

К. В. Грибан, В. И. Богорад, А. В. Носовский,  
А. Ю. Слепченко

Государственный научно-технический центр по ядерной  
и радиационной безопасности, г. Киев, Украина

## Состояние проблемы зонирования территории вокруг АЭС

Приведены принципы установления санитарно-защитной зоны, зоны наблюдения и зон аварийного планирования в разных странах. На основе рассмотренных требований и принципов определения границ санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения АЭС показана необходимость подтверждения существующих или определения новых размеров санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения в соответствии с требованиями нормативных документов Украины. Рассмотрено состояние проблемы по установлению зон аварийного планирования вокруг АЭС согласно рекомендациям МАГАТЭ.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, зона наблюдения, АЭС, Emergency planning zone, фактор метеорологического разбавления.

К. В. Грибан, В. І. Богорад, А. В. Носовський, О. Ю. Слепченко

### Стан проблеми щодо зонування території навколо АЕС

Наведено принципи встановлення санітарно-захисної зони, зони спостереження та зон аварійного планування в різних країнах. На підставі розглянутих вимог і принципів визначення меж санітарно-захисної зони та зони спостереження АЕС показано необхідність підтвердження існуючих або визначення нових розмірів санітарно-захисної зони і зони спостереження відповідно до вимог нормативних документів України. Розглянуто стан проблеми щодо встановлення зон аварійного планування навколо АЕС згідно з рекомендаціями МАГАТЭ.

Ключові слова: санітарно-захисна зона, зона спостереження, АЕС, Emergency planning zone, фактор метеорологічного розбавлення.

© К. В. Грибан, В. И. Богорад, А. В. Носовский, А. Ю. Слепченко, 2015

Политика разных стран в области обеспечения безопасности ядерной энергетики базируется на национальных законах и нормативных документах, направленных на защиту здоровья и жизни людей, охрану окружающей среды, защиту собственности и призванных содействовать укреплению международного режима безопасности при использовании атомной энергии.

В настоящее время в мире эксплуатируется 438 энергоблоков общей электрической мощностью 374,3 ГВт [1], что составляет около 15 % установленной электрогенерирующей мощности в мире. Во всех странах вопросы безопасности АЭС являются приоритетными для эксплуатирующей организации и регулирующего органа. После аварии на японской АЭС «Фукусима-1» в 2011 году мировым сообществом была инициирована внеплановая целевая переоценка безопасности блоков АЭС. Детальная проверка всех уровней глубокоэшелонированной защиты включала как оценку способности системы физических барьеров не допустить распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду, так и достаточность организационно-технических мероприятий, направленных на защиту населения. Одним из таких мероприятий по аварийной готовности и реагированию в Украине является установление научно обоснованного размера санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения АЭС.

В действующих нормативных документах Украины [2] понятия санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения определяются следующим образом.

**Санитарно-защитная зона (СЗЗ)** — территория вокруг АЭС, в рамках которой запрещено проживание населения и ведение хозяйственной деятельности. Ее размеры устанавливаются проектной документацией в соответствии с государственными нормативными документами.

Эта зона была введена при строительстве первых атомных энергоблоков в Советском Союзе как дополнительный барьер, взятый из практики эксплуатации химических предприятий, отделяющий атомную станцию от жилых застроек [3].

**Зона наблюдения (ЗН)** — территория, на которой возможно влияние радиоактивных выбросов АЭС и где осуществляется радиационный мониторинг. Ее размеры устанавливаются проектной документацией в соответствии с государственными нормативными документами.

Для каждой АЭС в соответствии с требованиями [2] должны быть определены размеры СЗЗ и ЗН, причем с учетом полной мощности блоков АЭС и с учетом прогнозных оценок радиационной обстановки в районе размещения АЭС при ее длительной эксплуатации. Размеры СЗЗ и ЗН должны ограничить радиационное воздействие АЭС на население при нормальной эксплуатации, при нарушениях нормальной эксплуатации, при проектных и за проектных авариях.

