

---

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

---

УДК 621.039.586

В.В. Андреев<sup>1</sup>, М.А. Берберова<sup>2</sup>, Л.М. Сапаркин<sup>1</sup>

### РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ УЩЕРБА, НАНЕСЕННОГО НАСЕЛЕНИЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС (НА ПРИМЕРЕ НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>1</sup>,  
Международный Центр по ядерной безопасности<sup>2</sup>

Проблема оценок показателей риска особо опасных объектов (в частности, АЭС) является важной задачей для разработки комплекса мер предосторожности. Речь идет об оценках ущерба в результате аварий на АЭС. Представлены модель расчета ущерба, нанесенного населению при авариях на АЭС, а также сфера ее применения для аварии на энергоблоках с реакторами типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 Нововоронежской АЭС. Общий экономический ущерб для энергоблока с реактором типа ВВЭР-440 оценивается в 5844,73 млн руб. Общий экономический ущерб для энергоблока с реактором типа ВВЭР-1000 оценивается в 13279,1 млн руб.

*Ключевые слова:* оценка риска, безопасность, ущерб, население, радиоактивные вещества, АЭС.

#### Введение

Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – сложная и многоуровневая проблема. Ее суть сводится к прогнозированию воздействия поражающих факторов природных и техногенных чрезвычайных ситуаций при различных сценариях. Согласно монографии «Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [1], прямые ежегодные ущербы от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера достигают 100-300 млрд рублей с гибелью сотен и тысяч жителей. Одним из самых опасных техногенных объектов является атомная станция (АЭС). Авария на таком объекте может иметь очень серьезные последствия, примером чего служат известные аварии: АЭС Три-Майл-Айленд (1979), Чернобыльская АЭС (1986), АЭС «Фукусима-дайити» (2011).

Согласно НП-001-15 [2], авария на АЭС – это нарушение нормальной эксплуатации АС, при котором произошел выход радиоактивных веществ и (или) ионизирующего излучения за границы, предусмотренные проектной документацией АЭС для нормальной эксплуатации в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации. Если эти радиоактивные вещества выходят за пределы площадки АЭС, то неизбежно в результате их воздействия появляется риск нанесения ущерба здоровью населения, проживающего вблизи расположения АЭС. Он зависит от многих факторов: типа энергоблока, типа аварии, ее протекания, особенностей расположения площадки АЭС, погоды, срабатывания систем безопасности, срабатывания мер по защите населения и др. В этих условиях задача оценки нанесенного населению ущерба приобретает очень сложный вид и не имеет простого универсального решения. Однако даже грубые предварительные оценки позволяют оценить опасность и повлиять на создание дополнительных мер безопасности. Также такие оценки полезны для развития экономики, поскольку оценка ущерба является основой решения буквально всех задач, связанных

с предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, развитием экономических механизмов регулирования безопасности, разработки инвестиционных программ, возмещения ущерба от чрезвычайных ситуаций, страхования гражданской ответственности и т. д. [1].

### Разработанная модель

Для оценки ущерба, нанесенного человеку из-за воздействия радиоактивных веществ, важно количественно описать риск этого воздействия. В НРБ-99/2009 [3] такое воздействие описывается понятием «годовая эффективная доза» – сумма эффективной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Если речь идет о дозе, полученной группой лиц, то тогда говорят о коллективной эффективной дозе. Единицей измерения эффективной дозы в Международной системе единиц – зиверт (Зв).

Согласно НРБ-99/2009 [3], облучение в коллективной эффективной дозе в 1 чел.-Зв приводит к потенциальному ущербу, равному потере примерно 1 чел.-года жизни населения. Величина денежного эквивалента потери 1 чел.-года жизни устанавливается отдельными документами федерального уровня в размере не менее 1 годового душевого национального дохода. Валовой национальный доход (англ. Gross National Income (GNI)) является одним из ключевых показателей экономического развития. GNI представляет собой текущую рыночную оценку всех конечных товаров и услуг, созданных факторами производства, находящихся в собственности резидентов, в том числе и на территории других государств.  $GNI_{per\ capita}$  – годовой валовой национальный доход на душу населения. В России расчетом валового национального дохода занимается Росстат, который публикует эти данные в своих статистических сборниках [4] и на своем сайте (табл. 1).

