



УДК 621.039.58

О РАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫБРОСОВ БРЫЗГАЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Строганов А.А., к.ф.-м.н., Курьиндин А.В., к.т.н., Шаповалов А.С.
(ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

В данной статье представлены результаты оценки годовых эффективных доз на население за пределами промплощадок от выбросов брызгальных бассейнов атомных станций с реакторными установками типа ВВЭР-1000 проекта В-320. В статье показано, что брызгальные бассейны, как источники радиоактивных выбросов, подлежат государственному учету и нормированию в соответствии с российским законодательством, и, тем самым, установлена необходимость ограничения их выбросов путем установления нормативов предельно допустимых выбросов.

► **Ключевые слова:** радиоактивные вещества, выбросы, брызгальные бассейны, атмосферный воздух, радионуклиды, АЭС.

THE RADIATION EXPOSURE DUE TO DISCHARGES OF NUCLEAR POWER PLANTS SPRAY PONDS

Stroganov A.A., Ph.D., Kuryndin A.V., Ph.D., Shapovalov A.S.
(«SEC NRS»)

This paper presents the results of assessment of effective dose to the population outside VVER-1000/320 NPPs' fences due to emissions from their spray cooling ponds. The article also shows that the spray ponds as sources of radioactive discharges are liable to state registration and regulation in accordance with Russian legislation, and thus demonstrates the necessity of limitation their discharges by setting airborne discharge limits.

► **Key words:** radioactive, discharge, spray pond, ambient air, radionuclide, nuclear power plant.

Сложившаяся практика [1 – 6] свидетельствует о том, что под источниками выбросов в атомной отрасли в целом и для атомных станций (АС) в частности в настоящее время понимаются только организованные источники, выброс из которых в окружающую среду не предназначенных для дальнейшего использования радиоактивных веществ осуществляется с помощью организованного потока воздуха. В связи с этим в годовых отчетах ОАО «Концерн Росэнергоатом» [7, 8] регулярно публикуется информация о том, что, с учетом достигнутого уровня безопасности АС, в режиме нормальной эксплуатации энергоблоков их воздействие на население является пренебрежимо малым и не превышает минимально значимую дозу, равную, в соответствии с НРБ-99/2009 [9], 10 мкЗв/год. Столь низкий уровень воздействия достигается, по мнению специалистов ОАО «Концерн Росэнергоатом», за счет соблюдения нормативов допустимых выбросов, установленных только для инертных радиоактивных газов (ИРГ) и радионуклидов ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , указанных в таблице 5.2 СП АС-03 [10].

Однако помимо таких организованных источников выбросов, как вентиляционные трубы, выбрасывающие ИРГ и радионуклиды ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , на российских АС имеются и неорганизованные источники выбросов, например брызгальные бассейны, используемые для непрерывного охлаждения технологического оборудования ответственных потребителей I, II, III каналов систем безопасности энергоблоков АС с реакторными установками типа ВВЭР-1000 проекта В-320. Реакторные установки данного типа эксплуатируются на энергоблоках № 1 – 4 Балаковской АЭС, энергоблоках № 1, 2 Ростовской АЭС и энергоблоках № 3, 4 Калининской АЭС. Охлаждение воды в брызгальных бассейнах осуществляется путем её разбрызгивания через систему сопел с последующим свободным падением в бассейн. В процессе диспергирования воды образуются капли разных размеров, часть которых может выноситься ветром за пределы бассейна. Помимо капельного уноса, при эксплуатации брызгальных бассейнов происходит естественное испарение воды с диспергированных в воздухе капель, а также, в меньшей степени, с зеркал брызгальных бассейнов, с последующим ветровым переносом водяного пара в атмосфере. В связи с тем, что активность радионуклидов в циркуляционной воде брызгальных бассейнов в значительной степени зависит от активности радионуклидов в теплоносителе первого контура и работы выпарных установок систем спецводо-

очистки и систем обращения с жидкими радиоактивными отходами, слаборадиоактивные дистилляты из которых в составе дебалансных и прочих вод (в том числе и радиоактивных) подаются на брызгальные бассейны, данные бассейны являются источниками выбросов радионуклидов в атмосферу в результате испарения и капельного уноса.