В странах Европы и США для каждой АЭС на стадии проектирования устанавливаются так называемые *Emergency planning zones* — зоны аварийного планирования, т. е. территории, для которых предусматриваются меры по предотвращению влияния на население радиоактивных выбросов в процессе аварии. В рекомендациях МАГАТЭ [4] эти зоны определены следующим образом:

**зона предупредительных действий (precautionary action zone)** — территория вокруг объекта, для которой предусмотрено проведение срочных защитных мероприятий в случае ядерной или радиационной аварии с целью снижения риска серьезных детерминистических эффектов для здоровья населения за пределами площадки. Защитные

мероприятия в пределах этой территории должны быть проведены сразу после выброса радиоактивных веществ в атмосферу либо возникновения ситуации облучения с учетом преобладающих условий на объекте;

*зона планирования срочных защитных действий* (urgent protective action planning zone) — территория вокруг объекта, для которой предусмотрено проведение срочных защитных мероприятий в случае ядерной или радиационной аварии с целью предотвращения или снижения облучения за пределами площадки в соответствии с международными стандартами безопасности. Защитные мероприятия в пределах этой территории должны проводиться с учетом данных мониторинга окружающей среды либо с учетом созданных условий на объекте.

В Германии при установлении границ аварийных зон вокруг АЭС учитываются возможные способы защиты населения в случае нарушения нормальной эксплуатации станции [5]. При этом Комиссия по радиологической защите Германии рекомендует окружающую территорию разбить на такие области:

- центральную зону аварийного планирования;
- среднюю зону аварийного планирования;
- внешнюю зону аварийного планирования;
- всю остальную территорию Германии.

Размеры каждой зоны аварийного планирования (йодная профилактика, укрытие, эвакуация, время проведения контрмер) устанавливаются в соответствии с требованиями нормативных актов Германии.

Центральная зона — круг радиусом до 5 км от реакторной установки. В этой зоне планируется полная эвакуация всего населения в течение 6 ч с момента уведомления компетентных органов об аварии на АЭС.

Средняя зона окружает центральную зону, ее радиус составляет около 20 км. Запланированная эвакуация должна быть проведена в течение 24 ч после уведомления компетентных органов об аварии на АЭС. Таблетки йодида калия (КИ) с целью проведения йодной профилактики должны быть распределены среди населения в течение 12 ч.

Внешняя зона окружает среднюю зону, ее внешние границы достигают 100 км от реакторной установки. В этой области планирования должен быть проведен контроль радиологической обстановки с целью определения необходимости дальнейших контрмер.

В США для заранее запланированной стратегии защитных действий при чрезвычайных ситуациях выбирают две зоны аварийного планирования вокруг каждой атомной электростанции. Точный размер и форма каждой зоны являются результатом детального планирования с учетом конкретных метеоусловий в каждом месте, уникальных географических особенностей района и демографической информации [6]. Радиус внутренней зоны — около 10 миль вокруг площадки реактора. Для этой зоны разрабатываются планы защитных мероприятий, которые предназначены для снижения возможного воздействия от радиоактивных выбросов и, в зависимости от ситуации, включают укрытие, эвакуацию и йодную профилактику.

Радиус зоны радиационного контроля — около 50 миль от реакторной установки. Для этой зоны заранее подготовлены планы защитных действий по снижению радиационного воздействия на население, в том числе запрет на потребление местных продуктов питания и вод.

В Российской Федерации в настоящее время действуют правила по установлению размеров СЗЗ и ЗН, аналогичные тем, которые действовали в СССР. Размеры

санитарно-защитной зоны для большинства АЭС Российской Федерации были определены радиусом в 3 км, а в некоторых случаях — 5 км. В правила внесены изменения, связанные с необходимостью проведения расчетов с учетом конкретных метеоусловий для каждой площадки АЭС, географических особенностей района, демографической информации. Современная законодательная и нормативная база Российской Федерации позволяет пересмотреть размеры СЗЗ и в некоторых случаях даже ограничить их пределами промышленной площадки АЭС [3]. Кроме того, в Российской Федерации пересмотрены размеры квот радиационного воздействия АЭС на население при нормальной эксплуатации за пределами санитарно-защитной зоны. В СП АС-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций» для действующих АЭС квота на облучение населения установлена равной 250 мкЗв/год, для проектируемых и строящихся АЭС — 100 мкЗв/год. Указанные квоты устанавливаются для ограничения суммарного облучения населения от радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферу и жидких сбросов в поверхностные воды для АЭС в целом независимо от числа энергоблоков на промышленной площадке.

