

Внедрение данной разработки возможно на крупных предприятиях России и за рубежом. Поэтому «Ассессор» является инновационным проектом в области цифровизации.

Литература

1. Цифровые продукты Росатома: сайт – URL: <https://rosatom.ru/production/supercomputer-and-software/> (дата обращения: 30.03.2021). – Текст: электронный.
2. Плюс цифровизация всей страны: сайт – URL: <https://strana-rosatom.ru/2019/12/25/плюс-цифровизация-всей-страны-2/> (дата обращения: 31.03.2021). – Текст: электронный.
3. ИТ атомной отрасли: ключевые вызовы 2020 и перспективы 2021: сайт – URL: https://filearchive.cnews.ru/img/files/2020/11/25/5._abakumovnovaya2.pdf (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.039

Прогноз дозовых нагрузок на население и окружающую среду при нормальной эксплуатации четырех энергоблоков Ростовской атомной станции

Предкова Анастасия Николаевна, магистрант;

Бубликова Ирина Альбертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Атомная энергетика»

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Волгодонск

Широкое использование ядерных технологий неминуемо влечёт за собой расширение круга лиц, подверженных неблагоприятному влиянию радиационных факторов. У большого количества людей выработалось понимание связи здоровья человека с окружающей средой: факторами и условиями жизни. Радиационный фактор является барьером в общественном сознании для атомной энергетики при выборе вида энергоисточника. Это способствует повышенному вниманию специалистов в области радиационной безопасности. В первую очередь это касается производства электроэнергии на АЭС, сопровождающегося постоянным поступлением во внешнюю среду радионуклидов с газоаэрозольными выбросами.

На территории размещения Ростовской атомной станции в радиусе 30 км проживает около 200 тыс. чел. Среди них есть и те, кто обеспокоены её влиянием на окружающую среду, так как энергоблоки вводились в эксплуатацию в разное время.

Цель этой работы рассчитать суммарную эффективную годовую дозу облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов на уровне ДВ при эксплуатации 4-х блоков Ростовской АЭС и накопления за 50 лет работы блоков.

В составе газоаэрозольного выброса АЭС содержатся радионуклиды – источники γ -квантов и заряженных частиц. При перемещении «факела» газоаэрозольного выброса в направлении ветра ионизирующее излучение, образующееся при радиоактивном распаде радионуклидов, формирует дозовую нагрузку на человека (внешнее облучение). Содержащие радионуклиды аэрозольные частицы выпадают на подстилающую поверхность (например, землю) и образуют плоский источник ионизирующего излучения, также вносящий свой вклад в облучаемость человека (населения).

При вдохе радионуклиды ингаляционным путем попадают в организм и, накапливаясь преимущественно в его отдельных критических органах, создают дозовую нагрузку внутреннего облучения. Наконец, выпавшие на подстилающую поверхность радионуклиды включаются в биологические циклы развития растений и животных. При этом возможно поступление радионуклидов в организм человека по пищевым цепочкам. В общем виде пути формирования дозовых нагрузок на население за счет радионуклидов газоаэрозольных выбросов АЭС показаны на рис. 1.

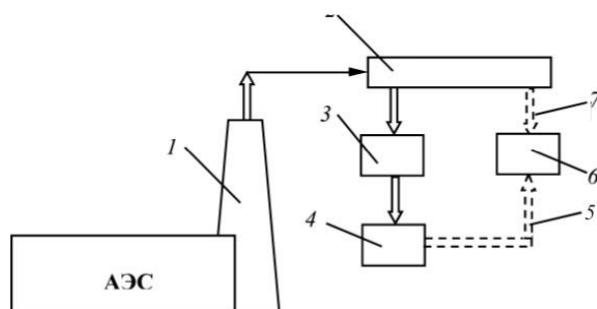


Рис. 1. Схема формирования дозовых нагрузок на население от газоаэрозольных выбросов в регионе АЭС:

- 1 – вентиляционная труба АЭС; 2 – «факел» газоаэрозольного выброса (объемный излучающий источник); 3 – выпадения газоаэрозольных частиц на подстилающую поверхность (плоский источник ионизирующих излучений); 4 – накопление радионуклидов в продуктах питания (облучаемость по пищевым цепочкам); 5 – пероральный путь поступления радионуклидов в организм человека; 6 – население; 7 – ингаляционный путь поступления радионуклидов в организм человека*

Представленный прогноз радиационной обстановки в районе размещения Ростовской атомной станции проводился с помощью и на основе методических принципов документа МХО «Интератомэнерго» [1], реализованных в компьютерной программе «ДОЗА» [2].

Суммарная активность газоаэрозольных выбросов через вентиляционные трубы спецкорпуса, энергоблоков № 1, 2, 3 и 4 Ростовской АЭС, а также брызгальных бассейнов энергоблока № 1 за 2019 год представлена в табл. 1 [3].

