

7. Shtabskyi BM, Fedorenko VY, Samoliuk VA, Siarchynskyi VM. [Experimental justification of maximal daily doses of lead and cadmium in the diet]. Environmental Protection and Public Health. Conference. Tartu. 1990;127-9. Russian.

8. Preventing disease through healthy environments. Exposure to cadmium: a major public health concern. [Internet]. WHO 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland Available from: <https://www.who.int/ipcs/features/-cadmium.pdf>

Стаття надійшла до редакції
29.01.2019



УДК 613:614.876:340.13(477)

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.1.162313>

*І.М. Хоменко*¹,
*Н.В. Закладна*²

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ В ЗОНАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЯК ОСНОВА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

*НМАПО ім. П.Л. Шупика*¹

вул. Дорогожицька, 9, Київ, 04112, Україна

*Токмацький міжрайонний відділ ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України»*²

вул. Гоголя, 44, Токмак, Запорізька область, Україна

*Shuryk National Medical Academy of Postgraduate Education*¹

Dorohozhytska str. 9, Kyiv, 04112, Ukraine

e-mail: khomen2010@ukr.net

Tokmak Interregional Department of the State Institution «Zaporizhzhia Regional Laboratory

*Center of the Ministry of Health of Ukraine»*²

Hohol str., 44, Tokmak, Zaporizhzhia region, 71708, Ukraine

e-mail: n.zakladnaya@gmail.com

Цитування: *Медичні перспективи. 2019. Т. 24, № 1. С. 80-86*

Cited: *Medicni perspektivi. 2019;24(1):80-86*

Ключові слова: *атомні електростанції, зона спостереження, навколишнє середовище, рівні забруднення, радіонукліди, радіаційно-гігієнічний моніторинг*

Ключевые слова: *атомные электростанции, зона наблюдения, окружающая среда, уровни загрязнения, радионуклиды, радиационно-гигиенический мониторинг*

Key words: *nuclear power plants, observation area, environment, levels of pollution, radionuclides, radiation-hygienic monitoring*

Реферат. Усовершенствование системы радиационно-гигиенического мониторинга объектов окружающей среды в зонах наблюдения атомных электростанций как основа радиационной безопасности. Хоменко И.М., Закладная Н.В. Актуальность работы определена отсутствием в Украине документов по проблемам зон наблюдения атомных электростанций, в том числе организации и осуществления мониторинга объектов окружающей среды. Цель исследования заключалась в проведении оценки состояния радиоактивного

загрязнения объектов окружающей среды зоны наблюдения Запорожской атомной электростанции. Для выполнения поставленных задач, были проанализированы данные лабораторного контроля, выполненного лабораторией внешнего радиационного контроля Запорожской атомной электростанции и данные ГУ «Запорожский областной лабораторный центр МОЗ Украины». Полученные результаты позволяют сделать выводы о том, что в объектах окружающей среды (вода Каховского водохранилища, атмосферный воздух, почва, питьевая вода) зоны наблюдения Запорожской атомной электростанции выявлены основные дозообразующие радионуклиды. Установлено, что их уровни неравномерны, а выявленная нестабильность свидетельствует о необходимости осуществления постоянного лабораторного контроля за содержанием цезия и стронция и необходимости мониторинга воздействия на здоровье жителей зоны наблюдения. Необходимо усовершенствование радиационного мониторинга путем разработки и внедрения новых методических документов и регламентов по организации лабораторного контроля, обоснование его периодичности и необходимого объема лабораторных исследований, что позволит установить истинное влияние на здоровье населения этих зон.

Abstract. Improving the system of radiation and hygienic monitoring of environmental objects in the areas of observation of Ukrainian nuclear power plants as a fundamental of radiation safety. Khomenko I.M., Zakladna N.V. The relevance of the work is determined by the absence of documents on the problems of observation zones of nuclear power plants, including the organization and monitoring of environmental objects in Ukraine. The purpose of the study was to assess the state of radioactive contamination of the environmental objects of the observation zone of the Zaporizhzhia nuclear power plant. To accomplish the tasks, we analyzed the data of the laboratory control performed by the external radiation monitoring laboratory of the Zaporizhzhia nuclear power plant and the data of the State Institution «Zaporizhzhia Regional Laboratory Center of the Ministry of Health of Ukraine». The obtained results allow us to draw the conclusions that in the environmental objects (water of the Kakhovskiy reservoir, atmospheric air, soil, drinking water) of the observation zone of the Zaporizhzhia nuclear power plant, the main dose-forming radionuclides were identified. It is established that their levels are not uniform, and the identified instability indicates the need for continuous laboratory monitoring of the content of cesium and strontium and the need to monitor the impact on health of the residents of the observation area. It is necessary to improve radiation monitoring through the development and implementation of new methodological documents and regulations on the organization of laboratory control, justification of its frequency and the required amount of laboratory research, which will allow to establish the true impact on public health in these areas.