Таблица 1

#### Валовой национальный доход РФ в 2011-2017 гг.

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
GNI (млн. руб.)	58513728	66058370	70587364	76626148	81063035	83763577	89737892
Население (млн. чел.)	143	143,3	143,6	146,2	146,3	146,5	146,8
$GNI_{per\ capita}$ (руб.)	409187	460980	491555	524119	554088	571765	611294

Учитывая вышеизложенное, была разработана следующая формула оценки экономического ущерба, нанесенного населению, находящемуся на некоторой территории  $S$ , в результате воздействия радиоактивных веществ при аварии на АЭС:

$$L = D_E \cdot GNI_{per\ capita},$$

где,  $L$  – ущерб, нанесенный населению, находящемуся на территории  $S$ ;  $D_E$  – годовая эффективная доза облучения населения на территории  $S$ ;  $GNI_{per\ capita}$  – валовой национальный доход на душу населения. Разделив выражение справа на  $N_\Sigma$  (общая численность населения на территории  $S$ ), получим оценку экономического ущерба, нанесенного одному человеку на территории  $S$  в результате воздействия радиоактивных веществ:

$$L = \frac{D_E \cdot GNI_{per\ capita}}{N_\Sigma}$$

Просуммировав ущерб по всем территориям, получаем формулу для расчёта общего экономического ущерба населению:

$$L_\Sigma = \sum_{i=1}^k L_{S_i},$$

где  $L_\Sigma$  – общий ущерб,  $k$  – количество территорий,  $L_i$  – ущерб на территории  $S_i$ .

Для применения разработанной формулы оценки ущерба населению при авариях на АЭС необходима оценка радиационного риска, дающая оценку годовой эффективной дозы облучения населения, проживающего на некоторых территориях вблизи площадки АЭС. В качестве такой оценки были рассмотрены оценки, предложенные в [5]. Особенностью этих оценок является учёт частот направления ветра (розы ветров) и распределения населения в районе расположения АЭС по кольцевым сегментам румба, являющимся разбиением территории в радиусе  $R$  от АЭС по сторонам света и по отдалённости от АЭС. При равномерном распределении населения в кольцевом сегменте румба была предложена формула:

$$D_E(R) = \frac{P_W}{R} \cdot \int_0^R N_{1/8}(r) \cdot D_{E(\text{year})}(r) \cdot dr,$$

где  $D_E$  – годовая эффективная доза облучения населения в кольцевом сегменте румба, с учётом розы ветров;  $R$ ,  $r$  – расстояния от АЭС,  $P_W$  – вероятность направления ветра;  $N_{1/8}$  – количество людей в румбе;  $D_{E(\text{year})}$  – годовая эффективная доза облучения всего населения. При дискретном распределении населения в кольцевом сегменте румба:

$$D_E(R) = P_W \cdot \sum_{i=1}^k N_{1/8(i)} \cdot D_{E(\text{year})(i)},$$

где  $D_E$  – годовая эффективная доза облучения населения в кольцевом сегменте румба, с учётом розы ветров;  $R$  – расстояние от АЭС,  $P_W$  – вероятность направления ветра;  $N_{1/8}$  – количество людей в румбе;  $D_{E(\text{year})}$  – годовая эффективная доза облучения всего населения. В этой же работе была предложена оценка ущерба населению с учётом частот направления ветра и распределения населения в районе расположения АЭС по кольцевым сегментам.

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

где  $L$  – ущерб, нанесённый одному человеку, проживающему 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 учётом розы ветров;  $D_{E(\text{year})}$  – годовая эффективная доза облучения всего населения. Особенностью этой формулы от существующих оценок также является учёт частот направления ветра и распределения населения в районе расположения АЭС по кольцевым сегментам румба. Однако эта оценка не отражает реальной зависимости экономического ущерба, нанесённого одному человеку вследствие аварии, от дозы, полученной одним человеком вследствие этой же аварии. Также эта оценка не учитывает динамики экономического развития. Предложенная же ранее модель оценки ущерба лишена этих недостатков.

