

УДК 621.039:504.064

Ю. В. Бончук✉

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна

САНІТАРНО-ЗАХИСНІ ЗОНИ АЕС ТА РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті проаналізовано вимоги законодавчих і нормативних документів України щодо призначення санітарно-захисних зон атомної електростанції та радіаційно-гігієнічних принципів обґрунтування їхніх розмірів. Обговорено проблеми застосування вимог до встановлення розмірів санітарно-захисних зон АЕС, що впливають з їх «протиаварійного» призначення. Надано пропозиції щодо змін у законодавчих і нормативних документах України, імплементація яких дозволить не тільки вирішити проблеми із зонуванням довкола АЕС та інших радіаційно-ядерних об'єктів, але й гармонізувати законодавство України з регулюючими вимогами Євросоюзу.

Ключові слова: санітарно-захисна зона, АЕС, проектна аварія, аварійний викид.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2016. Вип. 21. С. 91–105.

Yu. V. Bonchuk✉

State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Melnykova str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

Sanitary protective zones of NPPS, radiation and hygienic requirements for their assignment

The article analyzes the requirements of legislative and regulatory documents of Ukraine regarding purposes of sanitary protective zones of nuclear power plants (NPP), radiation and hygienic principles for substantiation of their sizes. Problems of application of requirements to establish the sizes of sanitary protective zones of NPPs arising from their «emergency» purposes are discussed. The proposals for changes in legislative and regulatory documents of Ukraine are given. Their implementation will not only solve the problem of zoning around NPPs and other radiation and nuclear facilities, but also to harmonize the legislation of Ukraine with the regulatory requirements of the European Union.

Ключові слова: sanitary protective zone, NPP, design basis accident, emergency release.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2016;21:91-105.

✉ Бончук Юрій Васильович, e-mail: bonchuk@rpi.kiev.ua

ВСТУП

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) радіаційно-ядерних об'єктів, взагалі, і атомних електростанцій (АЕС), зокрема, є специфічними територіальними утвореннями, які характерні для пострадянських країн. В інших країнах з радіаційно-ядерними об'єктами є подібні утворення, проте навряд чи можна вважати їх точними аналогами СЗЗ. Разом з тим, наявність СЗЗ відіграє позитивну роль у забезпеченні радіологічного захисту населення, яке мешкає поблизу АЕС. Однак законодавчі і нормативні документи України містять різнопланові вимоги до СЗЗ, які призводять до суперечностей при їх безпосередній імplementації, а також до деяких проблем при одночасній реалізації всієї покладеної на СЗЗ функціональності.

**ВИМОГИ ДО САНІТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН
У ЗАКОНОДАВЧИХ І НОРМАТИВНИХ
ДОКУМЕНТАХ УКРАЇНИ****Санітарно-захисні зони АЕС і загальні
регуляторні обмеження**

Встановлення санітарно-захисної зони навколо АЕС вимагається такими документами:

- ▶ Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 р. №39/95-ВР [1] (стаття 45);
- ▶ Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ) [2] (п. 9.4.2);
- ▶ Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-88) [3];
- ▶ Загальні положення безпеки атомних станцій (ЗПБУ-2008) [4] (пп. 5.3.4, 6.8.3).

Порівняння визначень терміну «санітарно-захисна зона» (табл. 1) виявляє подібність підходів вищезазначених документів, а також Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [5].

У всіх вищевказаних визначеннях (окрім СП АС-88 [3]) зазначається, що рівень опромінення людей у СЗЗ може перевищити квоту ліміту дози. Визначення ЗУ №39/95-ВР [1], НРБУ-97 [5] і ОСПУ [2] деталізують, що така можливість стосується нормальних умов експлуатації (НУЕ), тоді як ЗПБУ-2008 [4] не містить такого уточнення (тобто йдеться про ширший спектр умов для такого перевищення). Однак, очевидно, що при порушеннях нормальних умов експлуатації (ПНУЕ) та аваріях рівні опромінення можуть бути значно більшими, ніж при НУЕ, отже відсутність у ЗПБУ-2008 [4] такого уточнення не має принципового значення.

СП АС-88 [3] вказували, що рівень опромінення людей у СЗЗ в нормальних умовах нормальної

INTRODUCTION

Sanitary protective zones (SPZ) of radiation and nuclear facilities, in general, and nuclear power plants (NPP) in particular, are specific territorial formations which are typical for post-Soviet countries. In other countries with nuclear and radiation facilities, there are similar units, but it is hardly to regard them as exact analogues of SPZs. Still, the existence of SPZs plays a positive role in the radiological protection of the public who live near NPPs. However, the legislative and normative documents of Ukraine contain diverse requirements for SPZ, which lead to contradictions during their direct implementation and also to some problems during simultaneous realization of all functionality assigned to SPZ.

**REQUIREMENTS FOR THE SANITARY
PROTECTIVE ZONE IN LEGISLATIVE AND
REGULATORY DOCUMENTS OF UKRAINE
Sanitary protective zones of NPPs and general
regulatory restrictions**

Establishment of a sanitary protective zone around NPP is required by the following documents:

- ▶ The Law of Ukraine «On use of nuclear power and radiation safety» No. 39/95-VR (February 2, 1995) [1] (article 45);
- ▶ Basic sanitary rules for radiation protection of Ukraine (OSPU) [2] (item 9.4.2);
- ▶ Sanitary rules for design and operation of nuclear power plants (SR NPP-88) [3];
- ▶ General safety regulations of nuclear power plants (ZPBU-2008) [4] (items 5.3.4, 6.8.3).

The comparison of definitions of the term «sanitary protective zone» (Table 1) shows the similarity of approaches of above mentioned documents and Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97) [5].

In all above mentioned definitions (except SR NPP-88 [3]) it is stated that the level of public exposure in a SPZ can exceed the quota of the dose limit. Definitions of ZU 39/95-VR [1], NRBU-97 [5] and OSPU [2] specify that such a possibility is related to normal conditions of operation (NCO), at the same time ZPBU-2008 [4] do not contain such an adjustment (that is meant for a wider range of conditions for such excess). However, it is obvious, under violations of normal conditions of operation (VNCO) and accidents the exposure levels can be much higher than under NCO, therefore lack of such a clarification in ZPBU-2008 [4] is not essential.

SR NPP-88 [3] indicate that the level of public exposure in a SPZ under normal operation can

Таблиця 1
Визначення терміну «санітарно-захисна зона»

Table 1
Definitions of the term “observation area”

Документ / document	Положення / statement
ЗУ №39/95ВР [1]	Територія навколо ядерної установки та об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, на якій рівень опромінення людей в умовах нормальної експлуатації може перевищувати квоту ліміту дози для населення. У санітарно-захисній зоні забороняється проживання населення, встановлюються обмеження на виробничу діяльність, що не стосується ядерної установки або об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, та здійснюється контроль за радіаційним станом. Особливості режиму, розміри та межі зазначеної зони визначені статтею 45 цього Закону.
ZU 39/95-VR [1]	The territory around the nuclear installation and facilities intended for radioactive waste handling, where the level of public exposure in normal operation can exceed the quota of dose limit to the public. In a sanitary protective zone the residence of population is prohibited, restrictions on production activity not related to nuclear installation or facilities for radioactive waste handling are established, and radiation of is performed. Mode peculiarities, sizes and boundaries of the zone are defined in Article 45 of this Law.
НРБУ-97 [5], ОСПУ [2]	Територія навколо радіаційно-ядерного об'єкта, де рівень опромінення людей в умовах нормальної експлуатації може перевищити квоту ліміту дози для категорії В. В СЗЗ забороняється проживання населення, встановлюються обмеження на виробничу діяльність, що не має відношення до радіаційно-ядерного об'єкту, та проводиться радіаційний контроль.
NRBU-97 [4], OSPU [2]	The territory around the radiation and nuclear facility where the level of public exposure in normal conditions of operation can exceed the quota of the dose limit to the category V. In a SPZ the residence of the population is prohibited, restrictions on production activity that does not related to radiation and nuclear facility are established, and radiation monitoring is performed.
СП АС-88 [3]	Територія вокруг АС, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации учреждения может превысить предел дозы ПД. В санитарно-защитной зоне устанавливается режим ограничений и проводится радиационный контроль.
SR NPP-88 [3]	The territory around NP on which the level of public exposure in normal conditions of operation of an institution can exceed the dose limit LD. In a sanitary protective zone, the mode of restrictions is established, and radiation monitoring is performed.
ЗПБУ-2008[4]	Територія навколо АС, де рівень опромінення людей може перевищувати квоту ліміту дози для категорії В. У санітарно-захисній зоні забороняється проживання населення, установлюються обмеження на виробничу діяльність, яка не стосується до АС, а також здійснюється радіаційний контроль.
ZPBU-2008[4]	The territory around NP, where the level of public exposure can exceed the quota of the dose limit to the category V. In a SPZ the residence of the population is prohibited, restrictions on production activity that does not related to NP are established, and radiation monitoring is performed

експлуатації може перевищити ліміт дози, який на час виходу СП АС-88 становив $5 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$. Це значення у 125 разів більше квоти ліміту дози, яка використовується у чотирьох інших документах. Навіть після зниження ліміту дози до $1 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$ (з появою НРБУ-97 [5] і Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 р. №15/98-ВР [6]) обмеження СП АС-88 [3] були у 25 разів більш м'якими, ніж в інших документах.

