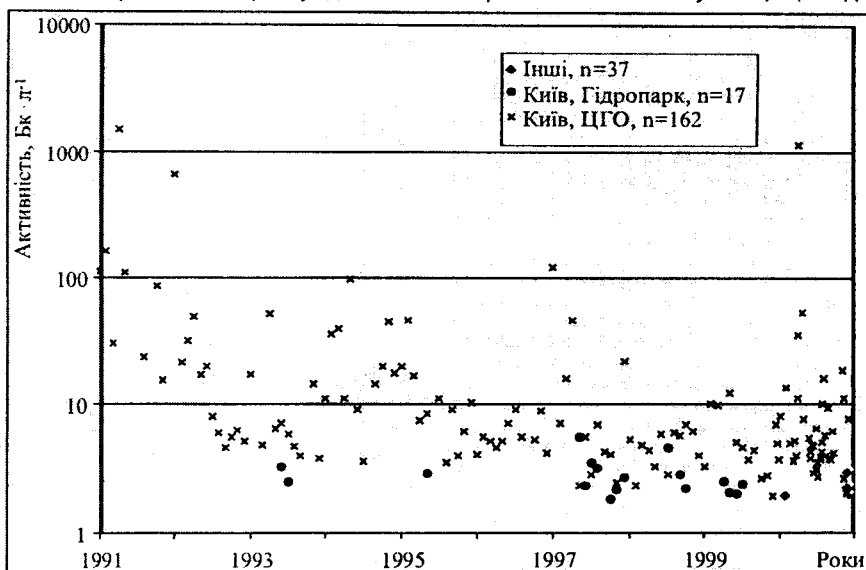


Рисунок 2.

Активність тритію в усереднених протягом місяця зразках опадів для станцій спостережень Києва. Інші пункти — усереднені значення для 5 пробовідборів