### Применение модели

В качестве объекта для применения разработанной модели была рассмотрена Нововоронежская АЭС. Строительство станции началось в конце 1960-х гг., и к началу 1980-х гг. к сети было подключено 5 энергоблоков. К 2015 году в эксплуатации оставалось три энергоблока с реакторами типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 (табл. 2).

Таблица 2

Энергоблоки Нововоронежской АЭС

Энергоблок	Тип реакторов	Мощность, МВт		Начало строительства	Подключение к сети	Ввод в эксплуатацию
		Чистый	Брутто			
Нововоронеж-3	ВВЭР-440/179	385	417	01.07.1967	27.12.1971	29.06.1972
Нововоронеж-4	ВВЭР-440/179	385	417	01.07.1967	28.12.1972	24.03.1973
Нововоронеж-5	ВВЭР-1000/187	950	1000	01.03.1974	31.05.1980	20.02.1981

Объектом исследования выступали только наиболее опасные аварии. В качестве таковой была рассмотрена авария «Полное осушение бассейна выдержки отработавшего топлива». Согласно [6, 7], вероятность выброса радиоактивных продуктов деления при такой аварии в окружающую среду –  $3,7 \cdot 10^{-9}$  год<sup>-1</sup>. Выброс радионуклидов происходит на высоте 30 м над уровнем земли, скорость ветра на высоте флюгера 2,7 м/с. Для оценки радиационных последствий аварии в [6, 7] были проведены расчеты годовых эффективных доз облучения населения для реакторов обоих типов, которые находятся в эксплуатации на Нововоронежской АЭС (табл. 3).

Таблица 3

**Оценка средних суммарных эффективных годовых доз облучения населения при аварии «Полное осушение бассейна выдержки отработавшего топлива» на энергоблоках Нововоронежской АЭС с реакторами типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 (мЗв)**

Расстояние от АЭС, км	Годовая эффективная доза облучения, мЗв	
	ВВЭР-440	ВВЭР-1000
3-5	1120	2230
5-7	525	1150
7-10	297	676
10-15	160	373
15-20	87,3	208
20-30	50,3	121
30-40	27,3	66,1
40-50	17,5	42,5
50-100	9,18	22,4

Территория Нововоронежской АЭС находится на стыке двух морфологических областей: Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменности. Климат засушливый, континентальный. Средняя температура января составляет  $-8(-10)^{\circ}\text{C}$ , средняя температура июля  $+21-23^{\circ}\text{C}$ . Количество атмосферных осадков в среднем составляет 400-500 мм в год. Основная часть осадков (65-75%) выпадает в весенне-летний сезон в виде кратковременных ливней. Годовая скорость ветра для района Нововоронежской АЭС 2,7 м/с, а направление ветра в течение года сильно меняется по сторонам света (табл. 4) [6, 7].

Таблица 4

**Повторяемость направления ветра за год**

Месяц/сезон	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Год %	14	7	10	12	14	9	22	12
Средняя скорость, м/с	2,7	2,2	2,6	2,8	2,7	2,7	2,8	2,9

Площадка Нововоронежской АЭС расположена в 45 км южнее города Воронеж и в 35 км юго-западнее села Каширское в южной части России, вблизи границы с Украиной. Севернее площадки на расстоянии 5 км расположен г. Нововоронеж, и районный центр Георгиу-Деж расположен на расстоянии 45 км на юго-восток от станции. Ближайшие деревни и города расположены за пределами зоны отчуждения, на расстоянии более 3 км. Город Нововоронеж с населением 30 000 человек – единственный город вблизи площадки АЭС. Согласно переписи 2002 года, численность населения в зоне радиусом 50 км от Нововоронежской АЭС составляет примерно 1 274 000 человек. Само же население в 100 км зоне вокруг АЭС по кольцевым сегментам румба распределено неоднородно (табл. 5) [6, 7].