Порядок определения источников вредных физических воздействий на атмосферный воздух (в том числе источников радиоактивных выбросов) и порядок определения загрязняющих веществ (в том числе радиоактивных), подлежащих государственному учету и нормированию, регулируются Приказом Минприроды России от 31 декабря 2010 года № 579 [11]. В соответствии с пунктами 6 и 7 [11] государственному учету и нормированию подлежат:

- источники, суммарный выброс которых создает без учета рассеивания индивидуальную годовую эффективную дозу более 10 мкЗв;
- радиоактивные изотопы всех элементов периодической системы химических элементов, выбрасываемые из источника выбросов, суммарный вклад которых в годовую эффективную дозу облучения лиц из критической группы населения, создаваемую выбросом этого источника (уже с учетом рассеяния), составляет не менее 99%.

В настоящее время порядок установления нормативов предельно допустимых выбросов определяется постановлением Правительства от 2 марта 2000 года № 183 [12]. Согласно пункту 5 [12], при определении нормативов выбросов радиоактивных веществ применяются методы определения предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, утверждаемые Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору. Данные методы установлены в методике [13]. Действие методики [13] распространяется и на российские АС, а в соответствии с пунктом 7 [13] нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) необходимо устанавливать для источников выбросов и радиоактивных веществ, подлежащих государственному учету и нормированию, т.е. в соответствии с порядком [11].

Для определения того, подлежат ли брызгальные бассейны Балаковской, Калининской и Ростовской АЭС государственному учету и нормированию и есть ли необходимость ограничения их выбросов путем установления нормативов ПДВ, коллективом авторов сделаны расчеты годовых эффективных доз без учета рассеяния от выбросов

брызгальных бассейнов. В ходе проведения данных расчетов предполагалось, что объемы капельно-паровой смеси, уносимой ветром с поверхности брызгальных бассейнов, равны объемам подпитки брызгальных бассейнов. С учетом оцененных количеств выброшенной в атмосферу капельно-паровой смеси и при использовании имеющихся результатов радиационного контроля содержания радионуклидов ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co и трития в воде брызгальных бассейнов указанных выше АЭС, были оценены годовые выбросы данных радионуклидов при эксплуатации брызгальных бассейнов этих АЭС. Для учета разделения выбросов из брызгальных бассейнов на капельную и паровую фазу использовались проектные данные [14], согласно которым около 80% выбросов из брызгального бассейна обусловлено ветровым уносом воды в виде капель, а около 20% – в виде пара. Результаты расчетов представлены в таблице.

образом, следует заключить, что брызгальные бассейны Калининской, Балаковской и Ростовской АЭС подлежат государственному учету и нормированию как источники выбросов и, в соответствии с пунктом 7 методики [13], для них необходимо установление нормативов ПДВ.

Также коллективом авторов проведена оценка доз за пределами промплощадок Балаковской, Калининской и Ростовской АЭС. Для моделирования атмосферного переноса выбросов брызгальных бассейнов использована модель, реализованная в программном средстве GENII [15], разработанном Тихоокеанской национальной лабораторией США для нужд Агентства по защите окружающей среды США, особенностью которой является возможность моделирования атмосферного переноса выброса из площадного источника. Для расчета доз облучения за пределами промплощадок, обусловленного воздействием трития, ^{137}Cs , ^{134}Cs и ^{60}Co , использовались модели, рекомендованные в доку-

Таблица

**Выбросы радионуклидов при эксплуатации брызгальных бассейнов
Балаковской, Ростовской и Калининской АЭС**

АЭС		Выброс радионуклида, Бк/год			
		^{137}Cs	^{134}Cs	^{60}Co	Тритий
Калининская АЭС	Унос с паром	$1,5 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^8$
	Капельный унос	$1,4 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^8$
Ростовская АЭС (брызгальные бассейны энергоблока № 1)	Унос с паром	$1,0 \cdot 10^5$	$4,3 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{12}$
	Капельный унос	$9,7 \cdot 10^7$	$3,8 \cdot 10^7$	$3,7 \cdot 10^7$	$5,8 \cdot 10^{12}$
Ростовская АЭС (брызгальные бассейны энергоблока № 2)	Унос с паром	$1,2 \cdot 10^5$	$4,6 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$	$3,9 \cdot 10^{10}$
	Капельный унос	$1,0 \cdot 10^8$	$4,1 \cdot 10^7$	$4,0 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^{11}$
Балаковская АЭС	Унос с паром	$2,0 \cdot 10^6$	$6,8 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{13}$
	Капельный унос	$1,8 \cdot 10^9$	$6,1 \cdot 10^8$	$5,9 \cdot 10^8$	$5,5 \cdot 10^{13}$