Усі розглянуті документи (знову ж окрім СП АС-88 [3]) вказують на такі вимоги щодо СЗЗ:

- > заборона на проживання населення;
- > обмеження на виробничу діяльність, що не має відношення до радіаційно-ядерного об'єкта;
- > здійснення радіаційного контролю.

Стаття 45 ЗУ №39/95-ВР [1] деталізує ці вимоги, зокрема: «У санітарно-захисній зоні забороняється розміщення жилих будинків та громадських споруд, дитячих та лікувально-оздоровчих установ, а також промислових підприємств, об'єктів громадського харчування, допоміжних та інших споруд, не пов'язаних з діяльністю ядерної установки або об'єкта, призначе-

exceed the dose limit, which at the time of publication of SR NPP-88 was $5 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$. This value is 125 times higher vs. quota of dose limit used in four other documents. Even after the dose limit was decreased to $1 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ (with appearance of NRBU-97 [5] and the Law of Ukraine «On protection of a human against the exposure to ionizing radiation» No. 15/98-VR (January 14, 1998) [3]) restrictions in SR NPP-88 [3] were 25 less than in other documents.

- All examined documents (again except SR NPP-88 [3]) indicate on such requirements regarding SPZ:
- > the ban on the residence of the population;
 - > the restrictions on production activity that is not related to a radiation and nuclear facility;
 - > the implementation of radiation monitoring.

Article 45 of ZU 39/95-VR [1] details these requirements, in particular: «In the sanitary protective zone it is prohibited to arrange residential houses, public buildings, children's, medical, and health-improving institutions, and also industrial enterprises, catering objects, ancillary and other buildings not related to the activity of a nuclear installation or facility designed for

ного для поводження з радіоактивними відходами». Однак ЗУ №39/95-ВР [1] не конкретизує обсяги контролю за радіаційним станом. Такі положення відсутні і в інших трьох документах, у т.ч. в ЗПБУ-2008 [4], хоча останні встановлюють вимоги щодо параметрів контролю у зоні спостереження (потужність поглинутої дози, вміст радіонуклідів у об'єктах навколишнього природного середовища, продуктах харчування тощо). Звичайно, якщо вважати СЗЗ частиною зони спостереження (ЗС), то вимоги до контролю в останній поширюються і на СЗЗ, однак таке вкладення СЗЗ у ЗС не є очевидним. Наприклад, у ОСПОРБ 99/2010 [7] вказується, що внутрішня границя ЗС завжди співпадає з зовнішньою границею СЗЗ. У законодавстві України таке розмежування не є чітким.

СП АС-88 [3] також вказують на проведення радіаційного контролю у СЗЗ, однак інші їх положення у визначенні СЗЗ констатують лише наявність режиму обмеження (без деталізації, які саме обмеження маються на увазі). П.2.12 СП АС-88 [3] уточнює, що «в СЗЗ забороняється розміщення установ, підприємств і споруджень, не относящихся к АС». Отже, СП АС-88 [3] явно не забороняє проживання населення (принаймні осіб, які є працівниками АЕС) в СЗЗ. Однак вказане положення може трактуватись по-різному (особливо щодо змісту тієї його частини, яка вказує на відношення до АС). Інше положення цього ж пункту СП АС-88 [3] («в санитарно-защитной зоне АС могут располагаться здания и сооружения подсобного и обслуживающего АС назначения») не додає особливої ясності стосовно заборони, адже можливість розташування певних об'єктів не супроводжується словами «тільки» або «лише», а отже представляє собою приклади «дозволених» об'єктів.

Таким чином, ЗУ №39/95-ВР [1], НРБУ-97 [5], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [4] встановлюють схожі визначення СЗЗ та загальні вимоги до режиму території. Жоден з розглянутих документів не встановлює вимог до репрезентативності контролю за радіаційним станом (наприклад, періодичності контролю, ступеня покриття СЗЗ пунктами контролю – кількості пунктів контролю на одиницю площі СЗЗ і т. п.). Відсутність конкретних положень щодо репрезентативності контролю є потенційним джерелом довільності тлумачення вимог щодо такого контролю.

Стосовно СП АС-88 [3], то розгляд його положень стосовно СЗЗ АЕС має в деякій мірі «історичний» інтерес. Як відомо, згідно з Розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про визнання такими, що

handling with radioactive waste». However, ZU 39/95-VR [1] does not specify the amount of monitoring of radiation situation. Such provisions are also absent in other three documents, including ZPBU-2008 [4], although the latter establish the requirements regarding parameters of the monitoring in the observation area (absorbed dose rate, radionuclides content in environmental objects, foodstuffs, etc.). Of course, if it is considered the SPZ is a part of the observation area (OA), the requirements to the monitoring in the OA are also applicable for the SPZ, but such inclusion of the SPZ to the OA is not obvious. For instance, OSPORB 99/2010 [] indicate that the inner boundary of the OA always coincides with the external boundary of the SPZ. Such a distinction in Ukrainian legislation is not clear.

SR NPP-88 [3] also denote execution of radiation monitoring in the SPZ, but other their provisions in the SPZ definition indicate only the presence of restriction mode (without detailing what kind of restrictions are meant). Item 2.12 in SR NPP-88 [3] specifies «in the SPZ it is prohibited to arrange institutions, enterprises and buildings not related to the NP». Thus SR NPP-88 [3] do not prohibit explicitly habitation of the population (at least those who are workers of NPP) in the SPZ. However, this provision may be interpreted differently (particularly regarding to the content of its parts, pointing to the relevance to the NP). Another provision of the same item of SR NPP-88 [3] («in the sanitary-protective zone of the NP, buildings and constructions intended for ancillary and service purposes of the NP can be located») does not add much clarity regarding the prohibition, since the possibility of the arrangement of certain objects is not accompanied by the word «only» and thus constitutes examples of «permissible» objects.

Thereby, ZU 39/95-VR [1], NRBU-97 [5], OGPU [2] and ZPBU-2008 [4] establish similar SPZ definitions and determine the general requirements for the territory mode. None of the reviewed document establish requirements for representativeness of the monitoring of the radiation situation (e.g., monitoring frequency, extent of coverage of SPZ by monitoring points – the number of monitoring points per unit area of SPZ, etc.). The lack of specific statements regarding the representativeness of monitoring is a potential source of arbitrary interpretation of the requirements for such monitoring.

Regarding SR NPP-88 [3], examination of its provisions concerning SPZ of NPP has to some extent a «historical» interest. As well known, according to the

втрапили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства» від 20 січня 2016 р. № 94-р [8], з 1 січня 2017 року «*акти санітарного законодавства, видані центральними органами виконавчої влади СРСР, в тому числі їх посадовими особами, якими затверджено санітарні, санітарно-гігієнічні, санітарно-проти-епідемічні, санітарно-епідеміологічні, протиепідемічні, гігієнічні правила і норми, державні санітарно-епідеміологічні нормативи та санітарні регламенти*» визнаються «*такими, що не застосовуються на території України*». Стосовно аналогічних актів Української РСР, то вони визнаються «*такими, що втратили чинність*». Очевидно, що до вказаного переліку відносяться і СП АС-88 [3]. Отже, з 1 січня 2017 року СП АС-88 [3] та їхні вимоги взагалі немає необхідності брати до розгляду. Разом з тим, проста відміна застарілих документів (до яких також відносяться, наприклад, «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами» (СПОРО-85) [9]) без випуску нових призведе до появи певних ніш у деяких питаннях стосовно, зокрема, санітарного і санітарно-гігієнічного регулювання (у т.ч. для АЕС).

