

В. І. Вітько, канд. фіз.-мат. наук;
Л. І. Гончарова;
В. В. Карташов, канд. техн. наук;
Г. Д. Коваленко, д-р фіз.-мат. наук, проф.;
Г. В. Хабарова, канд. техн. наук
(УКРНДІЕП, м. Харків)

ВИКИДИ РАДІОАКТИВНОГО ЙОДУ (^{131}I) З АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ

У статті наведені результати детальних досліджень викидів ^{131}I з атомних електростанцій України. Визначено, що максимальні викиди радіоактивного йоду з атомних електростанцій України пов'язані з проведенням регламентних робіт за умов відкриття кришки реактору, переставленням тепловиділяючих збірок, звільненням активної зони і надходженням йоду з води першого контуру та тепловиділяючих збірок у реакторне приміщення з наступним видаленням ізотопів у атмосферне повітря через вентиляційні системи атомної електростанції. Найбільший викид ^{131}I стається під час відкриття реактору і початку проведення планових робіт. Виявлено недостатню чутливість систем моніторингу, що використовуються для контролю добових викидів радіоактивного йоду (^{131}I), у діапазоні нижче $1,0 \cdot 10^6$ Бк/добу. Рекомендується для атомних електростанцій України розробити і втілити програму з модернізації систем контролю викидів ^{131}I , з можливістю вимірювання в автоматичному режимі з достатньою чутливістю – від $1,0 \cdot 10^4$ Бк/добу.

Ключові слова: атомні електростанції України, викиди радіоактивного йоду (^{131}I), контроль викидів.

Витько В. И., Гончарова Л. И., Карташев В. В., Коваленко Г. Д., Хабарова А. В. ВЫБРОСЫ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА (^{131}I) С АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ УКРАИНЫ

В статье приведены результаты исследований выбросов ^{131}I с атомных электростанций Украины. Определено, что максимальные выбросы радиоактивного йода с атомных электростанций Украины связаны с проведением регламентных работ при условии открытия крышки реактора, перестановкой тепловыделяющих сборок, освобождением

активной зоны и поступлением йода из воды первого контура и тепловыделяющих сборок в реакторное помещение с последующим удалением изотопов в атмосферу через вентиляционные системы атомной электростанции. Наибольший выброс ^{131}I происходит во время открытия крышки реактора и начала проведения плановых работ. Выявлено недостаточную чувствительность систем контроля, которые используются для суточных выбросов радиоактивного йода (^{131}I), в диапазоне ниже $1,0 \cdot 10^6$ Бк/сут. Рекомендуется для атомных электростанций Украины разработать и внедрить программу по модернизации систем контроля выбросов ^{131}I , с возможностью измерения в автоматическом режиме с достаточной чувствительностью – от $1,0 \cdot 10^4$ Бк/сут.

Ключевые слова: атомные электростанции, выбросы радиоактивного йода (^{131}I), контроль выбросов.

Вступ

В атмосфері Землі, після аварії на Чорнобильській АЕС, декілька разів спостерігалась підвищена активність радіоактивного ізотопу ^{131}I в атмосферному повітрі. Найбільш значне підвищення концентрації ^{131}I в атмосферному повітрі спостерігалось в 2011 році в результаті аварії на Фукусімі.

На початку 2017 року (в другому тижні січня) французький Інститут радіаційного захисту та ядерної безпеки (IRSN) повідомив про виявлене ним підвищення активності ^{131}I на півночі Норвегії, а потім у Фінляндії, Польщі, Чехії, Німеччині, Франції та Іспанії (рис. 1). Виявлені рівні активності не становили загрози життю та здоров'ю людини. Джерело походження ізотопів встановити не вдалося [1], але у засобах масової інформації спостерігались припущення, що це підвищення активності ^{131}I може бути пов'язане з АЕС України [2].

Метою даної роботи є визначення можливості впливу АЕС України на підвищення активності ^{131}I в атмосферному повітрі країн Європи. Ця стаття є першою з циклу статей на представлену тематику та у подальшому набуде більш конкретних результатів.

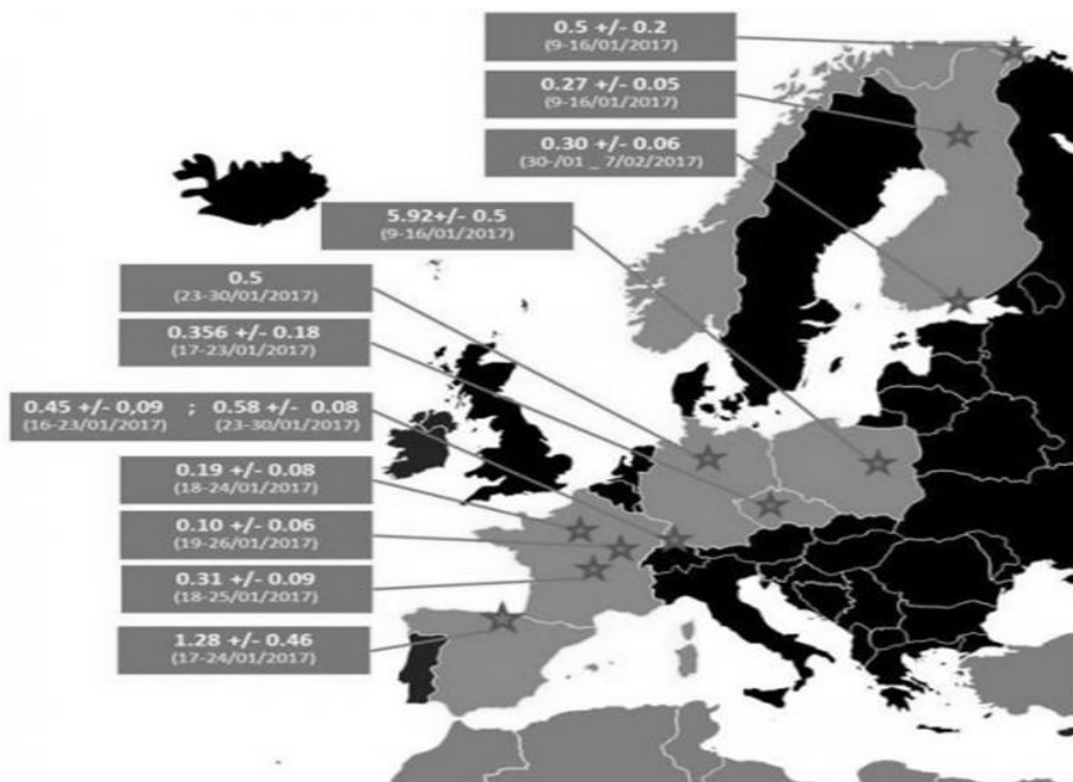


Рисунок 1 – Зафіксовані активності ^{131}I в атмосферному повітрі Європи у 2017 р., мкБк/м³

Аналіз викидів радіоактивного йоду в атмосферне повітря з АЕС

В роботі проаналізовано добові викиди радіоактивного йоду з атомних електростанцій України (а саме ^{131}I , який контролюється вимірювальними системами АЕС) у період з 2004 по 2017 рік за даними щоденних повідомлень диспетчерів Інформаційно-кризового центру Державної інспекції ядерного регулювання України. Вони наведені на рис. 2–5. Відсутність деяких показників обумовлено змінами налаштувань каналів комунікації, збоями програмного забезпечення, технічними збоями у комп’ютерному обладнанні та діями шкідливих програм.