Згідно з Енергетичною стратегією України на період до 2030 року, головними умовами розвитку ядерної енергетики в Україні на визначений період є безумовне дотримання всіх норм та вимог безпеки до об'єктів ядерно-енергетичного комплексу, в т. ч. атомних електростанцій (АЕС), та обмеження їх можливого впливу на населення та навколишнє середовище (НС) [3].

В умовах стрімкого розвитку сучасних технологій та промисловості, невід'ємною частиною якої є підприємства атомної індустрії, та широким використанням джерел іонізуючого випромінювання в багатьох сферах діяльності людини, питання щодо впливу радіаційних об'єктів на здоров'я населення, яке мешкає в зонах спостереження (ЗС), разом зі здійсненням моніторингу об'єктів довкілля в цих зонах набуває особливої актуальності [4, 9].

Окремими документами державного рівня [6] визначено, що всі АЕС повинні бути оснащені автоматизованими системами радіаційного контролю (АСКРО), якими здійснюється безперервне стеження за радіаційним станом на промисловому майданчику АЕС, у санітарно-захисній зоні та ЗС АЕС.

У 2002 році вперше в СНД на Запорізькій АЕС (ЗАЕС), яка є найбільшою АЕС у Європі,

введена в експлуатацію інформаційно-вимірвальна система «кільце», радіусом 30 км для контролю за радіаційною обстановкою. У ЗС була створена мережа спеціально обладнаних постів, розташованих у населених пунктах ЗС ЗАЕС [5]. Нині всі українські АЕС України обладнані АСКРО [1, 7].

Метою роботи було оцінити з гігієнічних позицій стан радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища зони спостереження Запорізької атомної електростанції.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження базувалось на аналізі результатів натурних спостережень щодо вмісту основних дозоутворюючих радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в об'єктах НС (грунт, атмосферне повітря, вода Каховського водосховища, питна вода). Термін спостереження – 10 років (2006-2015 рр.).

Використовували дані досліджень, які здійснювали в лабораторії зовнішнього радіаційного контролю (ЛЗРК) ЗАЕС у населених пунктах Запорізької (сс. Мічурине, Водяне, Примірне, Кам'янка-Дніпровська, Іванівка, Велика Знаменівка) та Дніпропетровської областей (мм. Нікополь і Марганець). Зокрема вони містили відомості щодо вмісту радіонуклідів (^{137}Cs та ^{90}Sr) у

пробах води поверхневих водойм (Каховського водосховища), ґрунту, в атмосферному повітрі та питній воді. Задачею контролю вмісту радіоактивних речовин в НС є отримання даних для оцінки доз опромінення населення від впливу ЗАЕС з метою підтвердження обґрунтованості нормування викидів та скидів, а також якості їх контролю.

Також було проведено аналіз радіаційно-гігієнічного моніторингу, що здійснювався ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України». Похибка вимірів згідно з областю атестації лабораторії визначалась залежно від виду радіонукліду, вміст якого досліджувався. Розмір похибки вимірів становив для дослідження на вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді Каховського водосховища – 21,4% та 6,9% відповідно. Відбір проб здійснювався один раз на рік.

У ході дослідження використовували бібліографічний, аналітичний, гігієнічні, математично-статистичні методи та метод спостереження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для контролю радіологічного стану поверхневих водойм ЛРЗК ЗАЕС відбирались проби прилеглої території акваторії Каховського водосховища (с. Водяне К.-Дніпровського району Запорізької обл.), а також на протилежному березі Каховського водосховища в районі водозаборів у м. Нікополь та м. Марганець Дніпропетровської обл. Вміст досліджених радіонуклідів у воді поверхневих водойм, проведений ЛРЗК ЗАЕС, представлений у таблиці 1, а результати аналогічних досліджень, проведених ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України» (контрольна точка – с. Водяне К.-Дніпровського району Запорізької обл.), представлені в таблиці 2.