Санітарно-захисні зони АЕС і аварійне реагування

Положення, представлені у попередньому підрозділі, трактували СЗЗ як територію, на якій рівень опромінення людей може перевищувати квоту ліміту дози, та де встановлено певні заборони і обмеження (щодо проживання населення та виробничої діяльності). Далі будуть проаналізовані положення, які розглядають СЗЗ під іншим кутом. ЗПБУ-2008 [4] одним із фундаментальних принципів безпеки визначають стратегію глибокошеленованого захисту, яка за цим документом реалізується на п'яти рівнях. П'ятим рівнем цієї стратегії є аварійна готовність і реагування. Одним з елементів забезпечення цього рівня є встановлення навколо АЕС санітарно-захисної зони. На відміну від встановлення ЗС (що також є елементом забезпечення п'ятого рівня), положення щодо встановлення СЗЗ видається набагато менш загальним і декларативним, оскільки наявність СЗЗ відсуває населення від потенційно небезпечного об'єкта. Таке положення надає СЗЗ ще й протиаварійного наповнення.

Як відомо, документами МАГАТЕ (зокрема, [10, 11]) визначаються поняття «аварійних зон», до яких відносяться «зона попереджувальних заходів» (precautionary action zone, ЗПЗ) і «зона планування термінових захисних заходів» (urgent protective action

Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On recognition of the sanitary legislation acts as stale and not applicable in the territory of Ukraine» of 20 January 2016 № 94-r [8], from January 1, 2017 «*the sanitary legislation acts issued by central executive authorities of the USSR, including their officials, which approved the sanitary, sanitary-hygienic, sanitary-and-anti-epidemic, sanitary-epidemiological, anti-epidemic and hygienic rules and regulations, state sanitary-epidemiological guidelines and sanitary regulations*» recognized «*as not applicable in the territory of Ukraine*». Concerning similar acts of the Ukrainian SSR, they are recognized as «*stale*». It is obvious that SR NPP-88 [3] are also related to the specified list. So since January 1, 2017 it is not necessary to take into consideration SR NPP-88 [3] and their requirements. However, the simple repeal of outdated documents (which also include, for example, «Sanitary rules for radioactive waste management» (SRRAW-85) [9]) without issuing new ones will lead to the appearance of certain niches in some issues concerning, in particular, sanitary and sanitary-hygienic regulations (including for NPPs).

Sanitary protective zones of NPPs and emergency response

The provisions presented in the previous subsection interpreted SPZ as the territory, where the level of public exposure can exceed the quota of the dose limit, and certain bans and restrictions are established (regarding habitation of the population and production activity). The provisions that consider SPZ from another angle are analyzed further. ZPBU-2008 [4] determine as one of the fundamental safety principles the strategy of defence in depth, which according to the document is implemented on five levels. Fifth level of this strategy is emergency preparedness and response. One of the elements for ensuring of that level is an establishment a sanitary protective zone around a NPP. In contrast to the establishment of OA (which is also an element of the fifth level), the provisions regarding the establishment of SPZ appears to be much less common and declarative, since availability of SPZ moves the population away from potentially dangerous object. Such a provision also gives the «emergency» filling to SPZ.

As is well-known, the term «emergency zones» is defined in the IAEA documents ([10, 11] in particular). Thereunder the emergency zones include a «precautionary action zone» (PAZ) and an «urgent protective action planning zone» (UPZ). Both

planning zone, ЗТЗ). Обидві зони призначені для здійснення термінових захисних заходів у випадку ядерної або радіологічної аварійної ситуації:

- з метою зниження ризику появи серйозних детерміністичних ефектів за межами майданчика (ЗПЗ) та
- з метою запобігання отримання доз за межами майданчика у відповідності з міжнародними нормами безпеки (ЗТЗ).

Захисні заходи в межах ЗПЗ повинні вживатись до або невдовзі після викиду радіоактивного матеріалу або опромінення, зважаючи на умови, що склались на установці. Захисні заходи в межах ЗТЗ повинні виконуватись на основі моніторингу навколишнього середовища або (у відповідних випадках) з урахуванням умов, що склались на установці.

У національних документах України поняття «аварійних зон» (у вигляді, як їх подає МАГАТЕ) відсутні. Однак, положення ЗПБУ-2008 [4] надає СЗЗ властивості, що повинні бути притаманні національним аналогам ЗПЗ.

Слід відзначити, що згідно з [11], для реакторів з рівнем потужності більше 1000 МВт (тепл.) рекомендованими розмірами ЗПЗ є 3–5 км. Як відомо, розміри діючих СЗЗ АЕС України складають 2,7 км для ХАЕС і 2,5 км – для інших АЕС. Тобто, значення рекомендованих розмірів ЗПЗ від 10 % до 100 % більші, ніж розміри діючих СЗЗ АЕС України. Виходячи з цього простого порівняння, можна очікувати, що розміри діючих СЗЗ АЕС України можуть бути дещо замалі для покладання на них функцій ЗПЗ.

Для введення контрзаходів в аварійних умовах законодавством України встановлено відповідні критерії, представлені в Законі України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 р. №15/98-ВР [6] (ст. 8) та у НРБУ-97 [5] (додаток 7). Ці критерії використовуються, зокрема, у вимогах до визначення розмірів СЗЗ, представлених в табл. 2.

Спільною (цілком очікуваною і очевидною) вимогою в усіх зазначених документах (окрім НРБУ-97 [5], в яких такі положення відсутні) є обґрунтування і визначення розмірів СЗЗ на етапі проектування. ЗУ №39/95-ВР [1], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [4] обмежуються цими положеннями.

Документ «Вимоги з безпеки до вибору майданчика для розміщення атомної станції» (ВБВМ АС) [12] деталізував вимоги ЗПБУ-2008 [4] щодо зв'язку між розмірами СЗЗ та аварійним реагуванням.

Дещо парадоксальним положенням ВБВМ АС [13] є необхідність врахування розміру СЗЗ при визначенні загальної встановленої потужності АЕС і

zones are designed to take urgent protective actions in the event of nuclear or radiological emergency:

- in order to reduce the risk of emergence of severe deterministic effects outside the site (PAZ) and
- with the purpose of averting the doses off the site in accordance with international safety standards (UPZ).

Protective actions within PAZ are to be taken before or shortly after a release of radioactive material or an exposure on the basis of the prevailing conditions at the facility. Protective actions within UPZ are to be taken on the basis of environmental monitoring or (as appropriate) prevailing conditions at the facility.

Concepts of «emergency zones» (in the form as the IAEA provides them) are missing in national Ukrainian documents. However, the provision of ZPBU-2008 [4] gives to SPZ the properties that should be inherent to national analogues of PAZ.

It should be noted, according to [11], for reactors with power over 1000 MW (th) recommended PAZ sizes are 3–5 km. As it is known, sizes of existing SPZs of Ukrainian NPPs are 2.7 km for KhNPP, and 2.5 km for other NPPs. That is the values of recommended sizes of PAZ from 10 to 100 % greater than sizes of SPZs for operating Ukrainian NPPs. Based on this simple comparison, it can be expected that the sizes of existing SPZs of Ukrainian NPPs can be slightly small for laying PAZ functionality on them.

For countermeasure introduction in emergency, the appropriate criteria are presented in the Law of Ukraine «On protection of a human against exposure to ionizing radiation» (January 14, 1998) No. 15/98-VR [6] (Article 8) and in NRBU-97 [5] (Annex 7). The criteria are used, in particular, in requirements for determining the SPZ sizes, presented in Table 2.

Common (quite expected and evident) requirement in all these documents (except for NRBU-97 [5] where such provisions are absent) is substantiation and determination of SPZ sizes at the design stage. ZU 39/95-VR [1], OGPU [2] and ZPBU-2008 [4] confine themselves to those provisions.

The document «Safety requirements for site selection for the placement of a nuclear power plant» (VBVM NPP) [12] specified requirements of ZPBU-2008 [4] regarding the relationship between the SPZ sizes and emergency response.