В целях определения необходимости установления нормативов ПДВ в соответствии с требованиями пункта 7 методики [13] проведен расчет годовой эффективной дозы без учета рассеяния, обусловленной воздействием брызгальных бассейнов Балаковской, Калининской и Ростовской АЭС. На основании данных таблицы по активности трития, выброшенной в виде пара, минимальная из которых составляет $1,87 \cdot 10^8$ Бк (для Калининской АЭС), а также с учетом значения дозового коэффициента по ингаляции трития ($2,7 \cdot 10^{-10}$ Зв/Бк) [9], полученная величина годовой эффективной дозы только от поступления трития за счет ингаляции без учета рассеяния превышает 10 мкЗв/год. Таким

emente МАГАТЭ «Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment» [16]. При расчетах учитывались такие пути облучения, как внешнее облучение от облака выброса, внешнее облучение от выпадений на поверхность земли, внутреннее облучение, обусловленное ингаляцией радионуклидов в облаке выброса, облучение, обусловленное пероральным поступлением радионуклидов с продуктами питания, и облучение, обусловленное поступлением трития через кожные покровы.

В связи с тем, что ни дисперсный состав капельной фазы выбросов из брызгальных бассейнов, ни такие характеристики, как флуктуации давления

или расхода рабочей среды в брызгальных устройствах, которые могли бы быть применены в рамках теории моделирования дисперсного состава капельной влаги, разбрызгиваемой из сопел [17] для моделирования дисперсного состава, в настоящее время достоверно не изучены, при расчетах дисперсные составы варьировались.

Согласно [17], капли с размерами меньше 20 мкм значительно более подвержены адвективному переносу потоками воздуха, чем капли с размерами, превышающими 20 мкм. В связи с этим рассчитанные дозы на население проварьированы по параметру PM20, характеризующему ту часть капельного

рых достигаются уровни облучения в дозе, равной 10 мкЗв/год, создаваемые выбросами брызгальных бассейнов Ростовской АЭС.

Изображения карт на рис. 1 – 4 получены с помощью программы Google Earth.

Проведен расчет доз на персонал, обусловленных выбросами брызгальных бассейнов Балаковской, Калининской и Ростовской АЭС. При расчете учитывался только путь облучения, обусловленный ингаляцией радионуклидов из облака выброса. Расчет показал, что даже в непосредственной близости от брызгальных бассейнов (до 10 м от края бассейна) значение годовой