За вимірами «нульового фону» об'ємна активність радіонуклідів у воді Каховського водосховища до пуску ЗАЕС становила: ^{90}Sr – $(24,3 \pm 1,2)$ ^{137}Cs – $(2,6 \pm 0,8)$ Бк/м³.

Таблиця 1

Вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді Каховського водосховища, Бк/м³

Точки контролю	2007		2009		2011		2013		2015	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
с. Водяне	<4,0	27	<4,4	32	<4,4	36	<4,4	32	<4,4	19
Водозабір м. Нікополь	<4,0	27	<3,6	27	<4,3	31	<4,7	32	<4,0	14
Водозабір м. Марганець	<4,5	32	<3,8	23	<4,0	27	<5,2	28	<4,2	15

Дослідження питної води проводила ЛРЗК ЗАЕС, проби для досліджень відбирались безпосередньо в приміщенні лабораторії. Водозабезпечення питною водою ЗС ЗАЕС (а саме Запорізької її частини) здійснюється за рахунок підземних джерел (артезіанських свердловин), а

водозабезпечення м. Нікополя, м. Марганцю, Нікопольського та Томаківського районів здійснюється шляхом водозабору з Каховського водосховища та потребує проведення додаткової очистки.

Результати дослідження питної води представлені в таблиці 3.

Таблиця 2

Вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді Каховського водосховища, Бк/м³

Місце водозабору	2007		2009		2011		2013		2015	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Каховське водосховище	$60 \pm 12,8$	$50 \pm 3,45$	$19 \pm 4,06$	$30 \pm 2,07$	$3,7 \pm 0,79$	$53 \pm 3,66$	$5 \pm 1,07$	$40 \pm 2,76$	$3,6 \pm 0,77$	$32 \pm 2,48$

Таблиця 3

Вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs у питній воді, Бк/м³

Пункт контролю	2007		2009		2011		2013		2015	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
ЛРЗК м. Енергодар	<4,1	12	<3,8	9,7	<4,7	4,8	<4,4	5,9	<4,3	3,2

Вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у пробах питної води відповідає вимогам Гігієнічного нормативу ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді», згідно з яким допустимий вміст вищевказаних радіонуклідів становить 2 Бк/л або 2000 Бк/м³ [2].

За даними багаторічних звітів ЗАЕС, у процесі її експлуатації утворюються газоподібні, тверді та рідкі продукти, що містять у своєму складі радіонукліди, тобто радіоактивні ізотопи хімічних елементів. Радіаційний вплив на атмосферне повітря пов'язаний з виходом цих радіонуклідів у НС. Контроль за вмістом радіоактивних речовин в атмосферному повітрі про-

водиться в 12 пунктах стаціонарного спостереження, розташованих з урахуванням рози вітрів. Об'ємна активність радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs в атмосферному повітрі за 30 років спостережень не перевищувала нормативних величин згідно з НРБУ-97. Для радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs значення концентрації, виміряної до пуску ЗАЕС, і в цей час перебувають практично на рівні значень, виміряних у перші роки експлуатації ЗАЕС [5]. За даними щорічного звіту ЗАЕС у 2011 році (квітень-травень), спостерігалось збільшення об'ємної активності ^{137}Cs як наслідок аварії на АЕС «Фукусіма-1». Дані лабораторних досліджень представлені в таблицях 4, 5.

Таблиця 4

Вміст ^{137}Cs та в атмосферному повітрі, мкБк/м³

Населені пункти (точки контролю) ЗС Запорізької АЕС	2007	2009	2011	2013	2015
Запорізька обл.					
с. Мічурине	1,4	1,1	5,6	1,41	1,4
с. Водяне	1,4	1,1	6,1	1,09	1,1
с. К.-Дніпровська	2,1	2,3	10,2	1,81	1,5
с. В.Знам'янка	1,7	1,5	9,0	2,35	1,3
Дніпропетровська обл.					
м. Нікополь	1,1	1,2	4,5	<1,0	1,0

До введення в експлуатацію питома активність радіонуклідів в атмосферному повітрі відповідала глобальним рівням вмісту радіонуклідів та становила:

^{137}Cs – (2,22±0,74) мкБк/м³;

^{90}Sr – (11,10±5,92) мкБк/м³.