Таблиця 2
Середньомісячні активності тригів в опадах на території України, Бкхл¹

Рік	Місяць	n	m	σ	max	k	Рік	Місяць	n	m	σ	max	k
1990	12	35	3,9	1,2	9,5	1	1995	8	28	4,3	1,2	7,2	0
1991	1	26	3,4	1,0	5,3	0	1995	9	20	2,7	1,2	4,9	0
1991	2	12	6,0	3,3	13,4	0	1995	10	20	2,9	1,1	4,4	0
1991	3	10	7,6	5,2	22,0	0	1995	11	29	2,6	1,0	8,6	1
1991	4	8	10,3	7,1	27,2	0	1995	12	24	2,0	0,9	3,2	0
1991	7	30	6,0	1,5	9,8	0	1996	1	26	4,0	1,2	9,3	1
1991	9	25	6,0	1,7	10,8	0	1996	2	25	4,2	1,2	6,5	0
1991	10	32	3,4	0,7	6,0	1	1996	3	22	3,9	0,9	5,4	0
1991	11	31	4,0	1,1	9,7	2	1996	4	26	4,9	1,4	16,4	1
1991	12	24	2,9	0,0	4,5	6	1996	5	18	4,8	1,7	8,6	0
1992	1	23	3,2	0,6	4,8	0	1996	6	24	5,0	1,2	7,0	0
1992	2	24	3,6	1,0	6,3	0	1996	7	19	5,4	2,0	10,7	0
1992	3	27	4,0	1,3	12,7	1	1996	8	18	4,3	1,5	8,2	0
1992	4	27	4,3	1,3	6,6	0	1996	9	25	4,2	1,6	7,0	0
1992	5	33	4,8	1,1	7,9	0	1996	10	21	4,5	2,9	12,2	0
1992	6	32	4,4	1,1	10,4	1	1996	11	20	2,4	0,7	38,8	2
1992	7	27	3,3	0,9	40,7	1	1996	12	21	1,9	0,7	3,2	0
1992	8	25	5,1	1,9	8,4	0	1997	1	33	2,6	1,0	4,3	0
1992	9	27	4,7	1,1	7,8	0	1997	2	32	2,3	0,9	5,0	0
1992	10	32	4,0	1,2	6,5	0	1997	3	24	2,4	0,8	3,7	0
1992	11	32	3,6	1,4	10,0	1	1997	4	31	2,8	1,6	7,3	0
1992	12	25	1,9	1,3	17,7	1	1997	5	36	3,2	1,2	19,8	1
1993	1	25	5,9	4,9	18,7	0	1997	6	35	2,6	0,8	9,3	2
1993	2	34	4,4	0,9	10,4	1	1997	7	33	3,3	1,5	6,6	0
1993	3	33	2,9	0,9	5,0	0	1997	8	31	3,5	1,6	7,7	0
1993	4	26	4,0	1,2	8,8	1	1997	9	34	2,7	1,5	6,8	0
1993	5	24	3,7	1,1	6,1	0	1997	10	33	1,7	1,2	3,9	0
1993	6	27	2,4	0,9	4,0	0	1997	11	35	1,6	1,0	8,8	1
1993	7	28	1,8	0,8	4,9	1	1997	12	34	1,5	0,9	3,4	0
1993	8	25	2,7	1,3	5,0	0	1998	1	33	1,1	0,7	2,5	0
1993	9	28	2,6	0,8	5,5	1	1998	2	33	1,1	0,8	6,7	2
1993	10	22	4,7	1,1	7,4	0	1998	3	33	1,2	0,7	4,9	1
1993	11	25	4,3	1,1	7,1	0	1998	4	33	1,2	0,8	4,7	1
1993	12	30	3,2	1,0	7,1	1	1998	5	32	2,5	1,4	7,5	1
1994	1	29	4,2	1,1	7,2	0	1998	6	33	2,7	0,9	4,6	0
1994	2	24	4,5	1,8	9,6	0	1998	7	32	3,4	1,2	5,2	0
1994	3	26	5,8	1,5	8,2	0	1998	8	33	3,4	0,8	5,0	0
1994	4	3	7,1	8,1	16,4	0	1998	9	34	2,8	0,7	4,7	0
1994	5	17	4,6	1,4	8,2	0	1998	10	31	3,0	1,1	4,5	0
1994	6	25	3,2	1,6	6,3	0	1998	11	32	3,3	1,0	5,6	0
1994	7	6	3,0	1,1	4,3	0	1998	12	33	2,1	0,7	3,6	0
1994	8	22	2,7	0,8	4,3	0	1999	1	34	3,9	2,3	10,1	0
1994	9	20	3,1	1,2	16,2	2	1999	2	34	2,5	1,1	9,8	1
1994	10	24	2,9	1,1	5,3	0	1999	3	33	2,8	0,7	5,3	1
1994	11	25	2,3	1,1	12,9	1	1999	4	35	2,9	0,7	4,4	0
1994	12	25	3,2	1,0	21,1	1	1999	5	35	2,7	0,9	5,4	0
1995	1	25	2,8	1,2	5,1	0	1999	6	33	3,3	0,9	5,0	0
1995	2	25	2,4	1,2	5,4	0	1999	7	32	2,3	0,9	4,0	0
1995	3	17	3,5	1,4	6,9	0	1999	8	34	2,5	0,7	5,7	1
1995	4	25	4,5	0,8	9,3	1	1999	9	32	1,6	0,9	3,3	0
1995	5	3	4,8	0,7	5,3	0	1999	10	32	1,2	0,6	2,7	0
1995	6	19	6,0	1,7	9,8	0	1999	11	7	2,0	1,0	3,1	0
1995	7	25	4,7	1,3	7,4	0	1999	12	3	3,6	3,9	8,1	0

Примітка. n — кількість вимірних зразків; m — середнє арифметичне; σ — стандартне відхилення; k — кількість верхніх значень, що не взято до уваги при розрахунку середнього для кожного інтервалу.