Slightly paradoxical provision of VBVM NPP [12] is the necessity to consider the SPZ sizes for determination the total installed capacity of NPP

Таблиця 2
Вимоги до розмірів і меж санітарно-захисної зони

Table 1
Definitions of the term “observation area”

Документ / document	Положення / statement
ЗУ №39/95ВР [1] ZU 39/95-VR [1]	Визначаються у проекті згідно з нормами, правилами і стандартами у сфері використання ядерної енергії, ... узгоджуються з органом державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки (ст. 45). Defined in the design in accordance with the regulations, rules and standards in the field of use of nuclear energy, ... approved with the state regulatory body of nuclear and radiation safety (Article 45)
НРБУ-97 [5] NRBU-97 [4]	Відсутні Absent
ОСПУ [2] OSPU [2]	Проектна документація повинна містити необхідну і достатню інформацію, розрахунки, обґрунтування, зведення, що стосуються ... обґрунтування розмірів ... СЗЗ... (п. 9.1.3) Межі ... СЗЗ підприємства на стадії проектування погоджуються закладами державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України (п. 9.4.7) The design documentation must contain the necessary and sufficient information, calculations, substantiations, reports, concerning ... the justification of sizes of ... SPZ... (item 9.1.3) The boundaries ... of SPZ of an enterprise on a design stage are agreed by institutions of the state sanitary and epidemiological service of the MH of Ukraine (item 9.4.7)
ЗПБУ-2008 [4] ZPBU-2008[4]	Проектом АС обґрунтовуються розміри санітарно-захисної зони (п. 6.8.3). The design of NP substantiates the sizes of a sanitary protective zone (item 6.8.3).
ББВМ АС [13] VBVM NPP [12]	При визначенні загальної встановленої потужності АС та технічних характеристик АС ураховуються... розмір санітарно-захисної зони... (п. 2.4) За результатами оцінки радіаційного впливу АС на населення та навколишнє природне середовище ... визначаються санітарно-захисна зона і зона спостереження і забезпечується можливість реалізації контрзаходів, передбачених пунктом 7.23 НРБУ-97 (п. 4.13) Розміри санітарно-захисної зони визначаються такими, щоб при нормальній експлуатації АС, порушеннях нормальної експлуатації та знятті з експлуатації АС не перевищувалась квота ліміту дози для населення за її межами, установлена в пункті 5.5.4 НРБУ-97, а при проектних аваріях дози опромінення населення на межі санітарно-захисної зони та за її межами не перевищували критерії введення контрзаходів відповідно до пункту 7.38 НРБУ-97 (п. 4.14) For determination the total installed capacity of NP and the technical characteristics of NP it is taken into account ... the size of the sanitary protective zone ... (item 2.4) Upon assessment results of radiation impact of NP on population and environment ... the sanitary protective zone and observation area are determined and the ability of implementation of protective actions is provided specified by item 7.23 of NRBU-97 (item 4.13) The sizes of sanitary protective zone are determined so that under normal operation of NP, violations of normal operation, and decommissioning of NP the quota of the dose limit to the public, established in item 5.5.4 of NRBU-97, does not exceeded beyond its boundaries, and under design basis accidents the doses to the public at the border and beyond sanitary protective zone do not exceed the criteria for the introduction of protective actions according to item 7.38 of NRBU-97 (item 4.14)

технічних характеристик АЕС. Така вимога означає, що загальна потужність проекрованої АЕС залежить від розмірів СЗЗ, а не навпаки.

Основним положенням щодо розмірів СЗЗ АЕС у ББВМ АС [13] є вимога про неперевищення таких рівнів:

- > при НУЕ, ПНУЕ та знятті з експлуатації – квота ліміту дози для населення;
- > при проектних аваріях (ПА) – критерії введення невідкладних контрзаходів (таблиця Д.7.1 НРБУ-97).

Цим положенням ББВМ АС [13] фактично розширює вимоги ЗУ №39/95-ВР [1], ОСПУ [2] і НРБУ-97 [5] (а також ЗПБУ-2008 [4]), оскільки:

- 1) ці документи (вказуючи про квоту ліміту дози) згадують лише про нормальну експлуатацію (окрім

and the technical characteristics of NPP. This requirement means that the total power of designed NPP depends on the SPZ size, not vice versa.

The main provision in VBVM NPP [12] regarding the SPZ sizes is the requirement about non-exceeding the following levels:

- > under NCO, VNCO and decommissioning – the quota of the dose limit to the public;
- > under design basis accidents (DBA) – the criteria for the introduction of emergency protective actions (table A.7.1 NRBU-97).

This provision of VBVM NPP [12] practically extends requirements of ZU 39/95-VR [1], OSPU [2], and NRBU-97 [5] (and also ZPBU-2008 [4]), since:

- 1) these documents (indicating the quota of the dose limit) mention only the normal operation (except

ЗПБУ-2008 [4]) і не згадують про порушення нормальної експлуатації та зняття з експлуатації АЕС;
2) ці документи явно не вказують, що за межами СЗЗ квота ліміту дози для населення не може перевищуватись при нормальній експлуатації (вони зазначають, що всередині СЗЗ може перевищуватись квота ліміту дози для населення, але це не одне й те саме).

ВБВМ АС [13] також є першим документом, що вводить зв'язок між розмірами СЗЗ і контрзаходами. Оскільки ВБВМ АС [13] не уточнюють, які саме контрзаходи маються на увазі, (усі чи лише деякі з них) очевидно, що слід врахувати неперевищення рівнів для усіх контрзаходів. Оскільки найнижчі рівні зазначені для обмеження перебування на відкритому повітрі, то вимога ВБВМ АС [13] означає, що при ПА дози опромінення, які відвертають за перші два тижні після аварії, для населення на межі СЗЗ та за її межами повинні відповідати таким умовам:

- доза на все тіло для дітей – не більше 10 мЗв (нижня межа виправданості (НМВ) – 1 мЗв);
- доза на все тіло для дорослих – не більше 20 мЗв (НМВ – 2 мЗв);
- доза на щитоподібну залозу для дітей – не більше 100 мГр (НМВ – 20 мГр);
- доза на щитоподібну залозу для дорослих – не більше 300 мГр (НМВ – 50 мГр);
- доза на шкіру для дітей – не більше 300 мГр (НМВ – 50 мГр);
- доза на шкіру для дорослих – не більше 500 мГр (НМВ – 50 мГр).

Положення щодо зв'язку СЗЗ і можливих наслідків аварій є також у СП АС-88 [3]. Однак у СП АС-88 [3] ці положення сформульовані не як вимоги до розмірів СЗЗ, а у якості вимог до системи безпеки АС, яка визначається як «комплекс технических и организационных мероприятий, обеспечивающих нормальную эксплуатацию АС, предупреждение аварий и ограничение их последствий». Проте за п.3.1.4 СП АС-88 [3] вимагалось, щоб при проектних аваріях з найбільш важкими наслідками значення еквівалентних індивідуальних доз, розрахованих при найгірших погодних умовах на території АЕС на границі СЗЗ і за її межами, не перевищували 300 мЗв·рік⁻¹ на щитоподібну залозу дітей за рахунок інгаляції і 100 мЗв·рік⁻¹ на все тіло за рахунок зовнішнього опромінення (ці критерії є більш м'якими, ніж встановлені ВБВМ АС [13]). Однак СП АС-88 [3] не визначали, які саме погодні умови вважати найгіршими для відповідних розрахунків.

ZPBU-2008 [4]) and do not mention violations of the normal operation and decommissioning of NPP;
2) these documents do not indicate clearly that beyond of SPZ boundaries the quota of the doses limit to the public can not be exceeded under the normal operation (they indicate the quota of the dose limit for the public can be exceeded within SPZ, but it is not the same thing).

VBVM NPP [12] is also the first document that introduces the relationship between SPZ sizes and protective actions. Since VBVM NPP [12] do not specify what protective actions are intended (all or only some of them), it is clear that it should be considered non-exceeding the levels for all protective actions. As the lowest levels are specified for the outdoor restriction, the requirement of VBVM NPP [12] means that under DBAs the doses averted during first 2 weeks after an accident for the public at the border and beyond SPZ should meet the following conditions:

- dose to whole body for children – maximum 10 mSv (lower boundary of justification (LBJ) is 1 mSv);
- dose to whole body for adults – not more than 20 mSv (LBJ is 2 mSv);
- dose to thyroid for children – not more than 100 mGy (LBJ is 20 mGy);
- dose to thyroid for adults – not more than 300 mGy (LBJ is 50 mGy);
- dose to skin for children – not more than 300 mGy (LBJ is 50 mGy);
- dose to skin for adults – not more than 500 mGy (LBJ is 50 mGy).