Таблица 5

## Распределение населения в 100 км зоне вокруг Нововоронежской АЭС (чел.)

Расстояние от АЭС, км	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	12901	0	0	0	0	0	0	91
5-7	26029	0	340	65	0	0	1846	0
7-10	597	2066	0	1641	2830	0	0	415
10-15	1951	6934	487	543	933	45	2350	715
15-20	220	4150	1178	4148	2150	2999	506	4305
20-30	16984	8623	11785	22481	9450	6867	7500	9208
30-40	519080	8102	4568	43240	7867	5400	6650	4652
40-50	388748	7383	4553	33114	41570	12702	1753	9672
50-100	71 245	71 245	71 245	71 245	71 245	71 245	71 245	71 245

До использования разработанной модели для расчёта экономического ущерба необходимо рассчитать коллективную эффективную годовую дозу облучения. Для расчета была использована ранее описанная формула, предложенная в [5], с дискретным распределением населения. Расчет проводился для населения на расстоянии 3-100 км от АЭС. В табл. 6 и 7 приведены результаты этого расчета.

Таблица 6

Годовая коллективная эффективная доза облучения населения  
с учетом розы ветров по разным направлениям в зависимости от расстояния от АЭС  
для энергоблока с реактором типа ВВЭР-440 (Зв)

Расстояние от АЭС, км	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	2022,8	0	0	0	0	0	0	12,2
5-7	1913,1	0	17,8	4,1	0	0	213,2	0
7-10	24,8	42,9	0	58,5	117,6	0	0	14,8
10-15	43,7	77,6	7,8	10,4	20,9	0,6	82,7	13,7
15-20	2,6	25,3	10,3	43,4	26,2	23,5	9,7	45,1
20-30	119,6	30,3	59,2	135,6	66,5	31,0	83	55,5
30-40	1983,9	15,5	12,4	141,6	30,1	13,2	39,9	15,2
40-50	952,4	9	7,9	69,5	101,8	20	6,7	20,3
50-100	91,5	45,7	65,4	78,4	91,5	58,8	143,8	78,4

Таблица 7

Годовая коллективная эффективная доза облучения населения с учетом розы ветров  
по разным направлениям в зависимости от расстояния от АЭС  
для энергоблока с реактором типа ВВЭР-1000 (Зв)

Расстояние от АЭС, км	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	4027,7	0	0	0	0	0	0	24,3
5-7	4190,6	0	39,1	9	0	0	467	0
7-10	56,5	97,7	0	133,1	267,8	0	0	33,6
10-15	101,8	181,0	18,1	24,3	48,7	1,5	192,8	32
15-20	6,4	60,4	24,5	103,5	62,6	56,1	23,1	107,4
20-30	287,7	73	142,6	326,4	160	74,7	199,6	133,7
30-40	4803,5	37,5	30,2	343	72,8	32,1	96,7	36,9
40-50	2313	21,9	19,3	168,8	247,3	48,6	16,4	49,3
50-100	223,4	111,7	159,6	191,5	223,4	143,6	351,1	191,5

Для расчета ущерба по предложенной модели брались статические данные по душевому валовому национальному доходу за 2017 год. Результаты расчёта по данным за 2014 год можно просмотреть в работе [8]. Согласно данным, за 2017 год было взято GNI<sub>Per capita</sub> равным 611294 руб. Результаты расчетов представлены в табл. 8-11.

Таблица 8

**Оценка ущерба, нанесенного населению, по кольцевым сегментам румба при наиболее опасной аварии на энергоблоке Нововоронежской АЭС с реактором типа ВВЭР-440 (млн руб.)**

Расстояние от АЭС, км	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	1236,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5
5-7	1169,5	0,0	10,9	2,5	0,0	0,0	130,3	0,0
7-10	15,2	26,3	0,0	35,8	71,9	0,0	0,0	9,0
10-15	26,7	47,5	4,8	6,4	12,8	0,4	50,6	8,4
15-20	1,6	15,5	6,3	26,6	16,1	14,4	5,9	27,6
20-30	73,1	18,6	36,2	82,9	40,7	19,0	50,7	34,0
30-40	1212,8	9,5	7,6	86,6	18,4	8,1	24,4	9,3
40-50	582,2	5,5	4,9	42,5	62,3	12,2	4,1	12,4
50-100	56,0	28,0	40,0	48,0	56,0	36,0	88,0	48,0