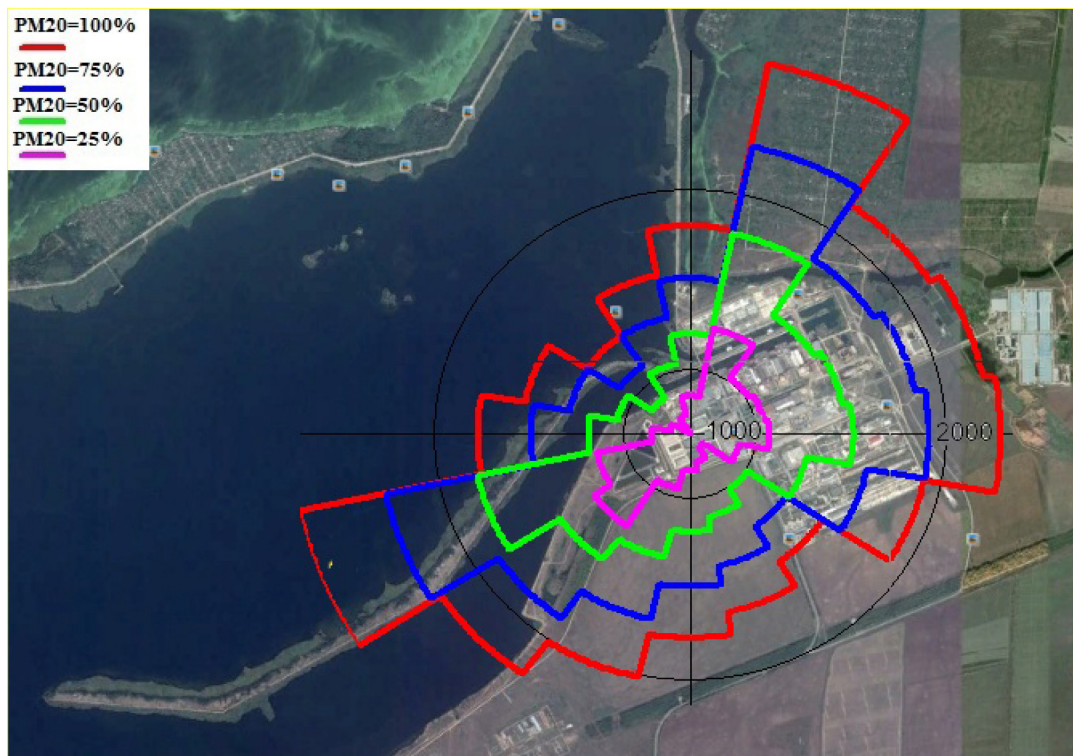


Рис. 1. Границы, за которыми не превышен уровень облучения населения дозой 10 мкЗв/год за счет выбросов брызгальных бассейнов Балаковской АЭС

выброса, размеры капель в которой составляют меньше 20 мкм и которая, соответственно, обуславливает значение дозы облучения лиц из населения. При расчетах принимались значения PM20, равные 100, 75, 50 и 25%. Результаты проведенных расчетов доз за пределами промплощадок приведены на рис. 1 – 4. На рис. 1 – 3 схематично представлены проварьированные по параметру PM20 расстояния, на которых достигаются уровни облучения в дозах, равных 200 мкЗв/год, 50 мкЗв/год и 10 мкЗв/год, создаваемые выбросами брызгальных бассейнов Балаковской АЭС.

На рис. 4 схематично представлены проварьированные по параметру PM20 расстояния, на кото-

эффективной дозы на персонал для Балаковской АЭС не превышает 2 мкЗв/год, для Калининской АЭС – $1,3 \cdot 10^{-3}$ мкЗв/год, для Ростовской АЭС – 0,3 мкЗв/год.

Результаты расчетов доз, обусловленных выбросами брызгальных бассейнов Калининской АЭС, свидетельствуют о том, что за пределами ее промплощадки доза 10 мкЗв/год не превышает. Дозы 200 мкЗв/год и 50 мкЗв/год не превышаются за пределами промплощадки Ростовской АЭС. Однако расчеты показывают, что выводы [7, 8] в отношении радиационного воздействия АЭС требуют переосмысления.

Таким образом, по результатам проведенных расчетов и оценок можно сформулировать следующие основные выводы.

1) Брызгальные бассейны Калининской, Балаковской, и Ростовской АЭС подлежат государственному учету и нормированию как источники выбросов и, в связи с этим, в соответствии с методикой [13], для них необходимо установление

нормативов ПДВ.

2) Значения минимально значимой дозы (10 мкЗв/год), установленной НРБ-99/2009 [9], достигаются за пределами промплощадок Балаковской и Ростовской АЭС, при этом установленные в СП АС-03 [10] дозовые квоты за пределами промплощадок не достигаются.

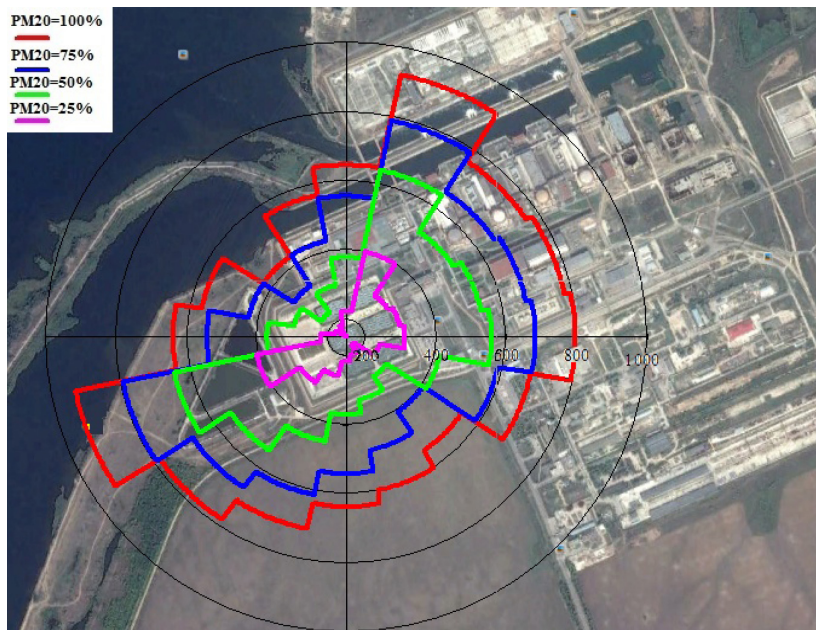


Рис. 2. Границы, за которыми не превышен уровень облучения населения дозой 50 мкЗв/год за счет выбросов брызгальных бассейнов Балаковской АЭС