Provisions regarding relation between SPZ and possible consequences of accidents is also presented in SR NPP-88 [3]. However, in SR NPP-88 [3] these provisions are not formulated as requirements to SPZ sizes but as requirements to NPP security system that is defined as «a set of technical and organizational measures to ensure the normal operation of the NP, prevention accidents and limitation their consequences». However item 3.1.4 of SR NPP-88 [3] required that under design basis accidents with the most severe consequences the equivalent individual doses calculated under the worst weather conditions on the NPP territory at the border and beyond SPZ, do not exceed 300 mSv·y⁻¹ to the thyroid of children due to inhalation and 100 mSv·y⁻¹ to the whole body due to external exposure (these criteria are more lenient than those established by VBVM NPP [12]). But SR NPP-88 [3] did not determined what weather conditions are implied as the worst ones for corresponding

Те саме можна зазначити і стосовно ВБВМ АС [13]. Останній не оперує рівнем консерватизму, імовірностями чи іншими схожими категоріями, а прямо вказує на те, щоб «при проектних аваріях дози опромінення населення на межі санітарно-захисної зони та за її межами не перевищували критерії введення контрзаходів». Це фактично означає вимогу неперевищення певних критеріїв при будь-яких умовах (у т.ч. метеорологічних) та їх можливого поєднанні. Така вимога може призводити до надконсервативних дозових оцінок і, як наслідок, до значних розмірів СЗЗ.

Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (ДСП ПЗНП) [13] також містять положення щодо встановлення СЗЗ. ДСП ПЗНП [11] вказують, що розміри СЗЗ слід встановлювати відповідно до діючих санітарних норм їх розміщення, а також згадують про підтвердження достатності розмірів СЗЗ за ОНД-86 [14] розрахунками рівнів шуму та електромагнітних випромінювань з урахуванням реальної санітарної ситуації (фоновий забруднення, особливостей рельєфу, метеоумов, рози вітрів та ін.). ДСП ПЗНП [13] також регламентують, що на зовнішній межі СЗЗ, зверненої до житлової забудови, концентрації та рівні шкідливих факторів не повинні перевищувати їх гігієнічні нормативи (гранично-допустимі концентрації, гранично-допустимі рівні), а на межі курортно-рекреаційної зони – 0,8 від значень таких нормативів. Однак положення ДСП ПЗНП [13], викладені в цих двох останніх реченнях, стосуються хімічних і фізичних, а не радіаційних факторів. Розмежування між цими факторами прослідковується у п.8.2 ДСП ПЗНП [13], що стосується гігієнічної оцінки стану навколишнього середовища (у т.ч. за розрахунковими матеріалами проектно-планувальної документації) на предмет їх відповідності гігієнічним нормативам. Щодо ОНД-86 [15], то вона орієнтована на розрахунок концентрацій у повітрі саме шкідливих хімічних речовин. Про це свідчать загальні положення ОНД-86 [15], у яких згадується визначення безрозмірних і приведених концентрацій з використанням ГДК (гігієнічних нормативів для хімічних факторів), а також те, що для характеристики як вхідних даних (концентрація на виході з джерела), так і результатів (концентрація в атмосферному повітрі) використовуються масові величини, що притаманне нормуванню саме за хімічними факторами.

Після аварії на АЕС «Фукусіма-1» на замовлення Національної атомної енергогенеруючої компанії «Енергоатом» було розроблено СОУ НАЕК 023:2014 «Забезпечення радіаційної безпеки. Порядок вста-

calculations. The same can be noted regarding VBVM NPP [12]. The latter does not operate with the level of conservatism, probabilities or other similar categories, it clearly states that «under design basis accidents the doses to the public at the boundary and beyond sanitary protective zone do not exceed the criteria for the introduction of protective actions». It actually means the requirement do not exceed certain criteria under all conditions (including weather conditions) and their possible combination. Such a requirement could lead to overconservative dose estimates and, consequently, to considerable SPZ sizes.

State sanitary rules of planning and building of settlements (SSR PBS) [13] also contain provisions regarding establishment of SPZ. SSR PBS [13] indicate that SPZ sizes should be set according to sanitary standards in force for their arrangement, and also mention the confirmation of sufficiency of SPZ sizes by the calculations OND-86 [14] of levels of noise and electromagnetic radiation taking into account real sanitary situation (background contamination, terrain characteristics, weather conditions, wind rose, etc.). SSR PBS [13] also regulate that at the outer boundary of SPZ, directed toward residential housing, concentrations and levels of harmful factors shall not exceed their hygienic standards (maximum permissible concentrations, maximum permissible levels), and at the boundary of the resort and recreation zone they shall not exceed 0.8 of the values of such standards. However, the provisions of SSR PBS [13], stated in last two sentences, are related to chemical and physical factors, but not to radiation ones. The distinction between these factors is traced in item 8.2 SSR PBS [13] that is related to hygienic assessment of the environment (including by the calculating materials of a design and planning documentation) for compliance with hygienic standards. Regarding OND-86 [14], it is focused on calculation of the air concentration exactly for harmful chemicals. This is evidenced by the general provisions of OND-86 [14] where definitions of dimensionless and normalized concentrations with MPC use are mentioned (hygienic standards for chemical factors), and also that to characterize the input data (the concentration at the outlet of the source) and the results (air concentration) the mass quantities (that is inherent in standardization by chemical factors) are used.

After the NPP «Fukushima-1» accident the standard SOI NNEGС 023:2014 «Radiation safety. Procedure for the establishment of sizes of the sanitary protective zone of NPP» [15] was developed on

новлення розмірів санітарно-захисної зони АЕС» [15]. Цей стандарт імплементував положення ВБВМ АС [12] щодо неперевищення квоти ліміту дози для населення (при НУЕ, ПНУЕ та знятті з експлуатації) і критеріїв введення невідкладних контрзаходів (при проектних аваріях). З огляду на жорсткі вимоги ВБВМ АС [13], СОУ НАЕК 023:2014 [15] для ПА обмежився вимогами про неперевищення рівнів безумовної виправданості для населення на межі СЗЗ та за її межами. СОУ НАЕК 023:2014 [15] також надає детальний опис моделей, які використовуються для розрахунків атмосферного переносу, випадіння на поверхню ґрунту, вторинного вітрового підйому і транспортування за екологічними ланцюгами.

Застосування регуляторних вимог до визначення розмірів санітарно-захисних зон АЕС

Як вже було зазначено вище, СОУ НАЕК 023:2014 [16] дещо пом'якшив (у порівнянні з ВБВМ АС [13]) загальні вимоги до встановлення розмірів СЗЗ АЕС, а саме: використовуються критерії для рівнів безумовної виправданості, а не для НМВ, які у 5-10 разів менші. Незважаючи на це, практичне використання СОУ НАЕК 023:2014 [16] виявило деякі проблеми його застосування. Одним із головних джерел таких проблем став п. 1.2 СОУ НАЕК 023:2014 [16], у якому зазначено, що *«стандарт застосовується для уточнення розмірів санітарно-захисних зон атомних електростанцій, які знаходяться в експлуатації ... на підставі ... результатів періодичних оцінок безпеки»*. По-перше, використання слова «уточнення» може трактуватись як необхідність перегляду розмірів СЗЗ. По-друге, цей пункт визначає можливість перегляду розмірів СЗЗ під час кожної періодичної переоцінки безпеки, яка виконується для кожного енергоблоку один раз на 10 років (наприклад, для ЗАЕС з 6 енергоблоками це, умовно кажучи, означає в середньому 3 перегляди кожні 5 років).

При виконанні розрахунків за СОУ НАЕК 023:2014 [16] для ЮУ АЕС виявилось [17], що:

- критерії для НУЕ не перевищуються для будь-якої відстані (принаймні більшої за 100 м) від АЕС;
- критерії для ПНУЕ (сценарій розриву теплообмінної трубки парогенератора) перевищуються принаймні до відстані 20 км від АЕС;
- критерії для ПА (сценарій відриву кришки парогенератора) перевищуються до відстані 5,4 км від АЕС.

При більш детальному аналізі у [16] з'ясувалось, що дещо несподівані результати для ПНУЕ є наслідком

demand by the National Nuclear Energy Generating Company «Energoatom». This standard implemented provisions of VBVM NPP [12] regarding non-exceeding the quota of the dose limit for the public (at NCO, VNCO and decommissioning) and criteria for introduction of emergency protective actions (under design basis accidents). In view of stringent requirements of VBVM NPP [12], SOI NNEG 023:2014 [15] contented with requirements on non-exceeding the levels of unconditional justification for the public at the boundary and beyond SPZ under DBAs. SOI NNEG 023:2014 [15] also provides a detailed description of the models used for calculations of atmospheric dispersion, deposition on soil, resuspension, and transport by ecological chains.