Таблица 9

**Оценка ущерба, нанесенного одному человеку, по кольцевым сегментам румба при наиболее опасной аварии на энергоблоке Нововоронежской АЭС с реактором типа ВВЭР-440 (руб.)**

Расстояние от АЭС, км	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	95851	0	0	0	0	0	0	82158
5-7	44930	0	32093	38511	0	0	70604	0
7-10	25418	12709	0	21786	25418	0	0	21786
10-15	13693	6846	9781	11737	13693	8803	21518	11737
15-20	7471	3736	5337	6404	7471	4803	11740	6404
20-30	4305	2152	3075	3690	4305	2767	6765	3690
30-40	2336	1168	1669	2003	2336	1502	3671	2003
40-50	1498	749	1070	1284	1498	963	2353	1284
50-100	786	393	561	673	786	505	1235	673

Таблица 10

**Оценка ущерба, нанесенного населению, по кольцевым сегментам румба при наиболее опасной аварии на энергоблоке Нововоронежской АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 (млн руб.)**

Расстояние от АЭС, км	Румб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	2462,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9
5-7	2561,7	0,0	23,9	5,5	0,0	0,0	285,5	0,0
7-10	34,5	59,8	0,0	81,4	163,7	0,0	0,0	20,6
10-15	62,3	110,7	11,1	14,9	29,8	0,9	117,9	19,6
15-20	3,9	36,9	15,0	63,3	38,3	34,3	14,2	65,7
20-30	175,9	44,6	87,2	199,5	97,9	45,7	122,0	81,7
30-40	2936,4	22,9	18,5	209,7	44,5	19,6	59,1	22,6
40-50	1414,0	13,4	11,8	103,2	151,2	29,7	10,0	30,2
50-100	136,6	68,3	97,6	117,1	136,6	87,8	214,6	117,1

Таблица 11

Оценка ущерба, нанесенного одному человеку, по кольцевым сегментам румба при наиболее опасной аварии на энергоблоке Нововоронежской АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 (руб.)

Расстояние от АЭС, км	Руб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3-5	190846	0	0	0	0	0	0	163582
5-7	98418	0	70299	84358	0	0	154657	0
7-10	57853	28926	0	49588	57853	0	0	49588
10-15	31922	15961	22801	27361	31922	20521	50163	27361
15-20	17801	8900	12715	15258	17801	11443	27973	15258
20-30	10355	5178	7397	8876	10355	6657	16273	8876
30-40	5657	2828	4041	4849	5657	3637	8889	4849
40-50	3637	1819	2598	3118	3637	2338	5716	3118
50-100	1917	959	1369	1643	1917	1232	3012	1643

Общий экономический ущерб для энергоблока с реактором типа ВВЭР-440 оценивается в 5844,73 млн руб. Общий экономический ущерб для энергоблока с реактором типа ВВЭР-1000 оценивается в 13279,1 млн руб. На рис. 1 показана диаграмма распределения ущерба в исследованных кольцах в процентах от общего ущерба.

