

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В.В. Левенец, И.Л. Ролик, А.Г. Шепелев, О.В. Кривченко

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
Харьков, Украина*

*E-mail: levenets@kipt.kharkov.ua; тел. +38(057)335-68-29;
rolik@kipt.kharkov.ua; тел. +38(067)375-84-22*

Исследовано мировое применение методов оценки рисков в ядерной энергетике и оценки ее радиационной опасности. Изучена динамика информационных потоков по данным тематикам во времени, проанализированы распространенность их по странам мира, а также распределение публикаций применительно к разным стадиям ядерного топливного цикла. Произведен анализ видов и языков исследуемых работ.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие ядерной энергетики требует соблюдения жестких правил экологической безопасности. Сложность и многофункциональность производственных процессов на каждой из стадий ядерного энергетического комплекса (ЯЭК) приводят к использованию большого разнообразия методов оценки их опасности для человека и окружающей среды, что затрудняет процесс ее регулирования. Удовлетворить требования по определению качественных и количественных характеристик как производственных процессов, так и причиняемых ими негативных воздействий с получением легких для обработки и интерпретации результатов может риск-ориентированный подход (РОП). РОП в управлении безопасностью – это современная наукоемкая технология управления безопасностью общества. Он направлен на применение методов оценки рисков, позволяющих решать широкий спектр задач, которые связаны с оценкой технологических, экономических, социальных, экологических и других угроз различных производственных процессов.

В настоящее время методы оценки рисков официально приняты Агентством по защите окружающей среды, рекомендованы Всемирной организацией здравоохранения [1] и Программой Организации объединенных наций по окружающей среде [2], Международной комиссией по радиологической защите [3] и Международным агентством атомной энергетики (МАГАТЭ) [4]; они используются во многих ведущих странах мира. Их внедрением занимаются и страны СНГ (Россия, Казахстан, Узбекистан и др.). Украина также предпринимает попытки интеграции данных методических подходов в свое законодательное поле. Министерством охраны здоровья Украины утверждены методические рекомендации [5], в которых обобщены основные принципы использования методологии оценки риска и показаны примеры ее применения в практических исследованиях. Нормы радиационной безопасности Украины [6] также содержат пункт о применении оценки радиационных рисков. В 2015 г. разработан

стандарт, который развивает положения ISO 31010 [7] и дает руководство по выбору и применению систематических методов общей оценки риска и т. д.

В ЯЭК наиболее широко внедрен РОП в сфере управления безопасностью работы атомных электростанций (АЭС). Здесь в большинстве своем РОП направлен на предупреждение несчастных случаев и аварий на основе глубокого системного анализа производства с целью определения его рисков и способов их предупреждения. Своевременный переход на новые принципы управления безопасностью позволил существенно снизить нарушения в работе АЭС Украины (по данным Института проблем математических машин и систем НАНУ) (рис. 1).

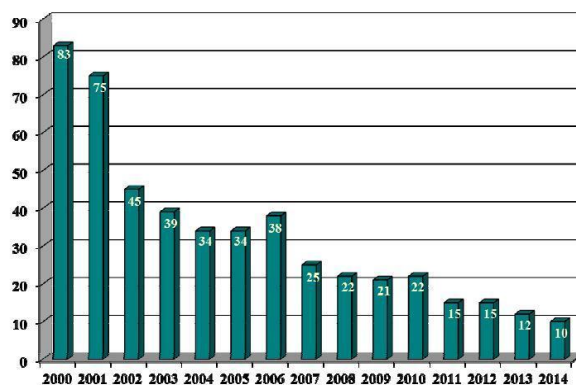


Рис. 1. Нарушения в работе АЭС Украины

Однако вопрос о широком внедрении и практическом применении методов оценки рисков в сфере исследований и регулирования безопасности ЯЭК Украины и их воздействия на окружающую среду и здоровье человека в настоящее время остается открытым.

Проведение наукометрического анализа информации о мировом использовании методов оценки рисков в ядерной энергетике позволит отразить приоритетность и перспективность их применения в ЯЭК Украины, чему и посвящена данная работа.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведено исследование динамики публикаций в области применения методов оценки рисков различных стадий ЯЭК в период 1995–2015 гг. в различных странах мира. Исследования проводились с использованием двух баз данных: «International Nuclear Information System» (INIS) и «Materials Science Citation Index» (MSCI). Также был произведен анализ видов (статьи, отчеты, книги, диссертации и др.) и языков публикаций.