Application of regulatory requirements to determine the sizes of sanitary protective zones of NPPs

As noted above, SOI NNEG 023:2014 [15] slightly mitigated (in comparison with VBVM NPP [12]) general requirements to establishment of sizes of SPZ NPP, namely: the criteria for levels of unconditional justification (but not for LBJs which are 5 – 10 times less) are used. Despite this, practical use of SOI NNEG 023:2014 [15] revealed some problems of its application. One of the main sources of these problems has become item 1.2 of SOI NNEG 023:2014 [15], where it is stated that *«standard is applied to clarify the sizes of sanitary protective zones of operating nuclear power plants ... on the basis of ... the results of periodic safety assessment»*. First, use of the word «clarify» may be interpreted as the necessity to revise the sizes of SPZ. Secondly, this item determines the possibility of revising the sizes of SPZ at each periodic safety assessment, which is performed for each unit once every 10 years (for example, for ZNPP with 6 power units it means, relatively speaking, an average 3 revisions every 5 years).

When calculations by SOI NNEG 023:2014 [15] for SUNPP were performed it was found [] that:

- criteria for NCO are not exceeded for any distance (at least greater than 100 m) from NPP;
- criteria for VNCO (scenario of the rupture of the heat exchange tube of the steam generator) are exceeded at least to 20 km from NPP;
- criteria for DBAs (scenario of the steam generator cover breakaway) are exceeded to 5.4 km from NPP.

In more detailed analysis in [16] it was revealed that slightly unexpected results for VNCO are con-

того, що сценарій розриву теплообмінної трубки парогенератора повинен, скоріше за все, бути класифікований як проектна аварія, а не як ПНУЕ. Тому замість нього для ПНУЕ було використано сценарій течі теплоносія першого контуру Ду10. Для цього сценарію критерії для ПНУЕ не перевищувались з відстані 1,15 км від АЕС. Однак відкритим залишилось питання про те, чи є цей сценарій таким, радіологічні наслідки якого є найбільшими з усіх ПНУЕ. Якщо так, то визначальними для кінцевого результату є результати розрахунків для проектних аварій.

Повертаючись до ВБВМ АС [12], можна відзначити, що у п.1.4 зазначено, що «*дія Вимог поширюється на майданчики для розміщення нових АС. Уведення в дію Вимог не передбачає переоцінку придатності майданчиків, на яких розміщені діючі АС*». Отже це могло бути приводом для того, щоб відмовитись від застосування ВБВМ АС [12] взагалі (і його п.4.14, зокрема) до визначення розмірів СЗЗ діючих АЕС, а використовувати такі вимоги виключно до нових АЕС. Однак, при такому підході можна зіткнутись із дивним парадоксом: для діючих АЕС України у якості розмірів СЗЗ виявиться достатньо поточних розмірів 2,5–2,7 км, а для нових майданчиків (але з тими ж ВВЕР-1000) необхідні принаймні вдвічі більші розміри СЗЗ. При цьому додатково можна відзначити, що отриманий результат (5,4 км) близький до верхньої межі діапазону рекомендованих розмірів ЗПЗ згідно з [11]. Це можна вважати непрямим підтвердженням того, що вимоги ВБВМ АС [12], реалізовані у СОУ НАЕК 023:2014 [15], повинні стосуватись скоріше аварійних зон (ЗПЗ), а не СЗЗ.

СОУ НАЕК 023:2014 [15] було проаналізовано на предмет коректності моделей, викладених у ньому. За результатами аналізу встановлено їх адекватність. Уточнення, які доцільно внести до СОУ НАЕК 023:2014 [15] (у т.ч. виправлення технічних помилок підготовки до друку), не призведуть до зміни отриманих результатів, представлених вище. Також встановлено, що деякі параметри моделей у [15] включають у собі певний рівень консерватизму, що обумовлено призначенням, за яким такі моделі застосовуються, а також специфічною вимогою ВБВМ АС [13] про неперевищення критеріїв введення невідкладних контрзаходів при будь-яких умовах та їх можливому поєднанні. Як вже було зазначено вище, така вимога може приводити (і за результатами виконання розрахунків це сталося) до розмірів, що перевищують існуючі СЗЗ АЕС.

Одним із параметрів, значення якого може вважати консервативним у СОУ НАЕК 023:2014 [16], є пара-

sequence of the scenario of rupture of the heat exchange tube of the steam generator should be classified most likely as a design basis accident and not as VNCO. Therefore, instead of it for VNCO the scenario of primary coolant leak Du10 was used. For this scenario, the criteria for VNCO are not exceeded from 1.15 km from NPP. However, the question remains whether the radiological consequences of this scenario are the largest from all VNCO. If so, the results of calculations for the design basis accidents are determinant for final result.

Returning to VBVM NPP [12], it may be noted that item 1.4 states that «*the force of Requirements extends to the sites for the placement new NPs. Implementation of Requirements does not assume reassessment of suitability of sites where operating NPs are located*». Thus, it could be a reason to refuse the VBVM NPP [12] application in general (and its item 4.14, in particular) to determination of SPZ size of operating NPPs, and to use these requirements exceptionally for new NPPs. However, with this approach a strange paradox can be encountered: for operating NPPs in Ukraine current sizes of 2.5–2.7 km will be enough for SPZ, but for new sites (but with the same WVER-1000) SPZs at least twice as much sizes are necessary. Additionally it can be noted that obtained result (5.4 km) is close to the upper boundary of range of recommended sizes for PAZ according to [11]. This can be considered as indirect confirmation the requirements of VBVM NPP [12] implemented in SOI NNEGС 023:2014 [15] should relate to emergency zones (PAZ), rather than SPZ.

SOI NNEGС 023:2014 [15] has been analyzed for the correctness of the models described in it. According to the results of the analysis, their adequacy was determined. Refinements which are appropriate to make in SOI NNEGС 023:2014 [15] (including correction of technical mistakes in preparation for printing) will not result in a change of the results presented above. It is also found that some of the parameters of models in [15] include a certain level of conservatism due to the appointment, in which such models are used, as well as the specific requirement of VBVM NPP [12] on non-exceeding criteria for the introduction of emergency protective actions under all conditions and their possible combination. As noted above, such a requirement may lead (and on the results of the calculations it occurred) to sizes greater than current SPZ NPP.

Value of the washout parameter Λ can be considered conservative in SOI NNEGС 023:2014 [15].

метр вологого вимивання Λ . Поточні значення Λ у згаданому стандарті приблизно відповідають зливі інтенсивністю $20 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$. На перший погляд, таке значення є занадто консервативним, навіть неймовірним. Однак, за даними Центральної геофізичної обсерваторії, наприклад, у Києві 14.05.2016 р. випало 35,3 мм опадів [17], а 09.10.2016 р. – 39,6 мм [18]. Ці значення зівставні або перевищують відповідні місячні норми опадів. З урахуванням нерівномірності опадів протягом вказаних діб вищевказана інтенсивність опадів, залишаючись консервативною, не здається недосяжною.

Змінюючи значення інтенсивності опадів, для якої розраховано Λ , і виконуючи розрахунки для ПА (сценарій відриву кришки парогенератора) за СОУ НАЕК 023:2014 [16], можна отримати такі результати для розмірів СЗЗ (у дужках вказано відсоток для використаного значення Λ у порівнянні з його значенням у СОУ НАЕК 023:2014 [16]):

- $3 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (15%) – 1,1 км;
- $4 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (20%) – 1,5 км;
- $5 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (25%) – 1,9 км;
- $6 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (30%) – 2,3 км;
- $6,7 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (33%) – 2,55 км;
- $7 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (35%) – 2,75 км;
- $8 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (40%) – 3,2 км;
- $10 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$ (50%) – 4,1 км.

Отже, наприклад, у випадку зменшення втричі значень Λ у СОУ НАЕК 023:2014 [16] для сценарію відриву кришки парогенератора будуть отримані результати, зівставні з поточними розмірами СЗЗ ЮУА-ЕС. Таке зменшення фактично означає припущення, що для розглянутого сценарію ПА може трапитись лише дощ, який, за різними класифікаціями, є або проливним або, навіть, помірним. Слід ще раз згадати, що ВБВМ АС [12] фактично вимагає неперевищення згаданих у ньому критеріїв за будь-яких умов (у т.ч. метеорологічних) та їх можливого поєднанні. Таким чином, питання про обґрунтування такої зміни у СОУ НАЕК 023:2014 [15] та можливість її застосування залишається відкритим.