Дослідження ґрунтів ЗС ЗАЕС здійснювалось ЛРЗК ЗАЕС у контрольних точках Запорізької

(с. Мічурине, с. Водяне, с. Кам'янка-Дніпропетровська, с. В. Знам'янка – К.-Дніпровський район) та Дніпропетровської області (м. Нікополь). Забруднення ґрунту зумовлено радіонуклідами ^{90}Sr та ^{137}Cs . Вміст основних дозоутворюючих радіонуклідів ^{90}Sr , ^{137}Cs за даними проведених досліджень представлені на рисунках 1, 2.

Вміст ^{90}Sr в атмосферному повітрі, мкБк/м³

Населені пункти (точки контролю) ЗС Запорізької АЕС	2007	2009	2011	2013	2015
Запорізька обл.					
с. Мічурине	0,2	0,1	0,1	<0,1	<0,1
с. Водяне	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
с. К.-Дніпровська	0,1	0,2	0,1	<0,1	<0,1
с. В.Знам'янка	0,1	0,2	0,1	<0,1	<0,1
Дніпропетровська обл.					
м. Нікополь	0,3	0,4	0,2	<0,1	<0,1

Питома активність радіонуклідів до пуску Запорізької АЕС у поверхневому шарі ґрунту становила:

$$^{90}\text{Sr} - (0,89 \pm 0,41) \text{кБк/м}^2;$$

$$^{137}\text{Cs} - (1,18 \pm 0,52) \text{кБк/м}^2.$$

Про надходження основних дозоутворюючих радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у процесі експлуатації ЗАЕС в об'єкти довкілля свідчать також результати наших попередніх досліджень щодо вивчення їх вмісту в основних продуктах харчування [8].

Згідно із сучасними дослідженнями [1], нормативно-правові документи, а також методичні регламенти щодо організації та ведення радіаційного контролю на АЕС України не відповідають повною мірою сучасному науковому

уявленню про проблеми забезпечення радіаційної безпеки АЕС. Пункти контролю радіаційного стану в районах розміщення АЕС України не відображають дійсного стану НС та не забезпечують однаково точних результатів, а АСКРО не надають необхідної інформації щодо радіаційного впливу АЕС на НС за рахунок розміщення постів на території населених пунктів ЗС. Системи радіаційного контролю побудовані без урахування екологічних особливостей у районах розташування АЕС. Тому неможливо оцінити радіаційний стан НС та спрогнозувати дози опромінення населення, що, відповідно, унеможливило розроблення оптимальних заходів захисту.

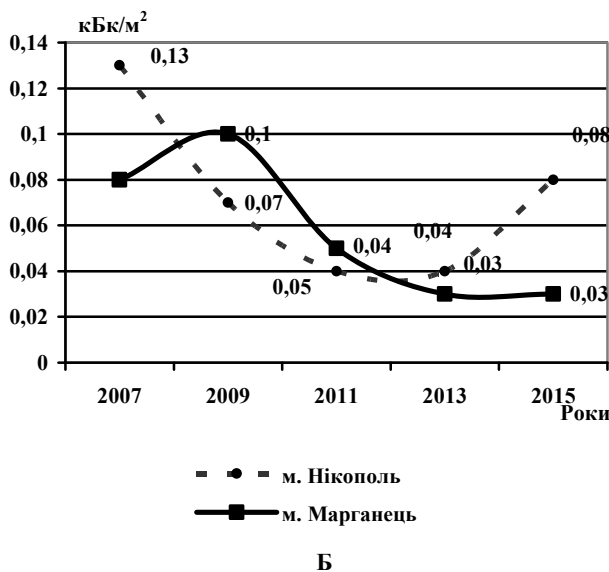
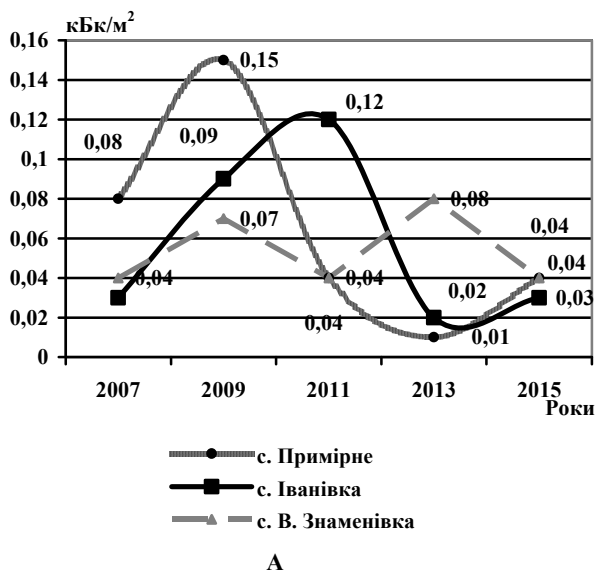


