

## **Оценка ущерба населению, проживающему вокруг атомной электростанции, в результате воздействия радиоактивных веществ на примере Ростовской АЭС**

*А.А. Гриднев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Актуальность работы**

В настоящий момент проблема оценки рисков на сложных технологических объектах стоит особенно остро. В данной работе представлен расчет ущерба населению, проживающему вокруг атомной электростанции, на примере Ростовской АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000. Проблеме оценок показателей риска особо опасных объектов (в частности, АЭС) посвящены труды как отечественных, так и зарубежных ученых. Однако подавляющее большинство исследований в этой области посвящено таким проблемам, как:

- Физика и кинетика ядерных реакторов;
- Теория надежности;
- Анализ безопасности;
- Оценки риска.

Задача расчета ущерба населению в трудах этих авторов не была исследована.

В 2004 году приказом Министра МЧС России № 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» [1] был утвержден типовой паспорт безопасности опасного объекта [2]. На его основании тогда же был разработан Типовой паспорт безопасности критически важного (опасного) объекта Росатома (далее – паспорт безопасности).

В соответствии с требованиями раздела II [2], необходимо проводить работы по оценке риска критически важных (опасных) объектов Росатома и оценке риска АЭС. В настоящее время существуют многочисленные оценки экологического риска, риска технологических аварий, иных рисков (политических, финансовых и т.п.) применительно к сложным техническим объектам, основанные на предположительно соблюдаемых нормах безопасности эксплуатации таких объектов с учетом вероятностей возникновения тех или иных сбоев. Однако именно анализ ущерба населению, проживающему вокруг АЭС, в результате воздействия радиоактивных веществ не проводился.

### **Цель работы**

Целью работы является оценка ущерба населению, проживающему вокруг Ростовской АЭС в результате воздействия радиоактивных веществ в кольцевом сегменте румба.

### **Научная новизна работы**

Научная новизна работы заключается в проведении оценки ущерба, нанесенного населению в результате наиболее опасной аварии на Ростовской АЭС в кольцевом сегменте румба.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Результаты оценок ущерба применяются при проведении оценок риска. В свою очередь результаты оценок риска используются для определения возможности и оценки риска возникновения аварии на АЭС

### **Литературный обзор**

Согласно [3], безопасность АЭС является одним из основных свойств АЭС, определяющих возможность их использования в качестве источников тепловой и электрической энергии.

4 ноября 2004 г. в МЧС России был подписан приказ № 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» [1]. В соответствии с [1] и на основе типового паспорта безопасности опасных производственных объектов был разработан паспорт безопасности [2].

Типовой паспорт безопасности [2] устанавливает основные требования к структуре, составу и оформлению паспорта безопасности опасного объекта (объектов) эксплуатирующих организаций. Он предназначен для разработки паспортов безопасности на АЭС.

В работах [3, 4] предлагается формула оценки ущерба населению в кольцевом сегменте румба, в результате воздействия радиоактивных веществ.

Федеральный закон [5] определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасности при работе предприятий, использующих атомную энергию, источники ионизирующих излучений, опасные химические вещества.

Отчет [6] содержит порядок проведения и предварительные результаты оценки риска Ростовской АЭС в соответствии с номенклатурой показателей риска и требованиями Типового паспорта безопасности критически важного (опасного) объекта Росатома [2], а также анализ результатов оценки риска.

Вопросы декларирования промышленной безопасности и развития методов оценки риска опасных производственных объектов раскрываются в [7].

В Федеральных законах [8, 9] вводятся понятия аварии и риска.

В статье [10] приводятся расчеты эффективных доз внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего вокруг АЭС в кольцевом сегменте румба.

### **Оценка ущерба населению, проживающему вокруг Ростовской АЭС в результате воздействия радиоактивных веществ**

Поскольку был принят федеральный закон Российской Федерации от 09 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [5], то особую важность приобрел вопрос обеспечения радиационной безопасности населения.

Согласно Федеральному закону № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [8], *авария* - это разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасных объектах (например, на АЭС), неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Согласно Федеральному закону № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [9], *риск* - это вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

Применительно к АЭС определение риска может быть сформулировано более компактно, а именно как «сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятного события». В узком смысле понятие «риск» можно определить, как «количественная оценка опасностей, частота одного события при наступлении другого» [3].