Проанализированы следующие основные стадии ЯЭК:

- добыча, переработка сырья и производство топливных элементов (топливная стадия);
- работа АЭС;
- обращение с радиоактивными веществами (РАВ);
- обращение с отработанным ядерным топливом (ОЯТ).

Неотъемлемым условием функционирования любой из стадий ядерной энергетики является соблюдение ее радиационной безопасности. В связи с чем также был проведен поиск публикаций по исследованиям радиационной опасности ядерной энергетики. Это позволило отразить степень исследованности каждого элемента ЯТЦ в области обеспечения ее экологической безопасности и проанализировать динамику развития методов оценки рисков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

За последние 20 лет наблюдается четкая тенденция повышения количества работ, посвященных оценке радиационной опасности ядерной энергетики (рис. 2), что является естественным отражением процесса ее мирового развития и стремления мирового сообщества повышать ее экологическую безопасность. Общий прирост работ по оценке радиационной опасности ядерной энергетики составляет ~ 700%.

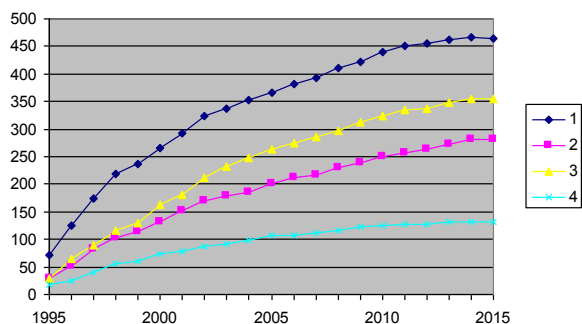


Рис. 2. Годовая динамика работ по оценке радиационной опасности элементов ЯЭК: 1 – топливная стадия; 2 – АЭС; 3 – РАВ; 4 – ОЯТ

Как видим, наибольшее внимание уделяется радиационной опасности топливной стадии ЯТЦ, что может быть связано с высоким уровнем исследованности данного вопроса и может вести к дальнейшему снижению интенсивности прироста работ в данной области. Несколько меньшим

количеством публикаций характеризуются стадии обращения с РАВ и работы АЭС, при этом вопросы радиационной опасности обращения с РАВ становятся все более актуальными, что вполне объясняется современной тенденцией их стремительного накопления. Менее всего представлены работы, посвященные радиационной опасности обращения с ОЯТ. Такая ситуация традиционно связана с наукоемкостью данного вопроса, огромным количеством неопределенностей технического, экономического, политического, социального и экологического характера.

Количество публикаций по применению методов оценки рисков ядерной энергетики на порядок выше (рис. 3). Общий прирост составляет ~ 1100%.

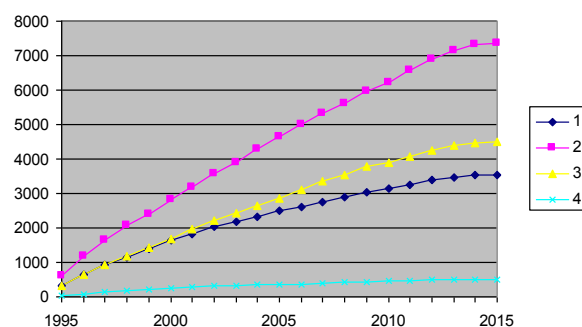


Рис. 3. Годовая динамика работ по оценке рисков элементов ЯЭК: 1 – топливная стадия; 2 – АЭС; 3 – РАВ; 4 – ОЯТ

Динамика публикаций для разных стадий ЯЭК также отличается. На первый план здесь выходят вопросы оценки рисков работы АЭС, что свидетельствует о широком применении РОП. Также наблюдаются: интенсивный прирост публикаций по оценке риска процессов обращения с РАВ, но меньший прирост работ по оценке риска дореакторной стадии ЯТЦ. Применение методов оценки рисков относительно обращения с ОЯТ характеризуется положительной, но не интенсивной динамикой.