з використанням водного тритієвого набору \pm #1210-121 фірми Wallac Oy. Ефект гасіння імпульсів для кожної проби був скоригований за методом зовнішнього стандарту за допомогою «кривої гасіння», для побудови якої був використаний ССІ4.

Проби води, в яких очікувалася підвищена активність, вимірювалися в композиції 4мл води і 16мл сцинтиляційної рідини Optiphase Hisave 2, що дало можливість досягти ефективності лічення 35-38%.

Результати. Тритій в опадах. Ще на етапі попередньої оцінки результатів було виявлено підвищені рівні тритію (до 1500 Бкхл⁻¹) для станції спостереження, розташованої в м.Києві неподалік центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО), рис.2 [12]. Для визначення

причин підвищених рівнів були відібрані зразки опадів в інших пунктах спостереження Києва (Гідропарк та ін.). Встановлено, що у м.Києві підвищені рівні спостерігаються локально і пов'язані з ІЯД НАНУ, що розташований поруч з пунктом спостережень.

Узагальнені дані, отримані впродовж періоду досліджень для всіх пунктів спостереження, за винятком району розміщення ЦГО у м.Києві, наведені в табл.1. При розрахунку середнього (m) та стандартного відхилення (σ) відкидалися ті максимальні значення, що виходять за межі верхньої межі статистичного інтервалу $m \pm 3\sigma$. Мінімальні значення, що були виявлені для кожного пункту спостереження, були нижче значень МДА (1,1Бкхл⁻¹). Оскільки чисельність таких результатів для кожного пункту становила кілька відсотків, то для розрахунку m та σ до половини з них додавалося значення 0,5 МДА, до решти — МДА (1,1Бкхл⁻¹). Середнє значення активності тритію в опадах на території України у цей період дорівнювало $3,3 \pm 1,7$ Бкхл⁻¹, що відповідає середнім значенням, отриманим на території України після 1984 року за програмою GNIP (рис. 1), але майже вдвічі вище порівняно, наприклад, з Віднем, Австрія [2], рис.3. Це можна пояснити наявністю індустриальних джерел тритію в Україні і, насамперед, атомних електростанцій.

Майже 2,1% зразків дали значення активності тритію в опадах, понад 8 Бкхл⁻¹. Здебільшого це пункти півдня та заходу території України. Причини їх виникнення (методична похибка виключена) ще потрібно з'ясувати.

На рис.3 видно деяке коливання активності тритію в опадах протягом року, яке можливо пов'язане з сезонами. Для цього в табл.2 наведено узагальнені дані, отримані впродовж періоду спостережень для серії кожного місяця. Всі пункти спостереження мають середні значення, які коливаються в інтервалі $2,9-3,7$ Бкхл⁻¹. Сезонні коливання активності тритію в опадах (максимум у літні місяці) спостерігалися протягом більшості років спостережень (1992, 1995-1998). Одночасно з процесами випаровування води інтенсивність та величина опадів позначаються на динаміці активності тритію, але кількісна оцінка ролі цих факторів потребує подальших досліджень.

Загальний висновок очевидний: сьогоднішній рівень активності тритію в опадах на території України на порядок вища, ніж була до 1945-1950 років, що пов'язано з випробуваннями ядерної зброї та індустриальними джерелами його створення — атомними станціями та іншими радіацій-

повідало статистичній похибці 4,5% і 3,0%.

1998 року технологія вимірювань була поліпшена у відповідності до рекомендації [11], що дало можливість зменшити МДА на 20%.