ВП «ЗАЕС». Викиди ^{131}I з ВП «ЗАЕС» за розглянутий період знаходились у діапазоні $3,89 \cdot 10^4$ (13.02.2005 р.) – $8,67 \cdot 10^7$ (05.08.2017 р.) Бк/добу. Детальний аналіз планових робіт з піковими викидами, який наводиться далі для всіх ВП, стосується викидів, які сягають $1,0 \cdot 10^7$ Бк/добу і вище:

- 06.10.2005 р. – 19.10.2005 р. «В 00:02 блок № 3 отключен от сети - выведен по заявке в плановый ремонт до 00:00 30.11.2005 г. Выполняется воздушное расхолаживание ТГ». Як бачимо пікові викиди ^{131}I у цей період обумовлені плановими ремонтними роботами з відкриттям кришки реактору і, таким чином, додатковим виходом ^{131}I у реакторне приміщення з подальшим виводом активності вентиляційними системами АЕС.

- 07.01.2006 р. – 05.02.2006 р. «Блок № 4 в ремонте до 24.02.2006 г. СБ-2 в ремонте. Перестановки ТВС в активной зоне с частичной выгрузкой в БВ (вып. 30п. из 163) и проведением КГО (вып. 2п. из 20)». Перестановки ТВЗ здійснюються з відкриттям кришки реактору.

- 31.03.2013 р. – 10.04.2013 р. «Блок № 4. Подана заявка на вывод блока в средний ремонт с 00:00 04.04.2013 до 24:00 25.05.2013. С 13:00 04.04.2013 г. начата разгрузка блока для вывода в СПР согласно заявке».

- 04.08.2017 р. – 25.08.2017 р. «О 20:10 05.08.2017 р. розпочато розвантаження блока, 05:00 05.08.2017 р. блок відключено від мережі в плановий ремонт, заявка до 24:00 24.09.2017 р.».

Для ВП «ЗАЕС» проведені більш детальні дослідження аномально високих добових викидів ^{131}I , які наведені у табл. 1.

ВП «РАЕС». Викиди ^{131}I з ВП «РАЕС» за розглянутий період знаходились у діапазоні $1,07 \cdot 10^4$ (29.04.2010 р.) – $3,37 \cdot 10^7$ (03.06.2011 р.) Бк/добу.

- 17.06.2006 р. – 30.06.2006 р. «Блок № 1 в ремонте до 24:00 16.09.06. СБ-3 в ремонте. Ведётся выгрузка а.з. реактора». Як бачимо пікові викиди ^{131}I у цей період також обумовлені плановими роботами з відкриттям кришки реактору і, таким чином, додатковим виходом ^{131}I у реакторне приміщення з подальшим виводом активності вентиляційними системами АЕС

- 20.06.2007 р. – 08.09.2007 р. «На 20.06.2007 г. блок № 4 в ремонте до 24:00 03.08.07. Продолжается выгрузка ОТВС блока 3 из контейнеров в БВ.» «На 24.08.2007 г. блок № 1 в ремонте до 22.10.07 (44-е сутки). Выполняют загрузку а.з. РУ (выполнили 71 пункт)».

- 16.12.2009 р. – 23.12.2009 р. «Ведётся выгрузка ОТВС с БВ блока № 3 в БВ блока № 4: заполнен 1-й контейнер. Блок № 4 в ремонте до 16.02.10 (9-е сутки). Разуплотнен главный разъем реактора, ведётся сушка ПГ-3 и ПГ-4».

- 21.03.2011 р. – 01.04.2011 р. «На 21.03.2011 г. блок № 1 в ремонте до 28.04.11(6-е сутки). В ремонте СБ-2. Разуплотнен 1-й контур, на ГРР установлен гайковерт».

ВП «ХАЕС». Викиди ^{131}I з ВП «ХАЕС» за розглянутий період знаходились у діапазоні $1,16 \cdot 10^2$ (26.12.2008 р.) – $2,00 \cdot 10^7$ (21.07.2011 р.) Бк/добу.

- 22.04.2005 р. – 08.06.2005 р. «Блок № 1 В ремонте до 13.06.05г. Выгрузка СВП из а.з. РУ в БВ (49 из 54)».

- 20.06.2010 р. – 23.07.2010 р. «На 20.06.2010 г. блок № 2 в ремонті до 23:55 25.08.10г. (6-е сутки). Виконується разуплотнення фланців ТК, КНИ. На 25.06.2010 г. блок разгружен в соответствии с диспетчерским графиком».

- 06.07.2011 р. – 27.08.2011 р. «На 06.07.2011 г. блок № 2 в ремонті до 04.09.11 (4-е сутки). Виконується дегазація теплоносителя 1-го контура».

ВП «ЮУАЕС». Викиди ^{131}I з ВП «ЮУАЕС» за розглянутий період знаходились у діапазоні $4,07 \cdot 10^3$ (26.12.2008 р.) – $2,27 \cdot 10^7$ (29.10.2004 р.) Бк/добу.

- 03.06.2007 р. – 14.07.2007 р. «На 03.06.2007 г. блок № 2 в ремонті до 24:00 31.07.07. Разборка РУ. Закончили перестановки СВП в БВ. Виконують отгрузку ОТВС с БВ».

- 19.06.2008 р. – 26.08.2008 р. «На 19.06.2008 г. блок № 2 в ремонті до 07.08.08 (13-е сутки). Закончені перестановки ТВС в БВ».

- 30.03.2011 р. – 29.04.2011 р. «На 30.03.2011 г. блок № 1 в ремонті до 10.06.2011 г. (5-е сутки). Гамма-фон в Южноукраїнське 10 мкР/час, об'ємна активність ізотопу I-131 в повітрі $3,74\text{E}-04$ Бк/м³. Блок № 3 в ремонті до 15.04.2011 г. (41-е сутки). Загрузка ТВС в а.з.(загружено 96 ТВС)».

- 28.04.2012 р. – 16.05.2012 р. «На 28.04.2012 г. блок № 1 в ремонті до 11.06.2012 г. (6-е сутки). Підготовка к отгрузке ОЯТ. Блок № 3 в ремонті до 27.05.12 (39-е сутки). КГО ТВС в БВ.».

Як показали наведені вище дослідження, аномально високі викиди ізотопів ^{131}I пов'язані з відкриттям корпусу реактора, переставленням ТВЗ, звільненням активної зони і надходженням йоду з води першого контуру та ТВЗ у реакторне приміщення з наступним видаленням ізотопів у атмосферне повітря через вентиляційні системи АЕС. Найбільший викид ^{131}I стається під час відкриття реактору і початку проведення планових робіт.