Таблица 1

Суммарная активность газоаэрозольных выбросов через вентиляционные трубы

Нормируемые радионуклиды	Суммарный выброс за год, Бк	ПДВ за год, Бк	Процент от ПДВ за год
^{133}Xe	$1,43 \cdot 10^{11}$	$2,32 \cdot 10^{14}$	$6,16 \cdot 10^{-2}$
^{135}Xe	$6,00 \cdot 10^9$	$1,45 \cdot 10^{15}$	$4,14 \cdot 10^{-4}$
^{131}I	$5,73 \cdot 10^{10}$	$4,03 \cdot 10^{13}$	$1,42 \cdot 10^{-1}$
^{60}Co	$8,26 \cdot 10^5$	$5,07 \cdot 10^9$	$1,63 \cdot 10^{-2}$
^{134}Cs	$6,71 \cdot 10^5$	$1,25 \cdot 10^8$	$5,37 \cdot 10^{-1}$
^{137}Cs	$6,71 \cdot 10^5$	$7,36 \cdot 10^8$	$9,35 \cdot 10^{-2}$

На основе данных о газоаэрозольных выбросах радионуклидов в атмосферу в 2019 г., представленных в отчете «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств» федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ) [4], была получена тенденция изменения показателей газоаэрозольных выбросов в окружающую среду на Ростовской АЭС (табл. 2).

Таблица 2

Тенденция изменения показателей газоаэрозольных выбросов в окружающую среду на Ростовской атомной станции

Регламентируемые радионуклиды	Процент от ДВ за 2016 год	Процент от ДВ за 2017 год	Процент от ДВ за 2018 год	Процент от ДВ за 2019 год	Процент от ДВ за 2020 год
^{131}I (газовая + аэрозольная формы)	0,636	0,58	0,187	0,45	0,0818
^{60}Co	0,465	0,58	2,70	0,71	2,69
^{134}Cs	0,34	0,529	2,78	2,88	0,466
^{137}Cs	0,0955	3,69	0,695	2,50	0,293

Результаты расчета дозового воздействия газоаэрозольных выбросов станции (четыре блока) для конкретных условий района размещения Ростовской атомной станции приведены ниже в табличной форме. При этом результаты расчетов дозовых нагрузок на население отдельно для каждого из факторов радиационного воздействия не приводятся, а приведены суммарные результаты для жителей 30-километровой зоны

вокруг атомной станции. В целом можно сказать, что расчетные величины дозового воздействия от облака выброса и ингаляции «следуют» за расчетными величинами приземных концентраций, а величины дозового воздействия от загрязненной поверхности и пероральных поступлений – за величинами поверхностных загрязнений почвы.

При оценке доз не учитывается разница в условиях проживания сельского и городского населения (время пребывания на открытой местности, защитные характеристики зданий и сооружений, рацион питания и пр.) в силу исключительно низких значений, получаемых в результате расчета величин.

В табл. 3 приведены величины годовых эффективных доз. Расчетная оценка суммарной дозовой нагрузки на население от всех факторов радиационного воздействия газоаэрозольных выбросов 4-х энергоблоков Ростовской атомной станции, соответствующая выбросам радионуклидов в атмосферу на уровне величин ДВ, регламентированных в СПАС-03 [5] (как более консервативная оценка), составляет для критической группы населения – 3,7 мкЗв в год (на дистанции 2 км от источника выброса), т. е. около 0,4 % естественного радиационного фона, характерного для этого района Европейской части РФ.

Годовая эффективная доза облучения населения от газоаэрозольных выбросов Ростовской АЭС (на уровне ДВ) ни на каком расстоянии от точки выброса не превышает не только величины дозовой квоты АЭС (100 – 250 мЗв/год), но и величины минимальной значимой дозы МЗД = 10 мкЗв/год, установленной в НРБ-99/2009 [6].

Анализ на выявление «критических факторов воздействия», «критических органов», «критических радионуклидов» и «критических продуктов потребления», дающих основные вклады в расчетную величину эффективной дозы, не проводился. Такое «пренебрежение» вызвано не только крайней малостью полученных при расчете величин эффективных доз, но и тем, что для АЭС ВВЭР все критические факторы уже установлены. «Критические радионуклиды» нормируются величинами ДВ. «Критическим органом» при внутреннем облучении (ингаляционном и пероральном) является щитовидная железа, «критическим каналом воздействия» – внешнее от облака выброса, а критическим продуктом при стандартном рационе потребления – молоко местного производства при наличии пастбищного животноводства.