Калібрування провадилося за методом внутрішнього стандарту

Таблиця 3
Активність тритію в джерелах питного водозабезпечення України у 1992—1999 рр., Бкхл⁻¹

Тип джерела	n	m	σ	max	Роки
р. Південний Буг, м. Миколаїв	21	4,2	1,5	6,8	1992-1999
Дніпро-Бузький лиман, м. Очаків	18	3,4	1,6	6,2	1995-1999
Дніпродзержинське в-ще, ГЕС	13	4	1,7	7	1993-1994
р. Дунай, м. Ізмаїл	13	3,9	1,6	6,2	1992-1999
Канівське в-ще, м. Канів	11	3,4	1,4	5,6	1993
Кременчуцьке в-ще, м. Світловодськ	11	4,5	2,4	9,7	1993-1994
р. Дніпро, м. Херсон	9	4	1,2	6	1992-1995
р. Дунай, м. Рені	9	6	4,4	16,8	1992-1993
Каховське в-ще, м. Бериславль	9	4,6	1,6	6,5	1993-1994
Дніпропетровське в-ще, м. Запоріжжя	7	4,7	1,7	7,2	1993-1994
Кременчуцьке в-ще, м. Топилівка	7	3,7	1,6	5,8	1993
р. Дунай, м. Килія	6	4,9	2,5	9,5	1992-1993
Каховське в-ще, ГЕС	6	4,3	1,1	6,2	1993-1994
р. Південний Буг, м. Гурівка	5	5,2	1,7	7,4	1997-1999
Каховське в-ще, м. Золота Балка	5	3,7	1,6	5,1	1993
Київське в-ще, с. Сухолуччя	5	4,2	1,5	5,2	1993
р. Дніпро, с. Неданчичі	4	4,5	1,2	6,2	1993-1994
м. Керч	4	5,1	2,7	8,5	1992
Канівське в-ще, м. Київ	4	3,3	1,2	4,8	1993
Київське в-ще, м. Вишгород	4	3,4	1,5	4,9	1993
р. Десна, с. Літки	3	3,1	1,2	4,2	1993
Канівське в-ще, м. Переяслав-Хмельницький	3	4,9	1	6,1	1993
По мережі	179	4,2	1,9	16,8	1992-1999

Примітка: n — кількість вимірних зразків; m — середнє арифметичне; σ — стандартне відхилення.