На наведених рис. 2–5 чітко відстежується пилкоподібний вигляд діаграм. На нашу думку це свідчить про недостатню чутливість систем контролю, що використовуються для добових викидів ^{131}I , у діапазоні нижче $1,0 \cdot 10^6$ Бк/добу. Крім того, є «інсайдерська» інформація, про те, що у вихідні та святкові дні вимірювання добових викидів ^{131}I взагалі не проводяться. У зв'язку з цим ми рекомендуємо для АЕС України розробити і втілити програму з модернізації систем контролю викидів ^{131}I . Бажано, щоб вимірювання проводились в автоматичному режимі з достатньою чутливістю – від $1,0 \cdot 10^4$ Бк/добу.

2004-2007 pp.

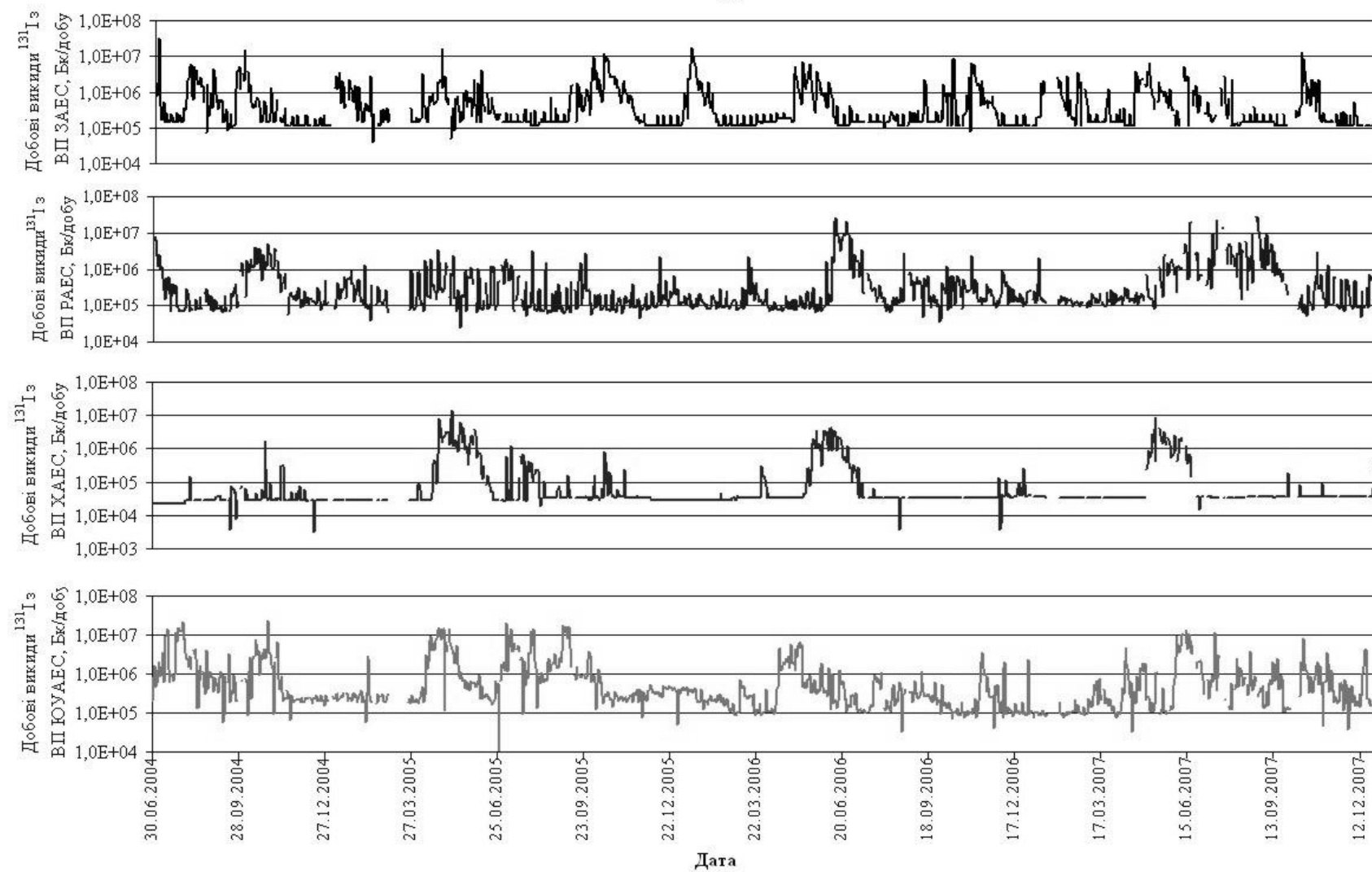


Рисунок 2 – Добові викиди ¹³¹I з АЕС України у 2004–2007 pp.

2008-2010 pp.