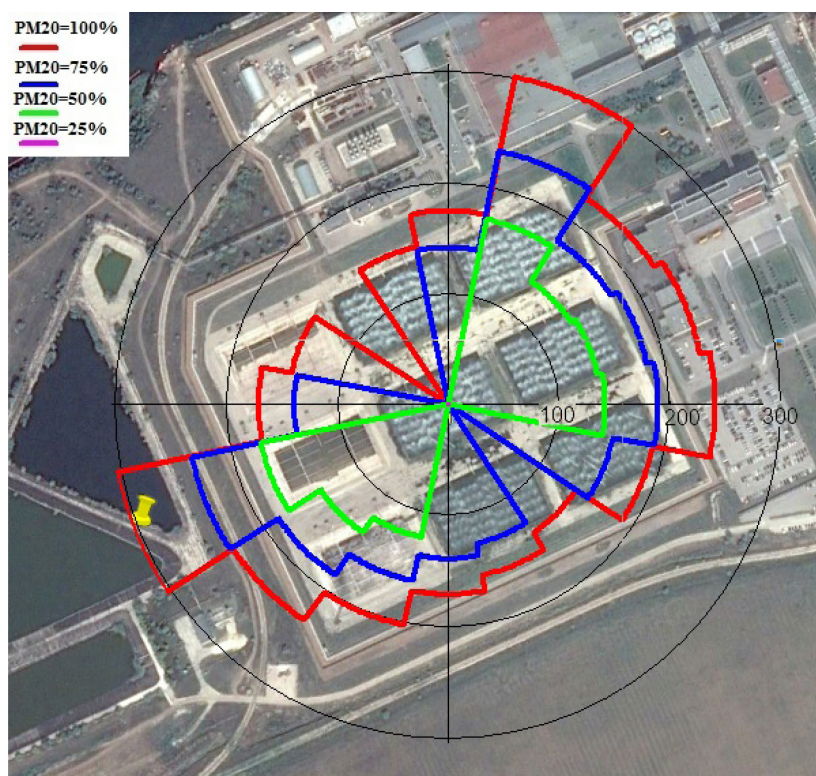


Рис. 3. Границы, за которыми не превышен уровень облучения населения дозой 200 мкЗв/год за счет выбросов брызгальных бассейнов Балаковской АЭС