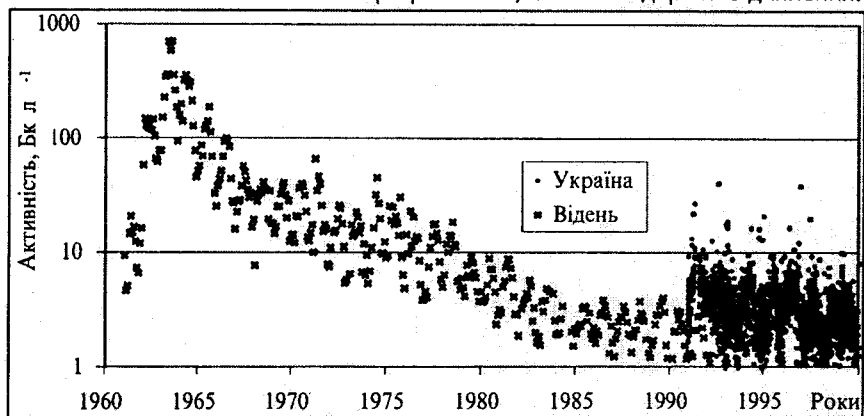
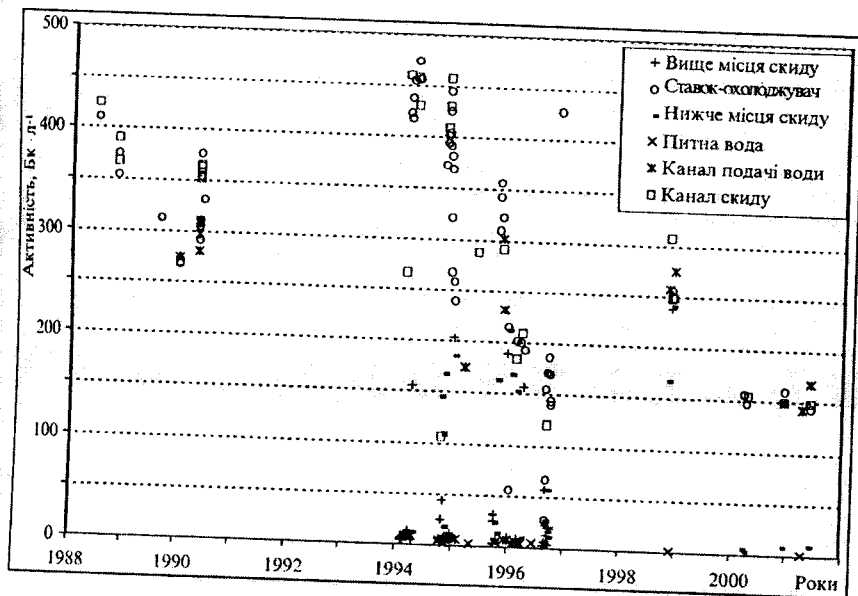
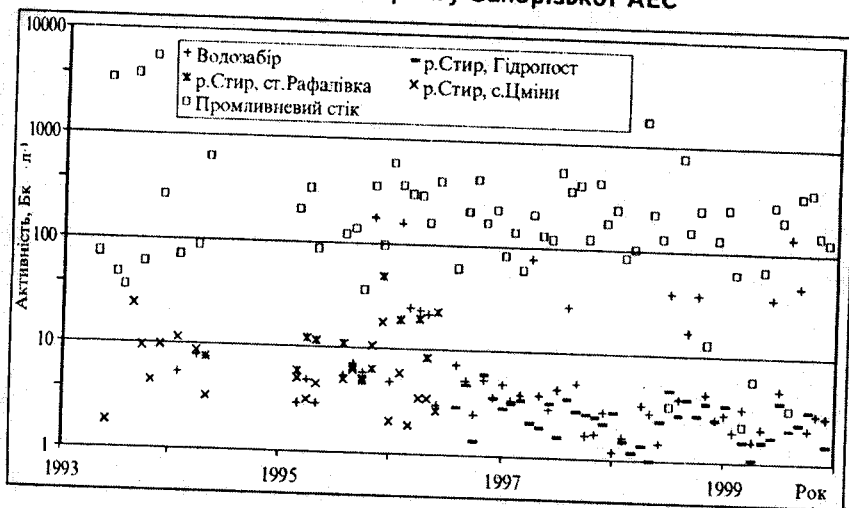


Рисунок 3
Активність тритію в опадах в м. Відень, Австрія [2] та на території України



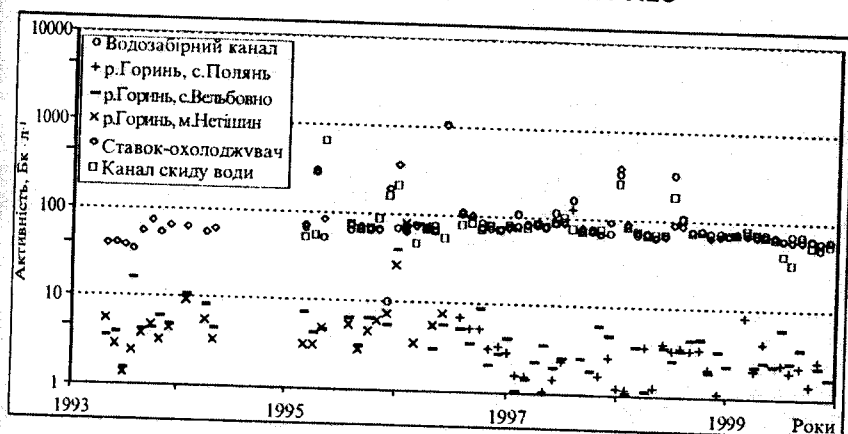
Активність тритію за деякими пунктами мережі моніторингу Запорізької АЕС

Рисунок 4



Активність тритію за пунктами спостереження мережі моніторингу Рівненської АЕС

Рисунок 5



Активність тритію за пунктами спостереження мережі моніторингу Хмельницької АЕС

Рисунок 6

но-ядерними технологіями. Спостерігається певне зменшення його активності з часом, що пов'язано, перш за все, з припиненням випробувань ядерної зброї та вимиванням тритію з атмосфери, переміщенням у моря і океани планети.