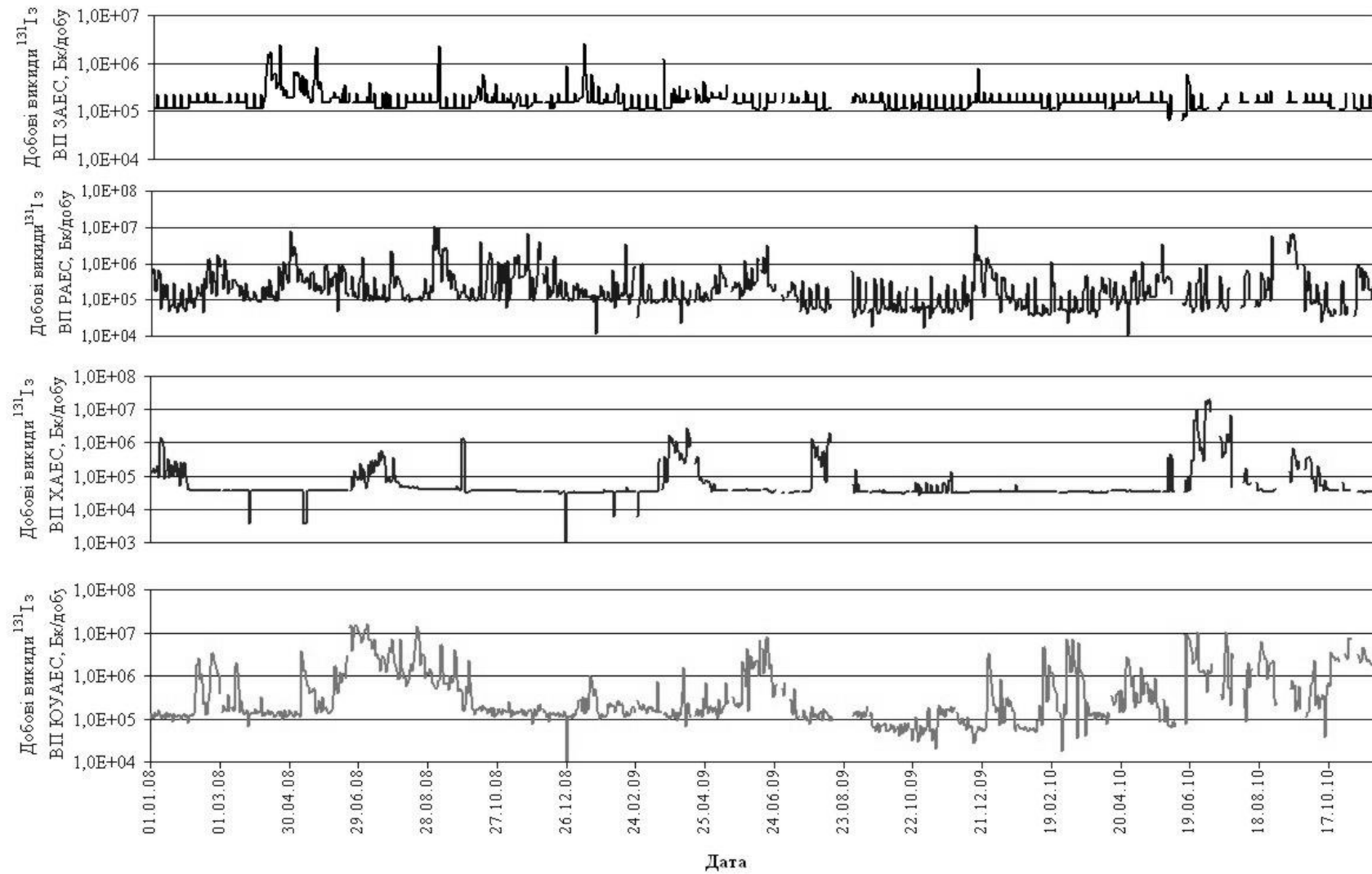


Рисунок 3 – Добові викиди ¹³¹I з АЕС України у 2008–2010 pp.

2011-2013 pp.

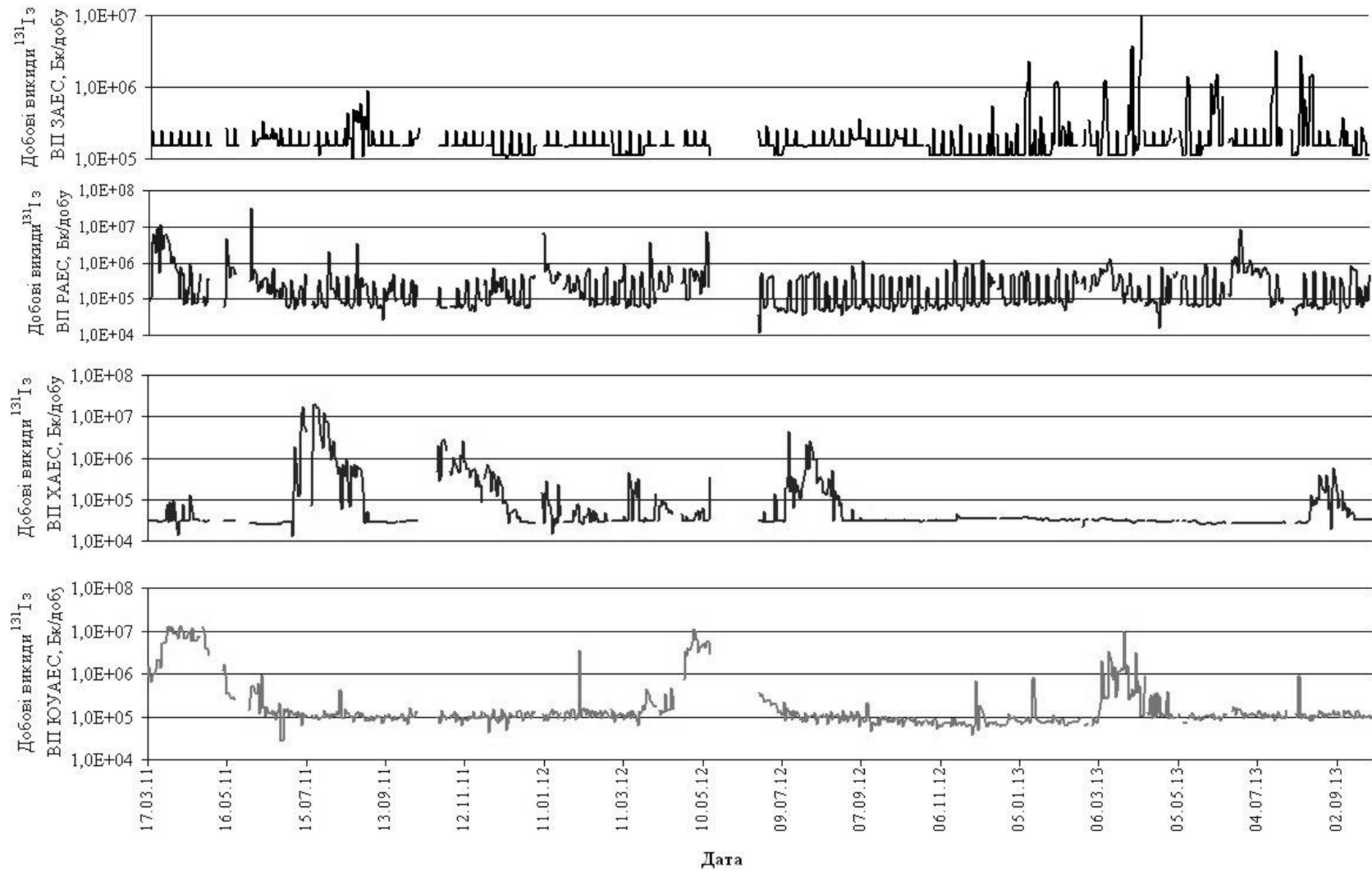


Рисунок 4 – Добові викиди ¹³¹I з АЕС України у 2011–2013 pp.

2015-2017 pp.