В Украине размеры зоны наблюдения визначально устанавливались для режима нормальной эксплуатации энергоблока АЭС. После введения в действие в 2012 году НП 306.2.173-2011 «Вимоги щодо визначення розмірів і меж зони спостереження атомної електричної станції» [7] акценты в определении размеров зоны наблюдения смещаются с режима нормальной эксплуатации энергоблоков АЭС на случаи запроектных аварий. Контроль за параметрами окружающей среды необходим на той территории вокруг АЭС, которая в случае аварии может подвергнуться радиационному воздействию, требующему проведения таких неотложных контрмер, как эвакуация и йодная профилактика.

Размер СЗЗ до введения в действие документа СОУ НАЭК 023:2013 «Порядок встановлення розмірів санітарно-захисної зони АЕС» устанавливался таким образом, чтобы при нормальной эксплуатации не превышалась квота лимита дозы от газо-аэрозольного выброса АЭС, а именно: годовая эффективная доза облучения населения за счет всех путей формирования дозы от газо-аэрозольного выброса АЭС за пределами СЗЗ не должна превышать 40 мкЗв.

После введения в действие стандарта СОУ НАЭК 023:2013 подход к установлению размеров СЗЗ изменился. В документе установлено, что при проектных авариях дозы облучения населения на границе СЗЗ и за ее пределами не должны превышать следующих уровней:

- а) эффективная доза: дети — 10 мЗв; взрослые — 20 мЗв;
- б) доза облучения щитовидной железы: дети — 100 мЗв; взрослые — 300 мЗв;
- в) доза облучения кожи: дети — 300 мЗв; взрослые — 500 мЗв.

Это означает, что требования к размерам СЗЗ и ЗН стали жестче, а раз так, то и их оценка с целью подтверждения или необходимости увеличения становится актуальной на сегодняшний день задачей.

Вторая не менее актуальная задача связана с определением *зон аварийного планирования*. Если следовать рекомендациям МАГАТЭ, таких зон должно быть как минимум две: это зона предупредительных действий (precautionary action zone) и зона планирования срочных защитных действий (urgent protective action planning zone).

Для подтверждения или установления новых размеров СЗЗ и ЗН необходимы исходные данные только

об источнике выброса. Далее задача может быть решена путем применения расчетных кодов или методик по оценке радиационных последствий от аварийных выбросов АЭС. Вопрос выбора методов вычислений стоит отдельно. В обосновании безопасности АЭС для проектных аварий до последнего времени был принят подход, основанный на оценках, получаемых в соответствии с моделью атмосферной диффузии Пасквилла—Гиффорда — одной из наиболее консервативных моделей переноса примеси в атмосфере на близкие расстояния [8]. Примером программной реализации данной модели является компьютерный код HotSpot. При этом требования, в соответствии с которыми проводились вычисления для обоснования безопасности АЭС, относились только к внешнему облучению и облучению щитовидной железы детей [9]. Как было сказано, подход к установлению размеров СЗЗ изменился в сторону ужесточения. Насколько «старые» размеры СЗЗ будут удовлетворять «новым» аварийным критериям, должно быть проверено.

В связи с этим для обоснования размеров СЗЗ необходимо использовать более реалистические модели атмосферного переноса, учитывающие более тонкие физические процессы. Одной из компьютерных систем, реализующих такие модели, является система JRODOS. На рис. 1 в качестве примера приведены (в относительных единицах) результаты расчетов радиационных последствий при одинаковых погодных условиях, продолжительности и величине выброса, выполненных для одной из украинских АЭС с помощью программного кода HotSpot и системы JRODOS.

Как видим, в зависимости от выбранного метода расчетов размеры СЗЗ могут значительно отличаться, особенно на близких расстояниях (практически одинаковые результаты после 50 км). При этом система JRODOS дает существенно меньший результат (т. е. рассчитанные с ее помощью размеры СЗЗ станут намного меньше) и при этом более реалистичный с точки зрения заложенных в него математических моделей. Этот код позволяет прогнозировать широкий спектр параметров: от концентрации радионуклидов в воздушной среде, величины выпадений (в том числе на водосборы), транспорта радионуклидов водными потоками и их миграции в сельскохозяйственную продукцию до расчетных доз внутреннего и внешнего облучения населения.