Тритій в воді. Результати досліджень рівнів тритію в зразках відкритих і підземних джерел наведені в роботах [5, 12, 13]. Для прикладу в табл. 3 подано узагальнені протягом десяти років дані спостережень основних по-

верхневих джерел питного водопостачання України, відібраних за мережею Гідромету. Як бачимо, середнє значення активності тритію становить $4,2 \pm 1,9 \text{ Бкхл}^{-1}$, що є типовим для Північної півкулі Землі [14]. Максимальні значення, що спостерігались у водах Дунаю, можна пояснити впливом викидів АЕС держав Східної та Центральної Європи.

Велика кількість даних по локальним водосховищам, ставкам та малим рікам принципово не відрізняється від наведених вище [12, 13]. У криницях — поширених джерелах питної води в Україні — вміст тритію становить близько $6,3 \pm 0,9 \text{ Бкхл}^{-1}$.

Природні рівні активності тритію у відкритих водоймах у «доатомну еру» складали $0,1-1,0 \text{ Бкхл}^{-1}$ [15]. Відповідні ефективні дози опромінення населення не перевищували $0,02 \text{ мкЗвхр}^{-1}$. Сьогодні при середній активності тритію в питній воді $3-5 \text{ Бкхл}^{-1}$ доза опромінення дорівнює $0,06-0,1 \text{ мкЗвхр}^{-1}$, що у 50000 разів нижче середньорічної дози опромінення населення України джерелами природного походження ($5-6 \text{ мЗв}$ на рік) [16].

Серед усіх джерел питної води найменша активність тритію у артезіанських свердловинах. Наприклад, у воді 31 свердловини м.Києва активність тритію становить $1,8 \pm 0,65 \text{ Бкхл}^{-1}$, причому в 8 свердловинах активність була нижчою МДА ($1,1 \text{ Бкхл}^{-1}$). Це характерні рівні для свердловин Північної півкулі Землі [14].

Моніторинг тритію в районах розміщення АЕС включав ставко-охолоджувач, систему обміну води зі ставком-охолоджувачем, а також найближчі водойми. Для всіх АЕС є характерним те, що за рахунок рідинних скидів активність тритію в ставках-охолоджувачах досягає декількох сотень Бкхл^{-1} , (рис. 4-6). Щоправда, обмін води (продувка), яку застосовують для зменшення вмісту солей у технологічних водах станції, суттєво знижує питому активність тритію у ставках-охолоджувачах і збільшує її в прилеглих водоймах. Наприклад, продувка ставка-охолоджувача Запорізької АЕС з