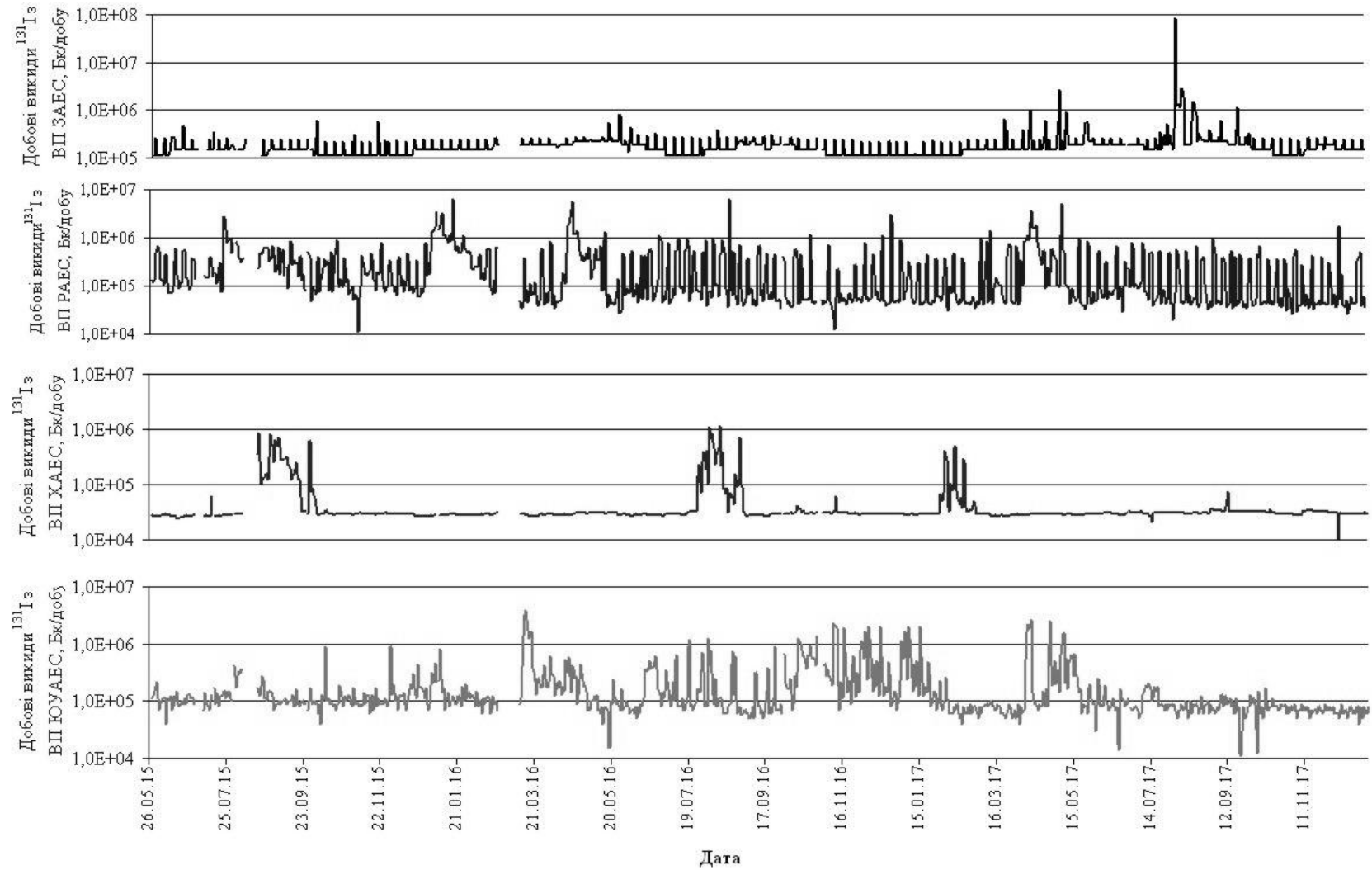


Рисунок 5 – Добові викиди ¹³¹I з АЕС України у 2015–2017 pp.

Таблиця 1 – Детальні дослідження аномально високих добових викидів ¹³¹I з ВП «ЗАЕС»

Дата	Нормовані викиди, Бк/(ГВт·добу)	Викиди, Бк/добу	Потужність АЕС, ГВт	Примітки
Аномально великі викиди				
12.01.2006	4,26E+05	2,16E+06	5,070	Працюють енергоблоки № 1–3, 5, 6. Зауважень по обладнанню та режиму роботи немає. На рис. 6 відображено пікові викиди ¹³¹I у зазначений час.
13.01.2006	1,19E+06	6,03E+06	5,070	
14.01.2006	3,55E+06	1,80E+07	5,070	
15.01.2006	2,59E+06	1,31E+07	5,070	
16.01.2006	2,24E+06	1,14E+07	5,070	
17.01.2006	1,33E+06	6,73E+06	5,080	
18.01.2006	1,11E+06	5,62E+06	5,075	
Енергоблок № 4 в ремонті до 24.02.2006 р. СБ-2 в ремонті:				
12.01.2006: закінчено переставлення ПС СКЗ у БВ. Виконано ВТК трубок на ПГ-2, 3. Перший контур заповнений до відм. 27,0 м.				
13.01.2006: о 20:45 розпочато переставлення ПС СКЗ в а.з. РУ.				
14.01.2006: закінчено переставлення ПС СКЗ в а.з. РУ. Розпочато переставлення ТВЗ у активній зоні з частковим вивантаженням у БВ.				
15–18.01.2006: переставлення ТВЗ у активній зоні з частковим вивантаженням у БВ та проведенням КГО.				
09.05.2006	1,88E+05	5,66E+05	3,010	Взагалі у травні-червні 2006 р. спостерігалось 5 пікових зростань активності викидів ізотопів йоду з енергоблоків ЗАЕС (див. рис. 7).
10.05.2006	1,48E+05	4,48E+05	3,020	
11.05.2006	2,24E+06	6,73E+06	3,010	
12.05.2006	1,14E+06	3,41E+06	3,000	
13.05.2006	3,50E+05	1,37E+06	3,920	
14.05.2006	3,03E+05	1,21E+06	3,975	
Працюють енергоблоки № 2, 3 та 5.				
Енергоблок № 1 в ремонті до 21.06.2006 р. СБ-1 у ремонті:				
01.05.2006 р.: виконано програму випробувань із зупинки енергоблоку. Енергоблок розхолоджують, у першому контурі Р=40 кгс/см ² , Т=150°.				

02.05.2006 р.: енергоблок розхолоджують, у першому контурі $T=100^{\circ}$.

05.05.2006 р.: почали розбирання РУ: розуцілюють ДПЛ.

06.05.2006 р.: продовжують розбирання РУ: розуцілено фланці ЕВ.

10.05.2006 р.: переставлення СВП і ПС СКЗ у БВ. Демонтовано В,Б БЗТ. ВТК ПГ-2, 3.

11.05.2006 р.: переставлення СВП і ПС СКЗ у БВ закінчено. Продовжується ВТК ПГ-2, 3.

14.05.2006 р.: СБ-1 після випробувань поставлено у режим «очікування». О 19:20 СБ-2 виведено у ремонт. Почато виконання Програми з переміщення у активній зоні і БВ ТВЗ, ПС СКЗ, ЗВП.

15.05.2006 р.: виконується Програма з переміщення у активній зоні і БВ ТВЗ, ПС СКЗ, ЗВП.

16.05.2006 р.: у активній зоні РУ виконується програма переміщень ТВЗ із вивантаженням 49 ТВЗ і проведенням КГО 20 ТВЗ.

17–18.05.2006 р.: продовжується програма переміщень, вивантаження і КГО ТВЗ.

24.05.2006 р.: Закінчено Програму переміщень ТВЗ з проведенням КГО, виконано огляд ТВЗ, зауважень немає. О 02:00 почали завантаження СТВЗ у активну зону.

25.05.2006 р.: Продовжується завантаження СТВЗ у активну зону. ВТК трубних систем ПГ-2, 4.

26.05.2006 р.: Завантаження СТВЗ у активну зону РУ завершено. ВТК трубних систем ПГ-2, 4.

27.05.2006 р.: Виконано переміщення ПС СКЗ у а.з. ВТК трубних систем ПГ-2, 4.

05.06.2006 р.: Проводиться збірка РУ. Готуються до відправлення на ССВЯП МГК-41.

06.06.2006 р.: Встановлено блок електророзведення, проводиться ущільнення фланців КНИ, ЕВ. Проводиться КГО у БВ. О 16:20 на ССВЯП встановлено МГК-41.

07.06.2006 р.: Ущільнено фланці КНИ, ЕВ, ТК, проводиться ущільнення фланців датчиків ДПЛ. Продовжується проведення КГО у БВ.

08.06.2006 р.: Реактор ущільнений. Продовжується проведення КГО у БВ. Виконано ПГВ ПГ, на ПГ-1 виявлено нещільність однієї глушки, готуються до усунення зауваження.