Таким образом, можно ожидать, что методология переоценки размеров СЗЗ и ЗН с использованием современных кодов может оказаться достаточно эффективной как с целью подтверждения существующих размеров СЗЗ и ЗН

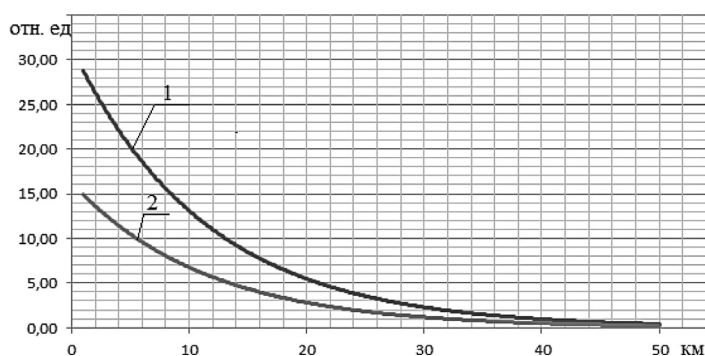


Рис. 1. Результаты сравнительных расчетов радиационных последствий от выброса, полученных с помощью различных расчетных кодов: 1 — Hotspot; 2 — JRodos

для работающих блоков, так и с целью определения этих размеров для вновь строящихся.

Если в документе [7] приведены критерии для принятия решений по размерам СЗЗ и ЗН и методы проведения необходимых вычислений, то задача по установлению зон аварийного планирования для проведения срочных защитных мероприятий на сегодняшний день имеет ряд неопределенностей.

Во-первых, не определены те из срочных защитных мероприятий, для которых будут установлены зоны аварийного планирования. В рамках терминологии НРБУ-97, рассматриваются четыре типа защитных мероприятий (эвакуация, укрытие, йодная профилактика и ограничение пребывания на открытом воздухе) и два уровня принятия решений: нижние границы оправданности для неотложных контрмер по предотвращенной дозе и уровни безусловной оправданности. В Германии, например, в качестве основной защитной меры принята эвакуация населения — мера, наиболее затратная и сложная с точки зрения ее организации. Если следовать логике НРБУ-97, в Украине должно быть две зоны предупредительных действий: зона возможной эвакуации и зона йодной профилактики. При этом если зона эвакуации должна рассчитываться на момент окончания выброса, то зона йодной профилактики — на момент его начала.

Во-вторых, поскольку размеры зон аварийного реагирования привязаны к критериям по предотвращенной дозе, важным фактором эффективности проведения защитного мероприятия является время, затраченное на его проведение. Параметр времени должен быть регламентированной величиной, согласованной с размером самой зоны аварийных мероприятий. Как отмечалось выше, в Германии регламентированное время эвакуации из зоны радиусом 5 км всего населения составляет 6 ч, а из зоны радиусом 20 км — 24 ч. Правда, пропорциональность времени эвакуации размеру зон, а не площади вызывает некоторые сомнения. Так или иначе, для обоснования размеров зон предупредительных мер величина такого параметра, как время, необходимое на осуществление мероприятия в терминах предотвращенной дозы, носит принципиальное значение.

## Выводы

Установление СЗЗ и ЗН вокруг АЭС Украины является элементом глубоководной защиты. Размеры зон могут быть определены на основании требований действующих нормативных документов. При этом наличие СЗЗ и ЗН не свойственно большинству стран, эксплуатирующих атомные реакторы.

Размеры зон аварийного планирования зависят от постулируемого выброса, типа защитного мероприятия, численного критерия необходимости проведения мероприятия и времени его полного осуществления. Наличие таких зон хотя и свойственно большинству стран, эксплуатирующих атомные реакторы, не предусмотрено действующими в Украине нормами и правилами безопасности в атомной энергетике

Методы переоценки (установления) размеров различных зон вокруг АЭС с использованием современных кодов служат эффективным инструментом как подтверждения существующих размеров СЗЗ и ЗН для работающих блоков, так и определения размеров зон в соответствии с другими классификационными критериями.