В данной главе проводится расчет доз внешнего и внутреннего облучения населения в кольцевом сегменте румба с учетом розы ветров. В работах [3, 4] предлагается формула оценки ущерба населению в кольцевом сегменте румба в результате воздействия радиоактивных веществ. На основе этой формулы проводится расчет доз внешнего и внутреннего облучения населения в кольцевом сегменте румба, с учетом розы ветров. Расчет проводится для энергоблока типа ВВЭР-1000 Ростовской АЭС.

### **Методический подход для оценки ущерба населению в кольцевом сегменте румба в результате воздействия радиоактивных веществ**

В работах [3, 4] предложена формула, при помощи которой стал возможен расчет экономического ущерба населению в кольцевом сегменте румба в результате воздействия радиоактивных веществ.

При равномерном распределении населения в кольцевом сегменте румба

$$L(R) = \frac{L_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} \cdot \frac{\int_0^R D_E(r) \cdot N_{1/8}(r) \cdot dr}{D_{E(year)}}, \quad (1)$$

где:  $L$  – ущерб, нанесенный населению в кольцевом сегменте румба;

$R, r$  – расстояние от АЭС;

- $L_{\Sigma}$  – общий ущерб от аварии;  
 $N_{\Sigma}$  – общая численность населения;  
 $D_E$  – годовая эффективная доза облучения населения в кольцевом сегменте румба, с учетом розы ветров;  
 $N_{1/8}$  – количество людей в румбе;  
 $D_{E(year)}$  – годовая эффективная доза облучения всего населения.

При дискретном распределении населения в кольцевом сегменте румба

$$L(R) = \frac{L_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^k D_{E(i)}(R) \cdot N_{1/8(i)}(R)}{D_{E(year)}}, \quad (2)$$

- где:
- $L$  – ущерб, нанесенный населению в кольцевом сегменте румба;
  - $R$  – расстояние от АЭС;
  - $L_{\Sigma}$  – общий ущерб от аварии;
  - $N_{\Sigma}$  – общая численность населения;
  - $D_E$  – годовая эффективная доза облучения населения в кольцевом сегменте румба, с учетом розы ветров;
  - $N_{1/8}$  – количество людей в румбе;
  - $D_{E(year)}$  – годовая эффективная доза облучения всего населения.
  - $i, k$  – расстояние от АЭС

### Оценка ущерба населению в кольцевом сегменте румба, в результате воздействия радиоактивных веществ

Расчет ущерба, нанесенного населению в кольцевом сегменте румба, проводился с использованием данных [6, 10].

Расчет проводился для населения на расстоянии 3-30 км от АЭС.

В качестве исходных данных соискателем использовались следующие показатели:

1. На расстоянии 3-10 км:
  - Годовая эффективная доза облучения населения - 10,5 мЗв
  - Количество людей в кольцевом сегменте румба: от 230 человек (ЮВ) до 860 человек (СВ)
2. На расстоянии 10-15 км:
  - Годовая эффективная доза облучения населения - 1,91 мЗв
  - Количество людей в кольцевом сегменте румба: от 250 человек (З) до 595 человек (ЮЗ)
3. На расстоянии 15-20 км:
  - Годовая эффективная доза облучения населения - 1,04 мЗв
  - Количество людей в кольцевом сегменте румба: от 88 человек (СВ) до 75574 человек (З)
4. На расстоянии 20-30 км:
  - Годовая эффективная доза облучения населения - 0,596 мЗв
  - Количество людей в кольцевом сегменте румба: от 390 человек (СВ) до 26780 (З)

Также использовались данные повторяемости ветра из отчета [6].

В итоге, используя метод, описанный выше, и формулу (3.2), получаем оценку экономического ущерба населению, проживающему вокруг АЭС в результате действия радиоактивных веществ. Результаты работы приведены в таблице 1.

Таблица 1: Результаты расчета экономического ущерба населению, проживающего вокруг АЭС в результате воздействия радиоактивных веществ

Румб	Ущерб, нанесенный одному человеку в кольцевом сегменте румба, руб.	Ущерб, нанесенный всему населению в кольцевом сегменте румба, руб.
Расстояние 3-10 км		
С	0	0
СВ	1,673853211	1439,5137614
В	1,673853211	1439,5137614
ЮВ	1,673853211	384,9862385
Ю	1,673853211	384,9862385
ЮЗ	0	0
З	0	0
СЗ	0	0
Расстояние 10-15 км		
С	0	0
СВ	0	0
В	0	0
ЮВ	0	0
Ю	3,06638655	13,30134453
ЮЗ	3,06638655	22,04
З	3,06638655	9,638655462
СЗ	0	0
Расстояние 15-20 км		
С	1,7062201767	537,459355
СВ	1,7062201767	150,6147375
В	1,7062201767	1057,856509
ЮВ	1,7062201767	1008,376124
Ю	1,7062201767	329,800494
ЮЗ	1,7062201767	127884,614690
З	1,7062201767	128945,883640
СЗ	1,7062201767	1827,361809
Расстояние 20-30 км		
С	0,34025960	295,3453388
СВ	0,34025960	132,7012467
В	0,34025960	174,2129187
ЮВ	0,34025960	259,1453491
Ю	0,34025960	366,1193371
ЮЗ	0,34025960	5251,56677
З	0,34025960	9112,152275
СЗ	0,34025960	4294,756759