TEN YEARS OF TRITIUM MONITORING IN UKRAINE. Michael G. Buzinny

We performed systematically studies of tritium concentration in the environment in Ukraine since 1988. Attention was paid to different aspects of tritium: background levels, tritium in the vicinity of working NPP facilities installations and tritium in precipitation. Monitoring of background levels of tritium was performed for some regions of Ukraine and include sampling sites for surface, underground and tap water. Data, corresponding of monitoring of NPP facilities, was obtained for all Ukrainian NPP's, including of «Shelter» object at Chernobyl NPP. Tritium in precipitation was measured in samples collected for hydrometeorological network of Ukraine by corresponding personell for all territory of Ukraine (more than 35 observation stations). Modern ultra low-level liquid scintillation spectrometer Quantulus 1220(tm) produced by Wallac Oy was used for sample measurement. Sample preparation and measurement technique we applied depends on sample nature and aim of study. For most cases composition of 8 ml of water and 12 ml of Optiphase HighSafe 3 cocktail in 20-ml plastic vial was used. Direct LS counting was used for most samples 420 minutes, which allow to measure minimum detection activity MDA equal to 1,1 Bq per liter. All samples having high tritium concentration were measured with counting limit of 500 or 2500 counts. All data obtained for tritium include more than 10000 results, which include 2900 samples for precipitation and more than 4000 water samples for NPP's monitoring network. Summarised results are: average tritium activity in precipitation $3,7 \pm 0,3$ Bq-1-1, opened reservoirs of drinking water $4,2 \pm 0,9$ Bq-1-1, and in vicinity of NPP - of hundreds to thousand Bq-1-1. Irradiation doses for population corresponds to 0,1 mSv per year.

об'ємом води близько 43.106 м^3 знизила запаси тритію в ньому більше ніж удвічі — з $19,4 \times 10^{12}$ Бк до $8,6 \times 10^{12}$ Бк, а питому активність води — з $450 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ до $150 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

Серед усіх АЕС на території України дещо підвищене забруднення навколишнього середовища виявлене в районі розміщення Південно-Української АЕС [12, 13], що є наслідком рідинних станційних скидів та (в останні роки) продувки ставка-охолоджувача. Існує оцінка, що обсяг рідинних скидів впродовж десяти років у р. Арбузинка становить $34,9 \times 10^{12}$ Бк і $37,9 \times 10^{12}$ Бк протягом трьох років у р. Південний Буг (продувка) [17]. В результаті зміни шляху скидів тритію питома активність його в ставку-охолоджувачу зросла з 50 ± 10 до $250 \pm 30 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

Водойми в околицях АЕС не мають суттєвого рівня забруднення тритієм порівняно з іншими водоймами. Забруднення (одиниці-десятки $\text{Бк} \cdot \text{л}^{-1}$) має локальний та/або періодичний характер і не становить радіологічної проблеми, а дози опромінювання, що можуть реалізуватися за рахунок тритію при вживанні такої води, складають величину, що не перевищує $1-2 \text{ мкЗв}$ на рік.

У той же час моніторинг тритію у воді у місцях розміщення АЕС завдяки міграційним властивостям тритію та високій чутливості сучасного обладнання дозволяє надійно контролювати якість ядерно-енергетичних технологій, виявляти негаразди на ранньому етапі.

Висновки

* Моніторинг тритію відбиває глобальні тенденції варіації тритію у навколишньому середовищі як на території України, так і всієї планети, і дозволяє виявити основні джерела його утворення.

* Протягом останніх років найвагомішим джерелом утворення тритію і забруднення ним довкілля є ядерно-енергетичні комплекси (атомні станції).

* На території України, де сьогодні працює 13 ядерних енергетичних блоків, радіаційна ситуація, спричинена тритієм у питній воді, не відрізняється від такої в Північ-

ній півкулі планети і не викликає тривоги щодо величини дози опромінення населення.

* Моніторинг тритію в районах розміщення АЕС є найбільш чутливим методом контролю якості ядерних технологій і повинен бути необхідним елементом системи радіаційного контролю на атомних станціях України.