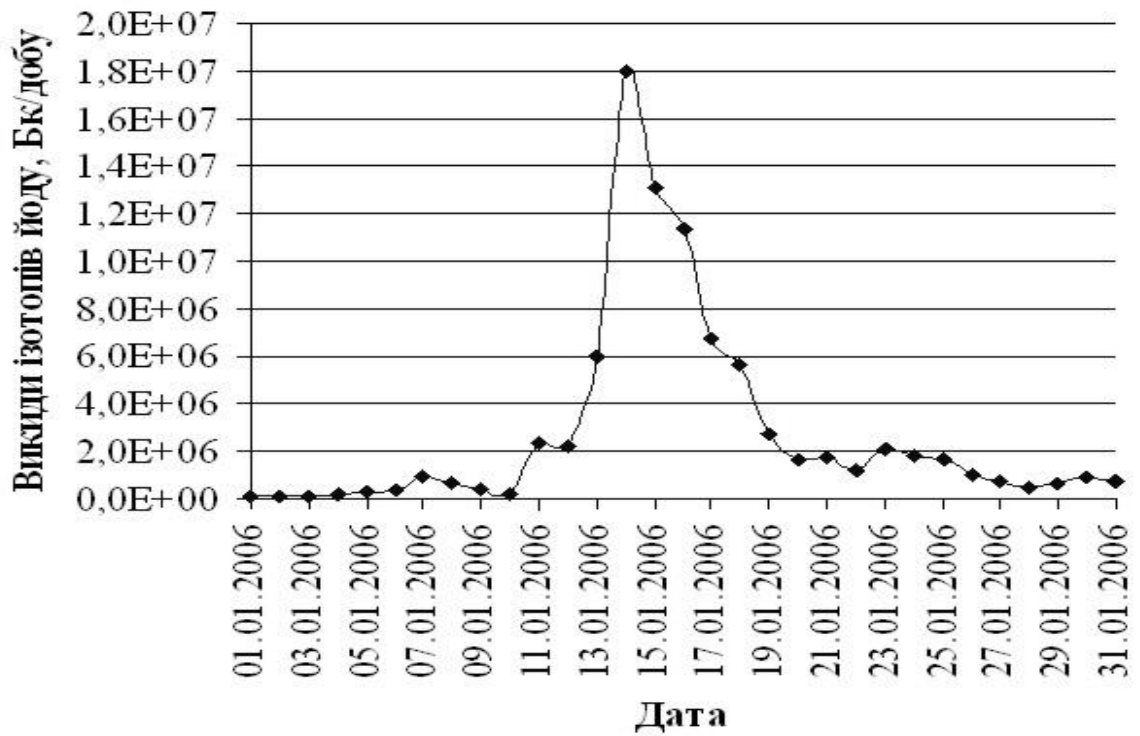


Рисунок 6 – Пік викидів йоду з енергоблоків ЗАЕС у січні 2006 р.

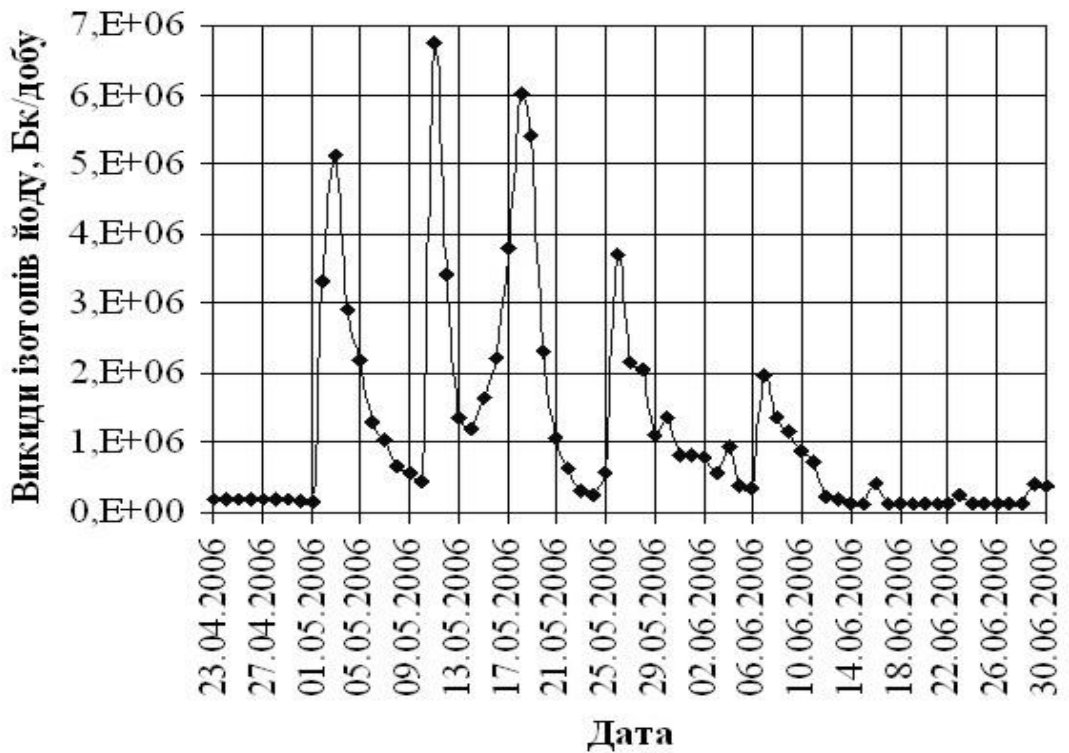


Рисунок 7 – Пікові викиди йоду з енергоблоків ЗАЕС у травні-червні 2006 р.

Частота показань, яка характеризує стабільність викидів ^{131}I з АЕС, наведена на рис. 8–11 для чотирьох АЕС України. Взагалі покази вимірювань добових викидів АЕС України мають логнормальний розподіл з дуже витягнутими «хвостами» у бік великих величин, що може слугувати додатковою доказовою базою значного зростання викидів ^{131}I під час виконання регламентних робіт з відкриттям кришки реактору. Піки у центрі діаграм штучні і пов'язані зі збільшенням «шагу» осі x для можливості візуалізації.