Проанализируем результаты расчетов по формуле 3.2. Получили, что на расстоянии 3-30 км ущерб, нанесенный одному человеку, не превышает 300 руб., что, согласно [7], не превышает нормы.

Известно, что минимальный ущерб составил 9,638 руб., на западе на расстоянии 10-15 км от Ростовской АЭС. Максимальный ущерб составил 128945,88364 руб. на западе на расстоянии 15-20 км.

### Заключения и выводы

В работе представлены методические подходы для оценки ущерба населению в кольцевом сегменте румба в результате воздействия радиоактивных веществ.

Формула позволяет учесть следующие показатели:

- Общий ущерб от аварии

- Общая численность населения
- Годовая эффективная доза облучения одного человека в кольцевом сегменте румба
- Годовая эффективная доза облучения всего населения
- Количество людей в кольцевом сегменте румба

При помощи этого подхода соискателем был проведен расчет ущерба населению, проживающему вокруг Ростовской АЭС. Полученные результаты показывают, что ущерб, нанесенный одному человеку в кольцевом сегменте румба в результате воздействия радиоактивных веществ, не превышает 300 руб., что, согласно [7], находится в пределах нормы.

### Литература

1. *Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта:* [приказ МЧС России № 506 от 4 ноября 2004 г.]. - М., 2004. - 1 с.
2. *Паспорт безопасности критически важного (опасного) объекта Росатома:* [приказ МЧС России № 506 от 4 ноября 2004 г.]. - М., 2006. - 9 с.
3. *Берберова М.А.* Оценка показателей риска для вторых очередей Смоленской и Курской АЭС: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических работ: 05.14.03 / Берберова Мария Александровна. – М., 2015. – 130 с.
4. *Берберова М.А., Исламов Р.Т., Гриднев А.А., Лебедев К.Ю.* Оценка ущерба населению, проживающему вокруг АЭС, в результате воздействия радиоактивных веществ // Труды Международной конференции и Школы по физико-технической информатике СРТ2015, 10-17 мая 2015 г., Ларнака, Республика Кипр; 01-03 июля 2015 г., Протвино, Московская область. – Изд. ИФТИ, Протвино-Москва, 2016, ISBN 978-5-88835-039-3, С.230-232.
5. *О радиационной безопасности населения:* [Федеральный закон № 3-ФЗ от 09.01.96 (ред. от 19.07.2011): принят Государственной Думой 5 декабря 1995 г.]. - М., 1995. - 11 с.
6. *Разработка перечня мероприятий (рекомендаций) по управлению безопасностью. Расчеты показателей для заполнения паспортов безопасности действующих АЭС/* Кабанов Л.П., Деревянкин А.А., Жуков И.В., Чулкова Е.В., Берберова М.А. – М.: Международный Центр по Ядерной Безопасности, 2011. – 74 с.
7. *РД ЭО 1.1.2.99.0624-2011 Мониторинг строительных конструкций атомных станций.* - М., 2011. - 21 с.
8. *О промышленной безопасности опасных производственных объектов:* [Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.97 (ред. от 04.03.2013): принят Государственной Думой Российской Федерации 20 июня 1997 года]. - М., 1997. - 22 с.
9. *О техническом регулировании:* [Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.02: принят Государственной Думой Российской Федерации 15 декабря 2002 года]. - М., 2002. - 84 с.
10. *Берберова М.А., Исламов Р.Т., Лебедев К.Ю.* Оценка доз внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего вокруг АЭС (на примере Ростовской АЭС) // Труды Международной конференции и Школы по физико-технической информатике СРТ2015, 10-17 мая 2015 г., Ларнака, Республика Кипр; 01-03 июля 2015 г., Протвино, Московская область. – Изд. ИФТИ, Протвино-Москва, 2016, ISBN 978-5-88835-039-3, С.264-267.