Рис. 1. Вміст ^{90}Sr у поверхневому шарі ґрунту Запорізької (А) та Дніпропетровської (Б) областей, територіальних частин зони спостереження Запорізької АЕС у 2007, 2009, 2011, 2013 й 2015 рр., кБк/м² сухої маси

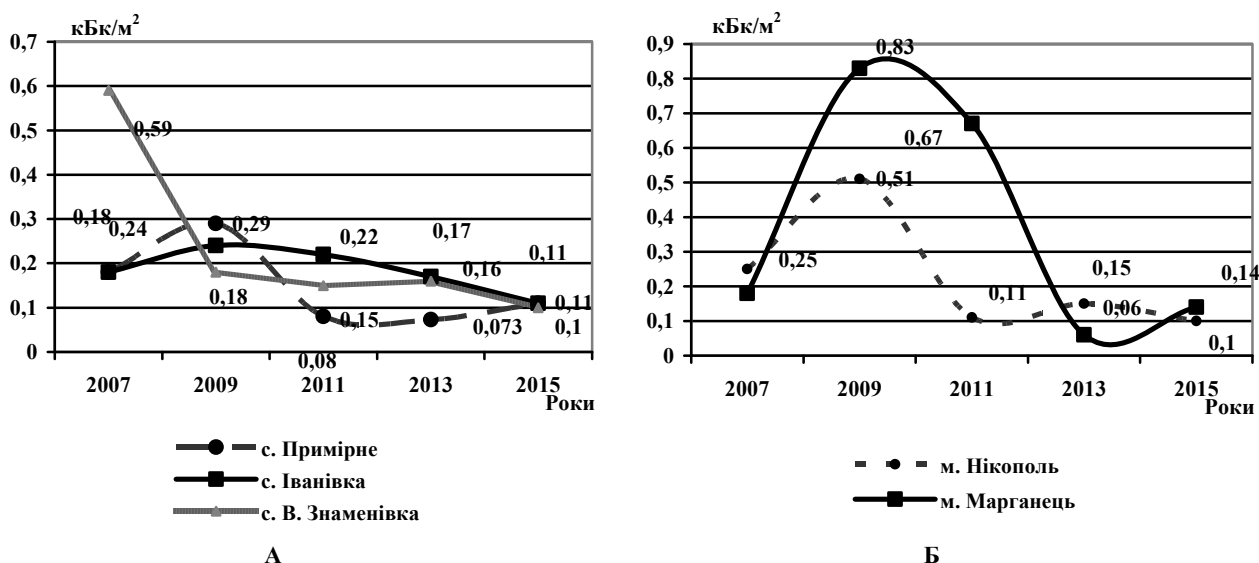


Рис. 2. Вміст ^{137}Cs у поверхневому шарі ґрунту Запорізької (А) та Дніпропетровської (Б) областей, територіальних частин зони спостереження Запорізької АЕС у 2007, 2009, 2011, 2013 й 2015 рр., кБк/м^2 сухої маси

ВИСНОВКИ

1. Наявність основних дозоутворюючих радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в атмосферному повітрі, воді Каховського водосховища та ґрунтах свідчить, що в процесі експлуатації Запорізької атомної електростанції відбувається викид цих радіонуклідів у навколишнє середовище.

2. Встановлено, що вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді Каховського водосховища вищий за ті величини, що були до пуску Запорізької атомної електростанції. Виявлені рівні цих радіонуклідів є нерівномірними та мають територіальну відмінність. Незважаючи на те, що атомна електростанція розташована в Запорізькій області, рівні цих радіонуклідів у ґрунті більш виразні на території Дніпропетровській області.

3. Для отримання більш повної інформації необхідне вдосконалення радіаційно-гігієнічного моніторингу (зокрема розробка, впровадження регламентів та методичних документів щодо організації, періодичності, визначення необхідного обсягу лабораторних досліджень) та, відповідно, проведення досліджень показників у більшому часовому інтервалі спостережень, що дозволить всебічно оцінити ступінь безпечності проживання в зонах спостереження атомних електростанцій та встановити можливий вплив на здоров'я населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барбашев С. В., Пристер Б. С. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки: принципы построения и методы реализации. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2013. Т. 57, № 1. С. 41-47.
2. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. Чинний від 2006.05.03. Київ, 2006. 22 с.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року / Схвалена КМ України від 15.03.2006; Із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26.03.2008 р.