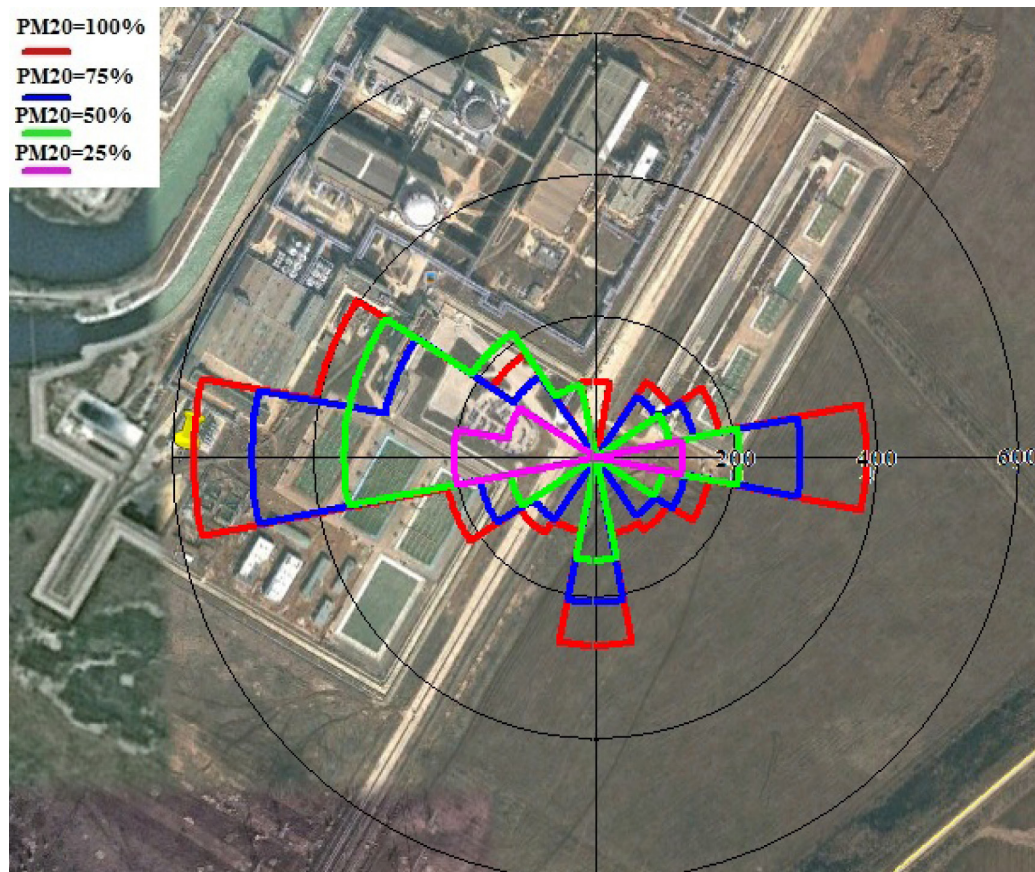


Рис. 4. Границы, за которыми не превышен уровень облучения населения дозой 10 мкЗв/год за счет выбросов брызгальных бассейнов Ростовской АЭС

3) Значение 50 мкЗв/год достигается за пределами промплощадки Балаковской АЭС, а значение дозовой квоты 200 мкЗв/год при этом не достигается.

4) Значимое влияние на величины доз за пределами промплощадки АЭС оказывает параметр PM20, характеризующий миграционную способность выбрасываемой из брызгальных бассейнов

капельной фазы, его значение целесообразно уточнять экспериментально.

По результатам соответствующих экспериментов (по определению фактического соотношения капельной и паровой фазы в выбросах брызгальных бассейнов конкретной АЭС, уточнению значения параметра PM20) консерватизм вышеприведенных оценок может быть существенно снижен.

Список литературы

1. Девятая Международная научно-техническая конференция «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» (МНТК-2014). – Материалы конференции (Москва, 21-23 мая 2014 г.).
2. В.И. Игнатов, В.Н. Бессонов. Отчет об экологической безопасности за 2012 год. Балаковская АЭС. - г. Балаково, 2012.
3. А.А. Сальников, О.В. Лебедев. Отчет об экологической безопасности за 2012 год. Ростовская АЭС. - г. Волгодонск, 2012.
4. А.В. Паламарчук, О.В. Лебедев. Отчет об экологической безопасности за 2010 год. Ростовская АЭС. - г. Волгодонск, 2010.
5. М.Ю. Канышев, А.С. Войтенко. Отчет об экологической безопасности за 2012 год. Калининская АЭС. - г. Удомля, 2012 г.
6. В.И. Игнатов, В.Н. Бессонов. Отчет об экологической безопасности за 2010 год. Балаковская АЭС. - г. Балаково, 2010.

7. А.М. Локшин, Е.В. Романов. Годовой отчет ОАО «Концерн Росэнергоатом» за 2011 год.
8. А.М. Локшин, Е.В. Романов. Годовой отчет ОАО «Концерн Росэнергоатом» за 2012 год.
9. СанПиН 2.6.1.2523-03. Санитарные правила и нормы. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). М.: - 2002.
10. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). Санитарные правила и гигиенические нормативы СанПин 2.6.1.24-03. Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 апреля 2003 г. № 69.
11. Приказ Минприроды России от 31 декабря 2010 г. № 579 (в ред. Приказа Минприроды России от 18.07.2013 № 249). О порядке установления источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, подлежащих государственному учету и нормированию, и о перечне вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих государственному учету и нормированию.
12. Правительство Российской Федерации. Постановление от 2 марта 2000 г. № 183 о нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него (в ред. постановлений Правительства РФ от 14.04.2007 № 229, от 22.04.2009 № 351, от 15.02.2011 № 78).
13. Методика разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, утвержденная приказом Ростехнадзора от 07 ноября 2012 года № 639 (зарегистрирована в Минюсте России 18 января 2013 № 26595).
14. Электронный ресурс. <http://www.xaec.org.ua/store/files/ovos/ukr/volume-05.rar>.
15. GENII Version 2 Software Design Document. Pacific Northwest National Laboratory/ B.A. Napier, P.W. Eslinger, D.K. Strenge, C. Fosmire, J.V. Ramsdell Jr. - November 2004.
16. Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment/ Safety Reports.- Series № 19.-Vienna: IAEA, 2000.
17. Modeling drop size distributions/E.Babinskiy, P.E. Sojka//Progress in Energy and Combustion Science.- 28 (2002).- 303-329.- February 2002.