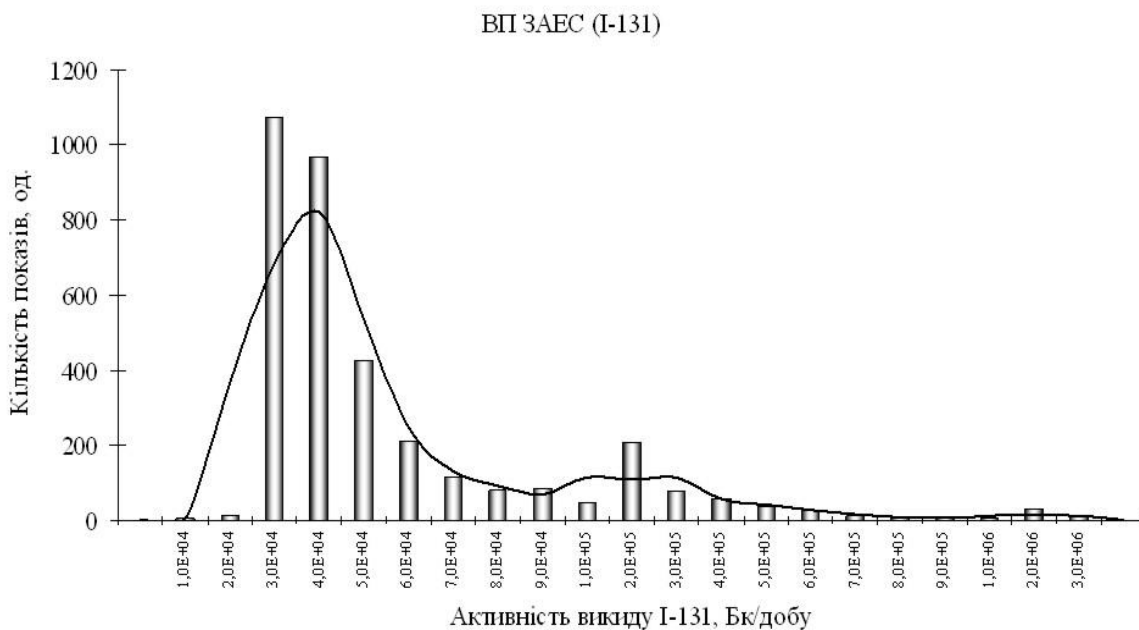


Рисунок 8 – Частота показів активності добових викидів ^{131}I з ВП «ЗАЕС»

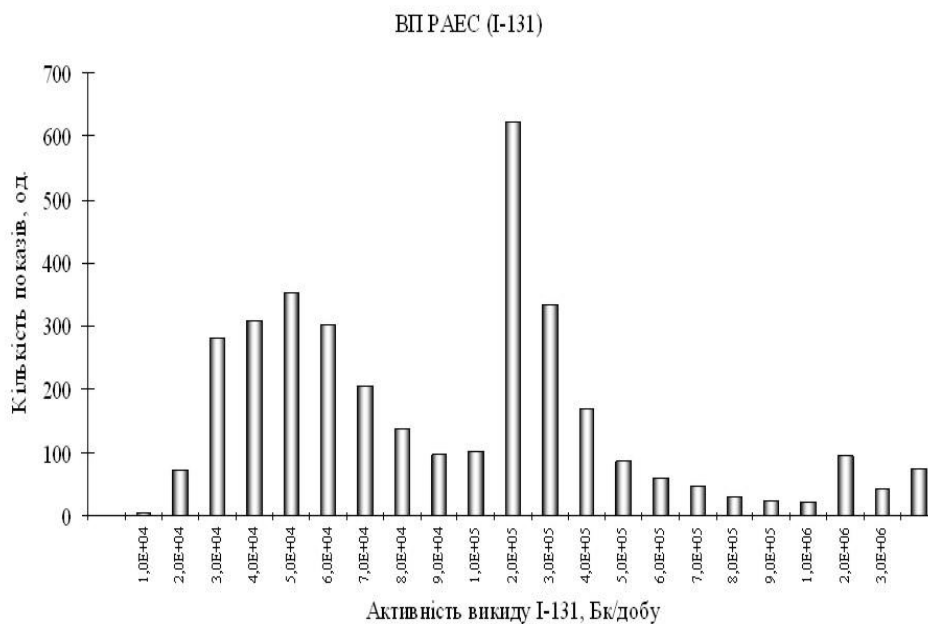


Рисунок 9 – Частота показів активності добових викидів ^{131}I з ВП «РАЕС»

ВП ХАЕС (I-131)

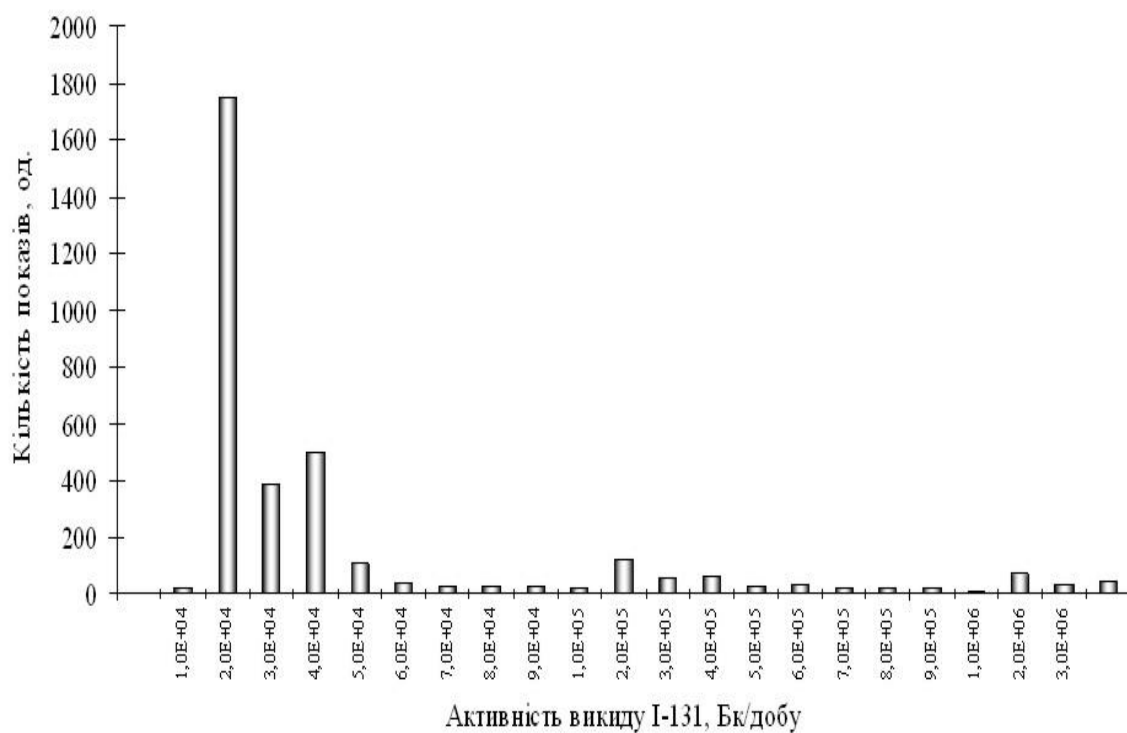


Рисунок 10 – Частота показів активності добових викидів ¹³¹I з ВП «ХАЕС»

ВП ЮУАЕС (I-131)