Что касается результатов расчетов, накопленных в течение времени эксплуатации АЭС доз, следует отметить, что поскольку блоки вводятся в эксплуатацию не одновременно, период их совместной работы пятидесятилетним быть не может, так же, как не может в течение такого времени сохраняться контингент

облучаемых лиц. Поэтому результаты вычислений в нижней части (как умноженные на пятьдесят величины годового дозового воздействия) являются в какой-то мере искусственными, приводящимися для иллюстрации исключительной малости комитментных доз, даже при такой суперконсервативной оценке [7].

Таблица 3

Суммарная эффективная годовая доза облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов на уровне ДВ при эксплуатации 4-х блоков Ростовской АЭС (мкЗв/г) и накопленная за 50 лет работы блоков (мкЗв)

Удаление от АЭС, км	Направление по компасу							
	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ
	за один год							
0,5	0,40	0,65	1,0	0,85	0,50	0,45	0,75	0,40
1	1,3	2,1	3,2	2,7	1,6	1,4	2,4	1,3
2	1,5	2,4	3,7	3,1	1,8	1,7	2,7	1,5
3	1,1	1,8	2,8	2,4	1,4	1,3	2,1	1,1
4	0,85	1,4	2,1	1,8	1,1	0,96	1,6	0,85
5	0,67	1,1	1,7	1,4	0,83	0,75	1,3	0,67
6	0,54	0,88	1,4	1,2	0,68	0,61	1,0	0,54
7	0,45	0,73	1,1	0,96	0,57	0,51	0,85	0,45
8	0,39	0,63	0,97	0,82	0,48	0,43	0,72	0,39
9	0,34	0,55	0,84	0,71	0,42	0,38	0,63	0,34
10	0,30	0,48	0,74	0,63	0,37	0,33	0,56	0,30
15	0,18	0,30	0,45	0,39	0,23	0,20	0,34	0,18
20	0,13	0,21	0,32	0,27	0,16	0,14	0,24	0,13
	за пятьдесят лет							
0,5	20	32,5	50	42,5	25	22,5	37,5	20
1	65	105	160	135	80	70	120	65
2	75	120	185	155	90	85	135	75
3	55	90	140	120	70	65	105	55
4	42,5	70	105	90	55	48	80	42,5
5	33,5	55	85	70	41,5	37,5	65	33,5
6	27	44	70	60	34	30,5	50	27
7	22,5	36,5	55	48	28,5	25,5	42,5	22,5
8	19,5	31,5	48,5	41	24	21,5	36	19,5
9	17	27,5	42	35,5	21	19	31,5	17
10	15	24	37	31,5	18,5	16,5	28	15
15	9	15	22,5	19,5	11,5	10	17	9
20	6,5	10,5	16	13,5	8	7	12	6,5

Полученный прогноз воздействия на население радиационного фактора, позволяет рассмотреть возможность об ограничении размеров СЗЗ в пределах границ промплощадки Ростовской атомной станции.

Определены показатели, позволяющие оперативно прогнозировать радиационную нагрузку на человека из-за газоаэрозольных выбросов по различным путям миграции «станционных» радионуклидов во внешней среде и различным путям их поступления к человеку. Эти показатели позволяют оценивать «ценность» для

человека поступления радионуклидов через определенную пищевую или ингаляционную цепочку в единицах эффективной дозы.

Приведенные расчетные аргументы убедительно показывают достаточную радиационную безопасность для населения эксплуатации энергоблоков Ростовской атомной станции при выбросах радиоактивных веществ в атмосферу даже на уровне предельных допустимых выбросов.

Литература

1. МХО Интератомэнерго / Методы расчета распространения радиоактивных веществ с АЭС и облучения окружающего населения. Нормативно-технический документ П 38.220.56-84 // МХО Интератомэнерго. – М: Энергоатомиздат, 1984.
2. Программное средство ДОЗА (разработчик РНЦ КИ). Регистрационный номер ПС в ЦЭП НТЦ Госатомнадзора России 3 451 от 03.06.1999, регистрационный номер паспорта аттестации ПС №117 от 02.03.2000.
3. Отчет по экологической безопасности Ростовской атомной станции за 2019 год / Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (Ростовская АЭС). – Волгодонск, 2020 – С. 17-33.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2019 году. Раздел 3 / В. В. Макеев, Г. Н. Банников, О. И. Горская // ФГБУ «НПО «Тайфун», Росгидромет. – Обнинск, 2020. – С. 237-243.
5. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). – Министерство юстиции РФ, 2003.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Министерство юстиции РФ, 2009.
7. Материалы обоснования лицензии на осуществление деятельности в области использования атомной энергии «Эксплуатация энергоблока № 3 Ростовской АЭС в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104 % от номинальной с вентиляторными градирнями». Часть 3 / Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (Ростовская АЭС). – Волгодонск, 2019. – С. 296-311.