Оценку радиационной опасности ЯЭК в разной степени проводят все ядерные страны мира и международные организации (МАГАТЭ, Организация мирового сотрудничества и развития агентства по ядерной энергетике (ОЭСР АЯЭ)) (рис. 4).



Рис. 4. Распределение публикаций по оценке радиационной опасности по странам

Доля украинских публикаций в данной области является незначительной, несмотря на ее лидирующие позиции в мире:

– по выработке атомной электроэнергии (МВт: США – 101465, Франция – 63130, Япония – 42388, РФ – 23643, Ю. Корея – 20710, Китай – 16890, Канада – 13500, Украина – 13107, Германия – 12068, Швеция – 9474 и др. [IAEA, 2014]);

– добыче и переработке урановой руды (т: Казахстан – 22574, Канада – 9332, Австралия – 6350, Нигер – 4528, Намибия – 4315, Россия – 3135, Узбекистан – 2400, США – 1835, КНР – 1450, Малави – 1132, Украина – 1075, ЮАР – 540 [WNA, 2013]);

– наличию больших объемов хранилищ отходов разной степени активности и существованию Чернобыльской проблемы.

При этом прослеживаемые украинские публикации посвящены только оценке радиационной опасности обращения с РАВ (рис. 5). Как видим, для других стран доля вклада в их работы по оценке радиационной опасности разных элементов топливного цикла существенно отличается, что должно отражать уровень развития каждого из них и восприятие обществом их потенциальных радиационных угроз.

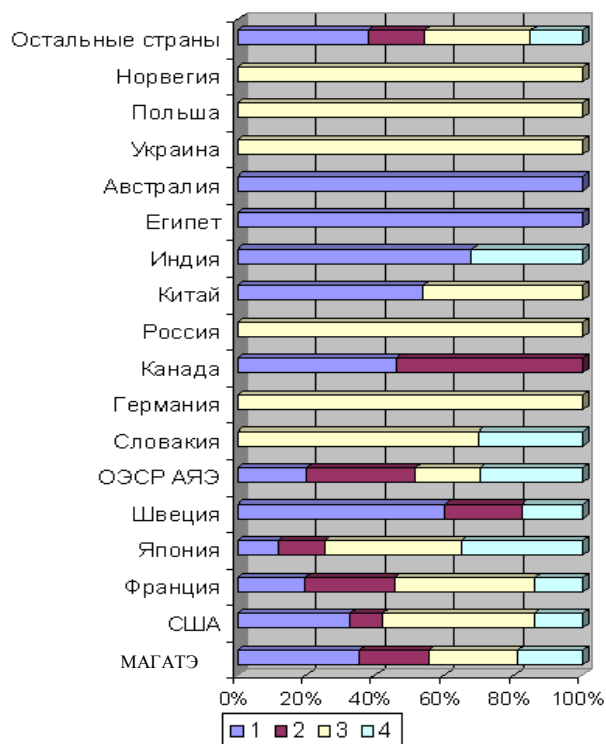


Рис. 5. Относительное распределение публикаций по оценке радиационной опасности по стадиям ЯТЦ: 1 – топливная стадия; 2 – АЭС; 3 – РАВ; 4 – ОЯТ

Публикации с применением методов оценки рисков ведущими ядерными странами (США, Франция, Япония) составляют еще большую степень по соотношению к вкладу других стран (рис. 6). При этом, несмотря на наличие украинских публикаций в области оценки радиационной опасности, издания с применением методов оценки

рисков в Украине не прослеживаются. И это при том, что РОП принят как основная концепция управления безопасностью АЭС в Украине [8].

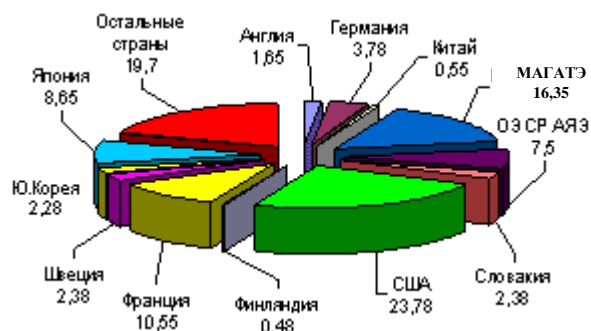


Рис. 6. Распределение публикаций по оценке рисков по странам

Доля внимания методам оценки рисков разных элементов топливного цикла разными странами также существенно различается (рис. 7), что определяется не только степенью развития каждого из них в конкретной стране, но и приоритетностью использования различных методов оценки безопасности.