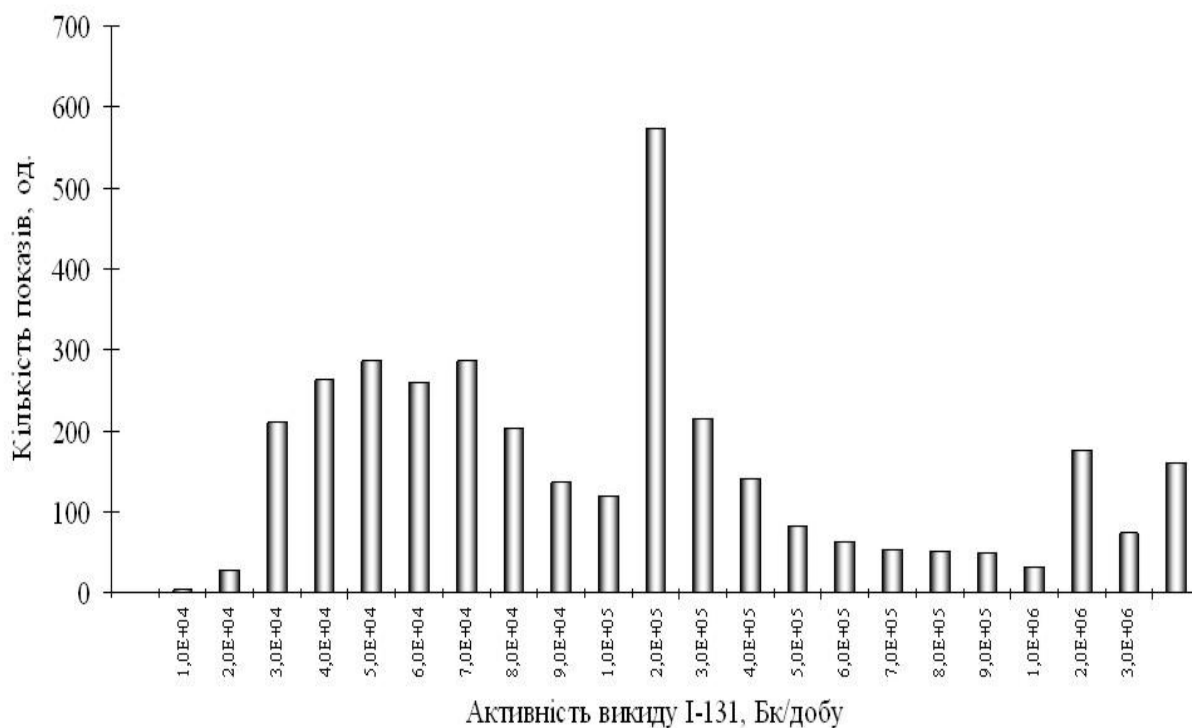


Рисунок 11 – Частота показів активності добових викидів ¹³¹I з ВП «ЮУАЕС»

Висновки

Викиди ^{131}I з ВП «ЗАЕС» за період 2004–2017 рр. знаходились у діапазоні $3,89 \cdot 10^4$ (13.02.2005 р.) – $8,67 \cdot 10^7$ (05.08.2017 р.) Бк/добу, ВП «РАЕС» – $1,07 \cdot 10^4$ (29.04.2010 р.) – $3,37 \cdot 10^7$ (03.06.2011 р.) Бк/добу, ВП «ХАЕС» – $1,16 \cdot 10^2$ (26.12.2008 р.) – $2,00 \cdot 10^7$ (21.07.2011 р.) Бк/добу, ВП «ЮУАЕС» – $4,07 \cdot 10^3$ (26.12.2008 р.) – $2,27 \cdot 10^7$ (29.10.2004 р.) Бк/добу.

Визначено, що максимальні викиди ^{131}I з АЕС України пов'язані з проведенням регламентних робіт за умов відкриття кришки реактору.

На побудованих діаграмах добових викидів ^{131}I чітко відстежується їх пілкоподібний вигляд. Це свідчить про недостатню чутливість систем контролю, що використовуються для добових викидів ^{131}I , у діапазоні нижче $1,0 \cdot 10^6$ Бк/добу. Рекомендується для АЕС України розробити і втілити програму з модернізації систем контролю викидів ^{131}I . Бажано, щоб вимірювання проводились в автоматичному режимі з достатньою чутливістю – від $1,0 \cdot 10^4$ Бк/добу.

Література

1. Detection of radioactive iodine at trace levels in Europe in January 2017. IRSN. 13/02/2017. [Електронний ресурс] URL: https://www.irsn.fr/EN/newsroom/News/Pages/20170213_Detection-of-radioactive-iodine-at-trace-levels-in-Europe-in-January-2017.aspx.
2. Европа обвиняет Украину в повышении радиоактивного фона. StopFake.org. Март 02, 2017 [Електронний ресурс] URL: <https://www.stopfake.org/fejk-evropa-obvinyaet-ukrainu-v-povyshenii-radioaktivnogo-fona/>.

UDC 621.039: 504.064.3

Vitko V. I., cand. nat mate. sciences

Goncharova L. I.

Kartashov V. V., cand. tech. sciences

Kovalenko G. D., Dr. phys. mate. sciences, prof .

USRIEP, Kharkiv

EMISSIONS OF RADIOACTIVE IODINE (^{131}I) ISOTOPES FROM THE UKRAINE NUCLEAR POWER PLANTS

The article contains the results of ^{131}I emissions from the Ukraine nuclear power plants investigations. For the period of 2004-2017 ^{131}I emissions from Zaporizhzhya nuclear power plant were in the range of $3.89 \cdot 10^4$ Bq/day (February 13, 2005) – $8.67 \cdot 10^7$ Bq/day (August 5, 2017), Rivne nuclear power plant –

$1,07 \cdot 10^4$ Bq/day (April 29, 2010) – $3,37 \cdot 10^7$ Bq/day (June 3, 2011), Khmelnytsky nuclear power plant – $1,16 \cdot 10^2$ Bq/day (December 26, 2008) – $2,00 \cdot 10^7$ Bq/day (July 21, 2011), South-Ukrainian nuclear power plant – $4,07 \cdot 10^3$ Bq/day (December 26, 2008) – $2,27 \cdot 10^7$ Bq/day (October 29, 2004). It is determined that the maximum radioactive iodine emissions from the Ukraine nuclear power plants are associated with routine maintenance with opening of the reactor lid, rearrangement of the fuel assemblies, freeing up space of the active zone and the flow of iodine from the water of the first circuit and fuel assemblies into the reactor space, followed by the removal of isotopes to the atmospheric air through the ventilation system of the nuclear power plant. The greatest emission of ^{131}I occurs during the opening of the reactor lid at the start of planned work. The inadequate sensitivity of control systems that are used for the daily emissions of radioactive iodine (^{131}I) in the range below $1,0 \cdot 10^6$ Bq/day has been detected. It is recommended for the Ukrainian nuclear power plants to develop and implement a program for the modernization of emission control systems ^{131}I , with the possibility of measuring in automatic mode with sufficient sensitivity – from $1,0 \cdot 10^4$ Bq/day.

Key words: Ukrainian nuclear power plants, radioactive iodine emissions (^{131}I), emissions control.

References

1. *Detection of radioactive iodine at trace levels in Europe in January 2017.* IRSN. 13/02/2017. [Elektronnyj resurs] URL: https://www.irsn.fr/EN/newsroom/News/Pages/20170213_Detection-of-radioactive-iodine-at-trace-levels-in-Europe-in-January-2017.aspx).
2. *Evropa obvinyayet Ukrainu v povyshenii radioaktivnogo fona.* StopFake.org. Mart 02, 2017. [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.stopfake.org/fejkevropa-obvinyayet-ukrainu-v-povyshenii-radioaktivnogo-fona/>).

© Вітько В. І., Гончарова Л. І., Карташов В. В., Коваленко Г. Д.,
Хабарова Г. В., 2018
phone: +380577021596, e-mail: viquick@ukr.net