Автор вдячний працівникам Гідромету України, що відбирали зразки і по праву є співавторами цієї роботи: Ірині Скаржинській — за допомогу у попередній підготовці зразків опадів, а Євгенів Саніну — за допомогу в удосконаленні методичних аспектів вимірювання тритію за час роботи в ПГО «ПівнічУкрГеологія», співробітникам лабораторії радіоекології НЦРМ АМН України і її керівникові професору Лось І.П. за підтримку цих досліджень, допомогу в отриманні та аналізі наведених результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. United Nations. Sources and effects of ionizing radiation. United nations scientific committee on the effects of atomic radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Volume 1: Sources. United Nations. New York, 2000.
2. IAEA/WMO (1998). Global Network for Isotopes in Precipitation. The GNIP Database. Release 2 May 1998. URL: <http://www.iaea.org/programs/ri/gnip/gnipmain.htm>
3. Behavior of Tritium in the Environment. Proceedings of a Symposium San Francisco, 16 — 20 October, 1978 y. — Vienna, IAEA, 1979. — 711 p.
4. Катрич І.Ю. Тритій в природних водах после аварії на Чернобильській атомній електростанції. // Метеорологія і гідрологія, 1990, №5, С. 92-97.
5. Лось І.П., Бузынний М.Г., Зеленский А.В. Содержание трития в воде открытых водоемов и в источниках питьевого водоснабжения в некоторых областях УССР. // Вестник Акад.мед.наук СССР. — М.: Медицина, 1991. — № 8., 1991 — С. 54-56
6. Панасюк Н.И., Онищенко И.П., Гудзенко В.В., Бузынний М.Г. «Саркофаг» и вода. // Экологическая химия 1998, 7(2): с.116-123.
7. Панасюк Н.И., Павлюченко Н.И., Правдивый А.А., Алферов А.М., Рудько В.М., Козориз В.И., Стоянов А.И., Гула В.А., Онищенко И.П., Бузынний М.Г., Курочкин А.А., Смолеговец В.Н.

Оценка радиоактивного загрязнения геологической среды и подсчет количества радиоактивных отходов, локализованных в техногенных грунтах и прилегающих к объекту «УКРЫТИЕ» территории. Чернобыль 1999. — (Препр. НАН Украины. Межотр. науч. техн. центр «Укрытие»; 99-2)

8. Igor P. Onyshchenko, Vyacheslav M. Shestopalov, Mykola I. Panasyuk, Volodymyr M. Shcherbin, Mikhail G. Buzinny. Impact of «Shelter» Object on groundwater. XXIX IAH CONGRESS (XXIX Congress of International Association of Hydrogeologists — «Hydrogeology and Land Use Management»). Bratislava, Slovak Republic, 6-10 September 1999, P. 455-460.

9. Мархол М. Ионообменники в аналитической химии: В 2х частях. Часть 1. Пер. с англ.-М., Мир, 1985. 10. Мархол М. Ионообменники в аналитической химии: В 2 х частях. Часть 2. Пер. с англ.-М., Мир, 1985.

11. Claude Taylor. Приватне повідомлення автору.

12. Бузынний М.Г. Моніторинг основних бета-ізлучаючих радіонуклідів в об'єктах оточуючої середовища. Диссертация на соискание ученой степени. Канд. техн. наук. Киев, 1994.

13. Бузынний М.Г., Зеленский А.В., Лось І.П., Санін Е.В., Гудзенко К.Н. Моніторинг тритія на Україні в 1989-1991 г. // Аварія на Чернобильській АЭС: Радіаційний моніторинг, клінічні проблеми, соціально-психологічні аспекти, демографічна ситуація, малі дози іонізуючого випромінювання. Інформаційний бюллетень. — Київ: УНЦРМ МЗ і АН України, 1992. — С. 254-270.

14. Diter Rank. Environmental tritium in hydrology: present state (1992). 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, pp. 327-334.

15. Behavior of Tritium in the Environment. Proceedings of a Symposium San Francisco, 16 — 20 October, 1978 y. — Vienna, IAEA, 1979. — 711 p.

16. Pavlenko T.A., Los I.P. and Akseonov N.V. Indoor ^{222}Rn levels and irradiation doses in the territory of the Ukraine. Radiat. Measurements. 1996. Vol.26, № 4, pp.585-591.

17. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А. Оцінка ступеня забруднення тритієм поверхневих водоймищ та деяких джерел питного водопостачання району Південно-Української АЕС. // Український радіологічний журнал. 1999; №7: с.433-437.