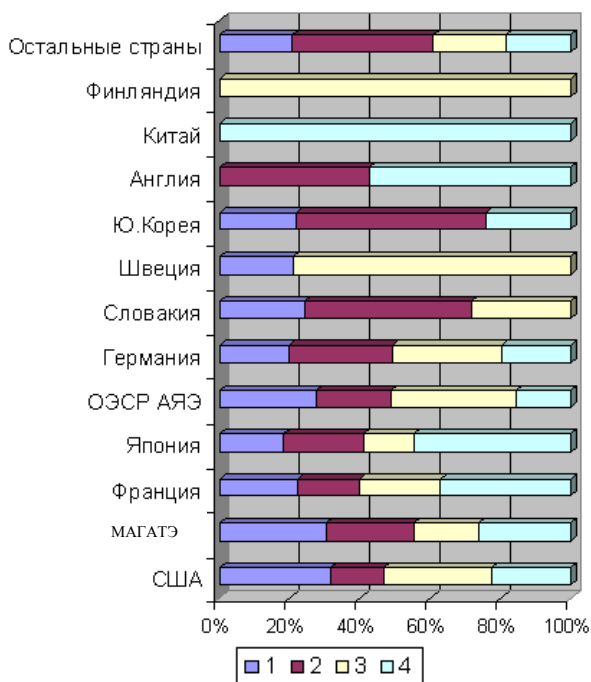


Рис. 7. Относительное распределение публикаций по оценке рисков по стадиям ЯТЦ: 1 – топливная стадия; 2 – АЭС; 3 – РАВ; 4 – ОЯТ

Данные работы опубликованы в большинстве своем на английском языке (рис. 8). Прослеживаются работы по оценке рисков на русском языке, несмотря на отсутствие выраженного вклада российских публикаций (см. рис. 6). Это может быть связано с публикацией данных работ в рамках международных организаций, что отражает попытки внедрения методологии оценки рисков ядерной энергетики в РФ.

Исследования экологической безопасности ЯЭК производятся организациями, обладающими

различными полномочиями и преследующими различные цели. Это и контролирующие структуры, и производители, и эксплуатирующие, и научно-исследовательские, и общественные организации и др.

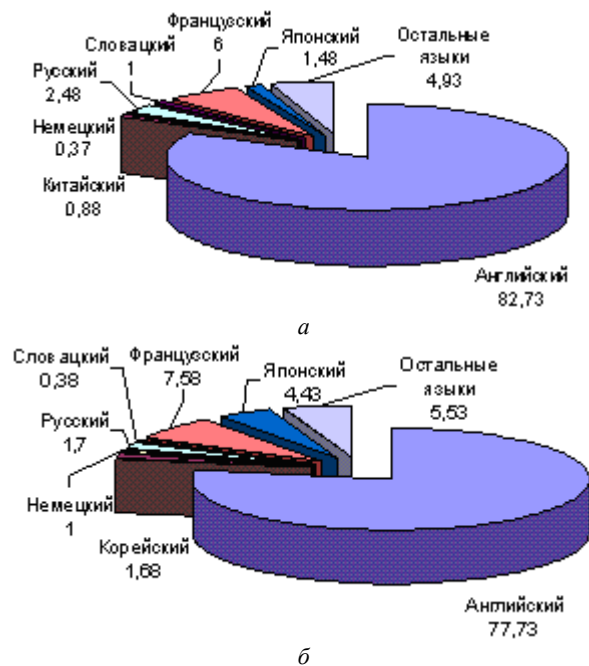


Рис. 8. Распределение языков публикаций по: а – радиационной опасности, б – оценке риска

Большинство опубликованных работ, посвященных затронутой теме, относится к отчетам упомянутых структур, также преобладают труды конференций (рис. 9). По применению оценки рисков больший процент имеют статьи и книги, что отражает становление четкого методического аппарата и разнообразие методических подходов в данной области.