## Список использованной литературы

1. Атомная энергетика по странам (общедоступная мультимедийная универсальная интернет-энциклопедия). [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная\\_энергетика\\_по\\_странам](https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_по_странам)
2. *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. — К. : Держ. ком. ядерного регулювання України, 2008. — 59с.
3. Переход к новому размеру санитарно-защитной зоны АЭС / А. А. Абагян, Е. А. Иванов, Н. М. Сорокин, А. В. Новиков, Л. А. Ильин, О. А. Кочетков // Атомная энергия. — М., 2006. — Т. 100, вып.6. — С. 458—465.
4. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency: safety guide / jointly sponsored by the Food and Agriculture Organization of the United Nations... [et al.]. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2002. — (Safety standards series, ISSN 1020–525X; no. GS-R-2), STI/PUB/1133, ISBN 92–0–116702–4.
5. Planning areas for emergency response near nuclear power plants: Recommendation by the German Commission on Radiological Protection. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.nuclear-transparency-watch.eu/wp-content/uploads/2014/10/planning-areas-GER.pdf>
6. Petition for rulemaking to improve emergency planning regulations (10 C.F.R. 50.47) / U.S. Nuclear regulatory commission before the NRC Staff. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.nirs.org/reactorwatch/emergency/petitionforrulemaking22012.pdf>
7. *НП 306.2.173–2011*. Вимоги щодо визначення розмірів і меж зони спостереження атомної електричної станції : Затвердж. наказом Держатомрегулювання України та МОЗ України від 07.11.2011 № 153/766; зареєстр. в М-ві юстиції України 24.11.2011 за № 1343/20081 // Офіційний вісник України. — 2011. — № 94. — Стор. 276. — Стаття 3444. — Код акту 59384/2011.
8. Гусев Н. Г. Радиоактивные выбросы в атмосфере : Справочник / Н. Г. Гусев, В. А. Беляев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1991. — 254 с.
9. *НРБУ-97*. Норми радіаційної безпеки України: Державні гігієнічні нормативи. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://ukraine.uapravo.net/data/akt604/>

## References

1. “Nuclear power by country”, available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_power\\_by\\_country](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_by_country).
2. *NP 306.2.141–2008*, General Safety Provisions for Nuclear Power Plants [Obschie polozhenia bezopasnosti atomnykh stantsii], State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, Kyiv (2008), 58 p. (Rus)
3. Abagyan, A. A., Ivanov, E. A., Sorokin, N. M., Novikov, A. V., Ilin, L. A., Kochetkov, O. A. (2006), Transfer to new size of the controlled area [Perekhod k novomu razmery sanitarno-zaschitnoi zony AES], *Atomnaya energiya*, Moscow, Vol. 100, Issue 6, pp. 458—465. (Rus)
4. *GS-R-2*, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Guide, IAEA, Vienna (2002).
5. “Planning areas for emergency response near nuclear power plants: Recommendation by the German Commission on Radiological Protection”, available at: <http://www.nuclear-transparency-watch.eu/wp-content/uploads/2014/10/planning-areas-GER.pdf>.
6. “Petition for rulemaking to improve emergency planning regulations (10 C.F.R. 50.47), U.S. Nuclear regulatory commission before the NRC Staff”, available at: <http://www.nirs.org/reactorwatch/emergency/petitionforrulemaking22012.pdf>.
7. *NP 306.2.173–2011*, Requirements for Determining the Sizes and Boundaries of Observation Areas of Nuclear Power Plants [Vy-mohy do vysnachennya rozmiriv and mezh zony sposterezheniya atomnoi elektrychnoi stantsii], *Ofitsiyni Visnyk Ukrainy* (2011), No. 94, 276 p. (Ukr)
8. Gusev, N.G., Belyaev, V.A., Radioactive Releases to Atmosphere: Handbook, 2<sup>nd</sup> edition [Radioaktivnye vybrosy v atmosphere: Spravochnik, 2-e izd.], *Energoatomizdat*, Moscow (1991), 254 p. (Rus)
9. *NRBU-97*, “Radiation Safety Standards of Ukraine. State Health and Safety Standards” [Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy: Derzhavni hihienichni normatyvy], available at: <http://ukraine.uapravo.net/data/akt604.> (Ukr)

Получено 04.02.2015.