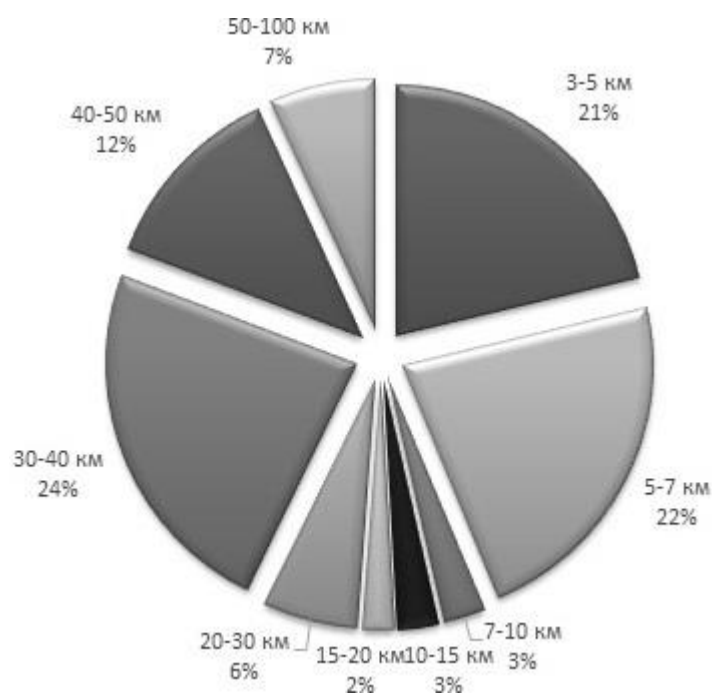


Рис. 1. Распределения ущерба в кольцевых сегментах румбах в процентах от общего ущерба

### Заключение

Разработана модель оценки ущерба, нанесенного населению в результате воздействия радиоактивных веществ при аварии на АЭС. Модель была применена к наиболее опасной аварии на Нововоронежской АЭС. Получены оценки коллективного и индивидуального ущерба, нанесенного населению, проживающему в кольцевых сегментах румба, для энергоблоков Нововоронежской АЭС с реакторами типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Результаты применения отражают зависимость ущерба от полученной дозы.

## Библиографический список

1. **Авдоткин, В.П.** Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: монография / В.П. Авдоткин, М.М. Дзыбов, К.П. Самсонов. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2012. – 467 с.
2. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15): [Нормы и правила НП-001-15: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522]. – М., 2015. – 74 с.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): [санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09: утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 47 от 07.07.2009]. – М., 2009. – 75 с.
4. Национальные счета России в 2011-2016 годах: Стат. сб. / НЗ5 Росстат. – М., 2017. – С. 23.
5. **Берберова, М.А.** Оценка показателей риска для вторых очередей Смоленской и Курской АЭС: дисс... канд. техн. наук: 05.14.03 / Берберова Мария Александровна. – М., 2015. – 106 с.
6. Разработка перечня мероприятий по управлению безопасностью и оценка показателей риска для блока Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-1000 / Кабанов Л.П., Деревянкин А.А., Жуков И.В., Чулкова Е.В., Берберова М.А. – М.: Международный Центр по Ядерной Безопасности, 2011. – 77 с.
7. Разработка перечня мероприятий по управлению безопасностью и оценка показателей риска для энергоблоков Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-440 / Жуков И.В., Чулкова Е.В., Берберова М.А., Цыкало Н.Б. – М.: Международный Центр по Ядерной Безопасности, 2013. – 80 с.
8. **Сапаркин, Л.М.** Разработка модели оценки ущерба, нанесённого населению в результате воздействия радиоактивных веществ при аварии на АЭС (на примере Нововоронежской АЭС) / М.А. Берберова, Л.М. Сапаркин // Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса для задач мониторинга и безопасности (SCVRT2017). Труды Международной научной конференции. – Протвино-Москва: Изд-во ИФТИ, 2017. – С. 175-183.

*Дата поступления  
в редакцию: 02.10.2018*

**V.V. Andreev<sup>1</sup>, M.A. Berberova<sup>2</sup>, L.M. Saparkin<sup>1</sup>**

**DEVELOPMENT OF A MODEL FOR ASSESSING DAMAGE TO THE POPULATION  
AS A RESULT OF EXPOSURE TO RADIOACTIVE SUBSTANCES IN AN ACCIDENT  
AT A NPP (BY THE EXAMPLE OF THE NOVOVORONEZH NPP)**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev<sup>1</sup>,  
International nuclear safety center<sup>2</sup>

**Purpose:** Damage assessment from emergencies in dangerous objects is necessary for correct assessment of danger level and for planning of economic activity. The purpose of the research is to develop a model for assessing damage to population from emergencies at a NPP.

**Findings:** In the article a model for assessing damage to population as a result of exposure to radioactive substances in an accident at a NPP is presented.

**Results:** This paper presents a model for calculating the damage caused to the population in case of accidents at nuclear power plants and its application for an accident at power units with VVER-440 and VVER-1000 reactors at Novovoronezh NPP. Obtained results showed that developed model reflects the depending damage from obtained doses.

*Key words:* risk assessment, safety, damage, population, radioactive substances, NPP.