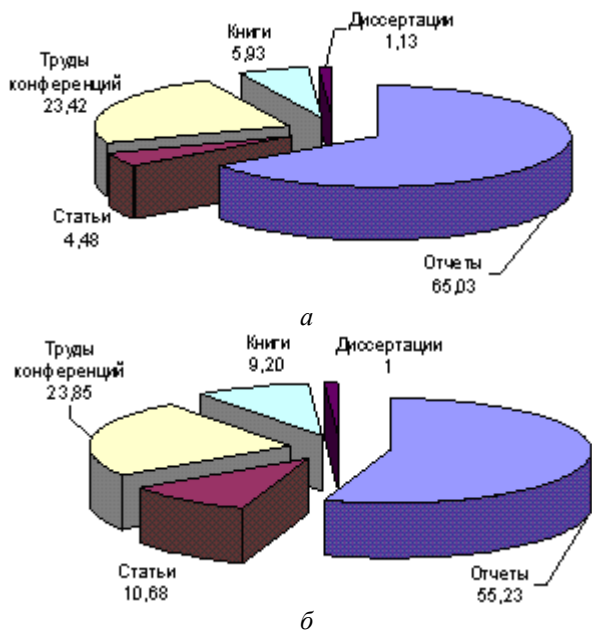


Рис. 9. Распределение языков публикаций по: а – радиационной опасности, б – оценке риска

ВЫВОДЫ

Последние 20 лет наблюдается значительный рост применения методов оценки рисков атомной энергетики ведущими ядерными странами мира, который существенно опережает работы по оценке радиационной опасности ЯТЦ. Это свидетельствует о бурном росте методического аппарата в области оценки рисков. Можно полагать, что данная тенденция сохранится и далее. РОП может использоваться на всех стадиях ЯЭК. В настоящее время наиболее широкое применение он нашел в области оценки безопасности АЭС. Значительный процент отчетов с применением методов оценки рисков и публикаций в трудах конференций свидетельствует об актуальности их применения, а рост книг и статей позволяет говорить о становлении методов оценки риска.

Таким образом, учитывая стремление интеграции Украины в мировое сообщество, необходимым является принципиальный переход на более высокие уровни и парадигмы безопасности. В связи с этим перспективным является внедрение методов оценки рисков для анализа и обеспечения экологической безопасности всех элементов ядерной энергетики Украины. А современные достижения по управлению безопасностью АЭС Украины, отвечающие мировым стандартам, могут быть основой алгоритма проведения реформы с целью существенного улучшения техногенно-экологической безопасности в государстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. EC. Commission of the European Communities. Chemical Risk Control. DGXI. Office for official publications of the European Communities. Luxembourg, 1994.
2. WHO/IPCS. Environmental Health Criteria 210: Principles for the Assessment of Risks to Human Health from Exposure to Chemicals. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1999.
3. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ): Пер с англ. / Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.
4. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115. Vienna: IAEA, 1996.
5. МР «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». Київ: МОЗ України. Наказ №184 від 13.04.2007.
6. «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)». Київ, 1997, 127 с.
7. ДСТУ ІЕС/ІСО 31010:2013 (ІЕС/ІСО 31010:2009, ІДТ). Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. Київ: «Мінекономрозвитку України», 2015.
8. Розпорядження КМУ «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» від 23.01.2014, №37 р.

Статья поступила в редакцию 13.07.2016 г.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ РИЗИКІВ У ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

В.В. Левенець, І.Л. Ролік, А.Г. Шепелев, О.В. Кривченко

Досліджено світове застосування методів оцінки ризиків в ядерній енергетиці та оцінки її радіаційної небезпеки. Простежено динаміку інформаційних потоків за даними тематиками в часі, проаналізовано їх розповсюдженість по країнах світу, а також розподіл публікацій щодо різних стадій ядерного паливного циклу. Проведено аналіз видів та мов досліджуваних робіт.

APPLICATION OF RISK ASSESSMENT METHODS IN NUCLEAR ENERGY

V.V. Levenets, I.L. Rolik, A.G. Shepelev, O.V. Krivchenko

The application of risk assessment and radiation hazards of nuclear energy in the world was investigated. The dynamics of information flows in time on these topics was study, their prevalence by countries analyzed. The distribution of publications in relation to different stages of the nuclear fuel cycle analyzed, too. The analysis of types and languages of works that investigates was accomplished.