URL: <http://energetyka.com.ua/normatyvna-baza/384-energetichna-strategiya-ukrajini-na-period-do-2030-roku>

4. Кириллов В. Ф., Михайлов А. И., Сланина С. В., Фролова Т. М. Мониторинг здоровья населения: выбор показателей. *Безопасность окружающей среды*. 2008. № 3. С. 39-41.

5. Нетехнічне резюме. Матеріали з обґрунтування безпеки продовження терміну експлуатації енергоблоків № 3, 4 ВП «Запорізька АЕС» у надпроектний термін від 09.12.2016 р. URL: http://www.npp.zp.ua/Content/docs/prolong/ntr_zn_pp_34_20170217_ukr.pdf

6. НП 306.2.141–2008. Загальні положення безпеки атомних станцій: затвердж. наказом Держатомрегулювання 19.11.2007 № 162; зареєстр. в М-ві юстиції України 25.01.2008 за № 56/14747. Київ: Держ. ком. ядерного регулювання України, 2008. 59 с.

7. Проблемы диагностирования и прогнозирования радиационной обстановки окружающей среды АЭС Украины в случае коммунальной аварии / А. А. Ключников и др. *Проблеми безпеки атомних станцій і Чорнобиля*. 2010. Вип. 14. С. 8-16.

8. Хоменко І. М., Закладна Н. В., Козярін І. П. Гігієнічна оцінка фактичного харчування працездатного населення зони спостереження Запорізької атомної електростанції. *Довкілля та здоров'я*. 2017. Т. 81, № 1. С. 55-58.

9. Шаврак Е. И., Гуляев М. В., Сапельников С. В. Оценка экологической безопасности территории размещения Ростовской АЭС. *Глобальная ядерная безопасность*. 2013. Т. 8, № 3. С. 19-25.

REFERENCES

1. Barbashev SV, Prister BS. [Automated system of radiation situation monitoring: principles of construction and methods of implementation]. *Yaderna ta radiatsiina bezpeka*. 2013;1(57):41-47. Russian.

2. [Allowable levels of content of radionuclides ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in food and drinking water. Hygienic norm GN 6.6.1.1-130-2006]. [Acting on 2006-05-03]. Kyiv. 2006;22. Ukrainian.

3. [The energy strategy of Ukraine till 2030]. [Internet]. March;2008. Available from: <http://energetyka.com.ua/normatyvna-baza/384-energetichna-strategiya-ukrajini-na-period-do-2030-roku>. Ukrainian.

4. Kirillov VF, Mikhailov AI, Slanina SV, Frolova TM. [Public health monitoring: selection of parameters]. *Bezopasnost okruzhaiushei sredy*. 2008;3:39-41. Russian.

5. [Non-technical Summary. Zaporizhzhia NPP Power Unit N 3, 4 Life Extension Safety Case Materials]; 2016. Available from: http://www.npp.zp.ua/Content/-docs/prolong/ntr_znpp_34_20170217_ukr.pdf. Ukrainian.

6. [NP 306.2.141-2008. General provisions of safety of nuclear power plants: Approved by order of SNRCU 19.11.2007 N 162; registered in the Ministry of Justice of Ukraine 25.01.2008 N 56/14747]. Kyiv. 2008;59. Ukrainian.

7. Klyuchnykov OO, Garger EK, Prister BS, Lev TD, Talerko MM. [Problems of radiation situation assessment and prediction in the environment around NPP of Ukraine in case of nuclear emergency]. *Problemy bezpeky atomnykh stantsii i Chernobylia*. 2010;14:8-16. Russian.

8. Khomenko IM, Koziarin IP, Zakladna NV. [Hygienic assessment of factual nutrition of able-bodied population in the observation area of the Zaporizhzhia nuclear power plant]. *Dovkillia ta zhorovia*. 2017;1(81):55-58. Ukrainian.

9. Shavrak EI, Gylaev MV, Sapelnikov VM. [Environmental safety assessment of the Rostov NPP location]. *Global'naia yadernaia bezopasnost*. 2013;3(8):19-25. Russian.

Стаття надійшла до редакції
05.02.2019