Вищенаведений приклад із маніпулюванням значенням Λ (що відповідає інтенсивності опадів, можливих під час ПА, і вплив якого на кінцевий результат є одним з найбільших серед параметрів у СОУ НАЕК 023:2014 [16]) демонструє, як зміна значень параметрів може бути використана для суттєвої зміни отриманих результатів. Це може стати джерелом для деяких спекуляцій стосовно зміни значення Λ у СОУ НАЕК 023:2014 [16] (а також значень інших параметрів) для отримання результатів, які можна використати для обґрунтування необхідності змін

Current Λ values in the mentioned standard roughly correspond to a heavy shower with rate of $20 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$. At first glance, such a value is too conservative, even incredible. However, according to the data of the Central Geophysical Observatory, for example, 35.3 mm of precipitation fell in Kiev 14.05.2016 [17], and 39.6 mm – 09.10.2016 [18]. These values are comparable or higher than respective monthly precipitation norms. Given the nonuniformity of precipitation in those days, precipitation rate indicated above, while remaining conservative, does not seem unattainable.

By changing the value of precipitation rate for which Λ was calculated, and calculating the DBA (scenario of steam generator cover breakaway) according to the SOI NNEGC 023:2014 [15], such results can be obtained for size of SPZ (in parentheses the percentage for used value of Λ in comparison with its value in SOI NNEGC 023:2014 [15] is indicated):

- $3 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (15 %) – 1,1 км;
- $4 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (20 %) – 1,5 км;
- $5 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (25 %) – 1,9 км;
- $6 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (30 %) – 2,3 км;
- $6.7 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (33 %) – 2,55 км;
- $7 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (35 %) – 2,75 км;
- $8 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (40 %) – 3,2 км;
- $10 \text{ мм}\cdot\text{h}^{-1}$ (50 %) – 4,1 км.

Therefore, for example, if Λ values in SOI NNEGC 023:2014 [15] will be reduced three-fold for the scenario of steam generator cover breakaway, one can obtain results comparable with current sizes of SPZ of SUNPP. Such a decrease means, in fact, an assumption that for the considered DBA scenario only rain can occur, which, according to different classifications, is pouring or even moderate. It should remember again that VBVM NPP [12] actually requires non-exceeding criteria mentioned in it at all conditions (including weather conditions) and their possible combination. Thus, the question of the justification of such a change in SOI NNEGC 023:2014 [15] and the possibility of its application remains open.

The above example with the manipulation of Λ value (which corresponds to the rate of precipitation possible during DBAs, and which influence on the final result is one of the highest among the parameters in SOI NNEGC 023:2014 [15]) demonstrates how changing the values of the parameters can be used to substantially change obtained results. This can be a source of some speculation regarding changing Λ value in SOI NNEGC 023:2014 [15] (as well as values of other parameters) to obtain results that can be used to justify the necessity to change the sizes of SPZ.

розмірів СЗЗ. Однак будь-які зміни існуючих СЗЗ АЕС навряд чи можна вважати дійсно обґрунтованими. Збільшення розмірів СЗЗ безперечно призведе до необхідності відселення деяких населених пунктів навколо АЕС (у першу чергу, міст-супутників АЕС), адже за ЗУ №39/95-ВР [1] (і це повторюється у НРБУ-97 [5], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [4]) проживання населення у СЗЗ забороняється. Зменшення розмірів СЗЗ суттєво послабить забезпечення аварійної готовності і реагування, яке є п'ятим рівнем у стратегії глибокоешелюваного захисту. При цьому СЗЗ є не лише засобом неперевищення певних критеріїв при проектних аваріях, але й важливим буфером для захисту населення при запроектованих аваріях (як для зниження можливих доз опромінення, так і для збільшення часу, необхідного для аварійних заходів). У такій ситуації видається слушним залишити розміри існуючих СЗЗ АЕС без змін.

ОБГОВОРЕННЯ

Із розгляду, наведеного у попередньому розділі, випливає, що санітарно-захисна зона АЕС у законодавстві України трактується і використовується як територія:

- де рівень опромінення людей може перевищити квоту ліміту дози для населення (принаймні для умов нормальної експлуатації) і де проживання населення забороняється (за ЗУ №39/95-ВР [1], НРБУ-97 [5], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [4]);
- яка є елементом забезпечення аварійної готовності і реагування (за ЗПБУ-2008 [4], ВБВМ АС [13] і СОУ НАЕК 023:2014 [16]), що гарантує неперевищення критеріїв введення невідкладних контрзаходів при проектних аваріях на своїй межі та за її межами, тобто є певним аналогом аварійних зон, як їх визначають документи МАГАТЕ [10, 11].

Таке багатоцільове навантаження на СЗЗ призводить до деяких проблем одночасного повноцінного виконання нею усіх покладених на неї функцій. Для вирішення цих проблем слід виокремити «протиаварійні» аспекти і винести їх з вимог до СЗЗ, наділивши ними інші («аварійні») зони, як це передбачається документами МАГАТЕ [10, 11].

Як відомо, в межах Договору про євроінтеграцію, Україна планує імплементацію регулюючих вимог Євросоюзу. З появою нових Міжнародних основних норм безпеки МАГАТЕ «Радіаційний захист та безпека джерел випромінювання: Міжнародні основні норми безпеки» [19] та нової директиви Європейської комісії Council Directive 2013/59/Euratom від 5 грудня 2013 року [20] це означає необхідність повно-

However, any changes in existing SPZ NPP unlikely can be considered as really justified. Increasing the sizes of SPZs undoubtedly lead to the need for resettlement of some settlements around NPPs (first of all, satellite towns of NPPs), because according to ZU 39/95-VR [1] (and it is repeated in NRBU-97 [5], OGPU [2] and ZPBU-2008 [4]) habitation of the population in SPZ is prohibited. Reducing the sizes of SPZs significantly attenuates the provision of emergency preparedness and response, which is the fifth level of defence in depth strategy. Besides, SPZ is not only a means of non-exceeding of certain criteria under design basis accidents, but also it is an important buffer for the protection of the public under beyond design basis accidents (to reduce possible doses as well as to increase the time necessary for emergency actions). In this situation, it is reasonable to keep the sizes of the existing SPZ NPP unchanged.

DISCUSSION

As seen above in previous section, sanitary protective zone of NPP in Ukrainian legislation is interpreted and used as a territory:

- where the level of exposure can exceed the quota of dose limit to the public (at least under normal conditions of operation), and where the residence of population is prohibited (under ZU 39/95-VR [1], NRBU-97 [5], OGPU [2], and ZPBU-2008 [4]);
- that is an element of ensuring emergency preparedness and response (under ZPBU-2008 [4], VBVM NPP [12] and SOI NNEG 023:2014 [15]), that ensures non exceeding the criteria for the introduction of emergency protective actions under design basis accidents at and beyond its boundaries, i.e. it is a certain analogue of emergency zones as defined by the IAEA documents [10, 11].

Such a multipurpose load on SPZ leads to some problems with simultaneous full-fledged performing of all its functions. To solve these problems, it is necessary to distinguish «emergency» aspects and take out them from the requirements for SPZ, giving them to other («emergency») zones, as it provided by the IAEA documents [10, 11].

As is well known, within the Treaty on European integration Ukraine is planning to implement the regulatory requirements of the European Union. With new «Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards» [19] of the IAEA and new EU Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 [20] that means the necessity for a full-scale review of

масштабного перегляду законодавства України, в тому числі стосовно зон довкола радіаційно-ядерних об'єктів та аварійної готовності і реагування.

У зв'язку з вищевикладеним пропонуються такі зміни (на додаток до змін, запропонованих у [21]) у законодавчих і нормативних документах (при згадуванні документів маються на увазі діючі документи або документи, що будуть випущені їм на заміну):

- ввести у законодавстві України поняття аварійних зон: «зона планування термінових захисних заходів» (urgent protective action planning zone) і «зона попереджувальних заходів» (precautionary action zone) відповідно до визначень у [10, 11];
- у положеннях документів, що стосуються аварійної готовності і реагування, замість СЗЗ використовувати відповідні аварійні зони (у т. ч., у ЗУ №39/95-ВР [1], ЗПБУ-2008 [4], ВБВМ АС [12]);
- документ СОУ НАЕК 023:2014 [16] і його методологію використовувати не для визначення розмірів СЗЗ, а для визначення розмірів аварійних зон, змінивши відповідним чином його назву;
- залишити розміри СЗЗ АЕС у поточному стані (2,5 і 2,7 км).

Імплементация зазначених положень дозволить не тільки вирішити проблеми із зонуванням довкола АЕС та інших радіаційно-ядерних об'єктів, але й гармонізувати законодавство України з регулюючими вимогами Євросоюзу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 2 лютого 1995 року N39/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. - Офіц. вид. - 1995. - № 12. - Ст. 81.
2. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Державні санітарні правила // Офіційний вісник України. - Офіц. вид. - 2005. - № 23. - Ст. 1322.
3. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-88). ПНАЭ, Г, направление 2. - М., 1988. - 109 с.
4. Загальні положення безпеки атомних станцій // Офіційний вісник України. - Офіц. вид. - 2008. - № 9. - Ст. 226.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. - К. : [б. в.], 1998. - 198 с.
6. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання : Закон України від 14 січня 1998 року N15/98-ВР // Відомості Верховної Ради України. - Офіц. вид. - 1998. - № 22. - Ст. 115.
7. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)». - М., 2010. - 81 с.
8. Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 січня 2016 р. № 94-р

Ukrainian legislation, including the requirements regarding the zones around radiation and nuclear facilities and emergency preparedness and response.

In view of the above-stated, the following changes (in addition to proposed in the [21]) in legislative and regulatory documents are proposed (at the mention of the documents it is implied existing documents or documents to be produced to replace them):

- to introduce into the Ukrainian legislation the concept of emergency zones: «urgent protective action planning zone» and «precautionary action zone» in accordance with the definitions in [10, 11];
- to use «precautionary action zone» instead of SPZ in the provisions of documents relating to the emergency preparedness and response (including ZU 39/95-VR [1], ZPBU-2008 [4], VBVM NPP [12]);
- to use SOI NNEGС 023:2014 [15] and its methodology not for determining the SPZ size but for determining the sizes of «precautionary action zones», changing its name accordingly;
- to keep the SPZ sizes of NPPs in the current state (2.5 and 2.7 km).

The implementation of these provisions will not only solve the problem of zoning around NPPs and other radiation and nuclear facilities but also will harmonize Ukrainian legislation with the EU regulatory requirements.

REFERENCES

1. [On use of nuclear power and radiation safety. The Law of Ukraine No. 39/95-VR (February 2, 1995)]. The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVRU). 1995;(12):Art. 81. Ukrainian.
2. [Basic sanitary rules for radiation protection of Ukraine. State sanitary rules]. The Official Bulletin of Ukraine. 2005;(23):Art. 1322. Ukrainian.
3. [Sanitary rules for design and operation of nuclear power plants (SR NPP-88). RSAE, H, direction 2]. Moscow; 1988. 109 p. Russian.
4. [General safety regulations of nuclear power plants]. The Official Bulletin of Ukraine. 2008;(9):Art. 226. Ukrainian.
5. [Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97). State hygiene standards]. Kyiv: [s. n.]; 1998. 198 p. Ukrainian.
6. [On protection of a human against exposure to ionizing radiation. The Law of Ukraine No. 15/98-VR (January 14, 1998)]. The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVRU). 1998;(22):Art. 115. Ukrainian.
7. [Sanitary rules and regulations SR 2.6.1.2612-10 «Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB 99/2010)»]. Moscow; 2010. 81 p. Russian.
8. [On recognition of the sanitary legislation acts as stale and not applicable in the territory of Ukraine. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 94-r (January 20, 2016)]. The Official Bulletin of Ukraine. 2016;(16):Art. 658. Ukrainian.

- // Офіційний вісник України. - Офіц. вид. - 2016. - № 16. - стор. 271, стаття 658.
9. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами» (СПОРО-85). СанПиН 42 129 11-3938-85. - М., 1986. - 89 с.
 10. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 2015. - 102 p. - (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GSR part 7).
 11. Arrangement for preparedness for a nuclear or radiological emergency. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 2007. - 72 p. - (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GS-G-2.1).
 12. Про затвердження Вимог з безпеки до вибору майданчика для розміщення атомної станції : наказ, Вимоги від 07.04.2008 № 68 / Держатомрегулювання України // Офіційний вісник України. - Офіц. вид. - 2008. - № 39. - Ст. 1315.
 13. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів : наказ від 19.06.1996 № 173 / Міністерство охорони здоров'я України [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96/print1467636337599372>.
 14. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). - Ленинград : Гидрометеоздат, 1987. - 68 с.
 15. Забезпечення радіаційної безпеки. Порядок встановлення розмірів санітарно-захисної зони АЕС. СОУ НАЕК 023:2014. - Київ : ДП «НАЕК «Енергоатом», 2014. - 37 с.
 16. Виконання експертизи технічних звітів ТОВ «ІПЕ АЕС», розроблених у межах договору № 1НТ.1217-14 від 12.12.2014 р. : звіт про НДР / АТ «НДІ РЗ АТН України». - Київ, 2016. - 93 с.
 17. Центральна геофізична обсерваторія. У столиці встановлено новий рекорд по опадах [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full& p=1&f=news-cgo&val=2016-05-16-07-52-46&ko=20
 18. Центральна геофізична обсерваторія. Літні зливи нарешті дійшли до столиці [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full& p=1&f=news-cgo&val=2016-10-10-09-03-55&ko=
 19. Radiation protection and safety of radiation sources : international basic safety standards. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. - 436 p. - (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GSR, Pt 3).
 20. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation // Official Journal of the European Union. - 2014. - Vol. 57. - P. 1-73.
 21. Бончук Ю. В. Радіаційно-гігієнічні принципи обґрунтування розмірів і функціонування зон спостереження АЕС / Ю. В. Бончук // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. - 2015. - Вип. 20. - С. 25-41.
 9. [Sanitary rules for radioactive waste management (SRRAW-85). SanR&S 42 129 11-3938-85]. Moscow; 1986. 89 p. Russian.
 10. International Atomic Energy Agency. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GSR part 7). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2015. 102 p.
 11. International Atomic Energy Agency. Arrangement for preparedness for a nuclear or radiological emergency. (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GS-G-2.1). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2007. 72 p.
 12. [On approval the safety requirements for site selection for the placement of a nuclear power plant. Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine No 68 (April 7, 2008)]. The Official Bulletin of Ukraine. 2008;(39):Art. 1315. Ukrainian.
 13. [On approval the State sanitary rules of planning and building of settlements. Order of the Ministry of Health of Ukraine No 173 (June 19, 1996)]. [Electronic resource]. Available from : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96/print1467636337599372>. Ukrainian.
 14. [The methodology for calculation the air concentration of harmful substances contained in industrial releases (OND-86)]. Leningrad; Hydrometeoizdat; 1987. 68 p. Russian.
 15. SE «NNEGC «Ergoatom» [Radiation safety. The procedure for the establishment of sizes of the sanitary protective zone of NPP. SOI NNEGC 023:2014]. Kyiv: SE «NNEGC «Ergoatom»; 2014. 37 p. Ukrainian.
 16. JSC Ukrainian Radiation Protection Institute. [Implementation of the expertise of technical reports of «IOS NPP» Ltd, developed under contract №1НТ.1217-14 from 12.12.2014]. Report. Kyiv; 2016. 93 p. Ukrainian.
 17. Central Geophysical Observatory [New record for precipitation was established in the capital]. [Electronic resource]. Available from : http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full& p=1&f=news-cgo&val=2016-05-16-07-52-46&ko=20. Ukrainian.
 18. Central Geophysical Observatory [Summer showers finally came to the capital]. [Electronic resource]. Available from : http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full&p=1&f=news-cgo&val=2016-10-10-09-03-55&ko=. Ukrainian.
 19. International Atomic Energy Agency. Radiation protection and safety of radiation sources : international basic safety standards. (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GSR, Pt 3). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2014. 436 p.
 20. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation. Official Journal of the European Union. 2014;57:1-73.
 21. Bonchuk Iu. [Radiation and hygienic principles for substantiation of sizes and functioning of observation areas of NPPs]. Probl Radiac Med Radiobiol. 2015;(20):25-41.