

* δ — вероятности цепочек.

В спектре теплового реактора после поглощения первого нейтрона ^{241}Am разделится с вероятностью лишь 1,2%, с вероятностью 98,8% произойдет радиационный захват нейтрона. В результате этого захвата образуется 0,099 ядра ^{242m}Am и 0,901 ядра ^{242}Am . В ряду ядерных превращений, начинающихся с ^{242m}Am , делящимися изотопами являются ^{242m}Am и ^{245}Cm . В этой ветви цепочки трансмутации происходит 0,096 деления, поглощается 0,144 нейтрона и рождается 0,32 нейтрона деления. Вклад этой ветви в трансмутацию ^{241}Am мал. Основной является цепочка превращений ^{242}Am , делящимися изотопами в которой являются ^{239}Pu , ^{241}Pu и ^{245}Cm . В ней происходит 0,88 деления, поглощается 2,51 нейтрона и рождается 2,59 нейтрона деления. В целом рассмотренная цепочка трансмутации дает 0,985 деления, поглощает при этом 3,65 нейтрона и рождает 2,95 нейтрона деления, т.е. рождает на 0,7 нейтрона меньше, чем поглощает.

Трансмутационные цепочки ^{237}Np и ^{241}Am показали, что в спектре быстрого реактора они относительно короткие и в них рождается больше нейтронов (избыток 0,8—1 нейтрон на одно стартовое ядро), чем поглощается. В спектре теплового реактора эти цепочки длиннее, в них поглощается больше нейтронов (дефицит 0,7—0,83 на одно стартовое ядро), чем рождается, т.е. для получения этих нейтронов требуется сжигать дополнительное ядерное топливо, например, ^{235}U , ^{239}Pu . Указанные различия определяются особенностями нейтронных сечений и выхода нейтронов при делении в спектре быстрого или теплового реактора.

Поступила в Редакцию 20.06.05

УДК 621.039.58'68

ПЕРЕХОД К НОВОМУ РАЗМЕРУ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ АЭС

Абагян А.А., Иванов Е.А. (ВНИИАЭС),

Сорокин Н.М., Новиков А.В. (Концерн «Росэнергоатом»),

Ильин Л.А., Кочетков О.А. (ГНЦ РФ — Ин-т биофизики)

Национальная политика нашей страны в области обеспечения безопасности ядерной энергетики базируется на федеральных законах [1, 2], направленных на защиту здоровья и жизни людей, охрану окружающей среды, защиту собственности и призванных содействовать укреплению международного режима безопасности при использовании атомной энергии. В настоящее время на 10 АЭС находится в эксплуатации 31 энергоблок общей электрической мощностью 23,2 ГВт, что составляет около 14% установленной электрогенерирующей мощности страны.

В соответствии с мировой практикой безопасность АЭС обеспечивается за счет последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду и системы технических и организационных мер по защите барьеров и сохранению их эффективности, а также защите персонала, населения и окружающей среды. Система физических барьеров блока включает топливную матрицу, оболочку твэла, границу

контура теплоносителя реактора, герметичное ограждение реакторной установки и биологическую защиту.

В Советском Союзе в отличие от других стран при строительстве и эксплуатации АЭС был введен взятый из практики эксплуатации химических предприятий дополнительный барьер — санитарно-защитная зона, отделяющая атомную станцию от жилых застроек. Изначально и в настоящее время санитарно-защитная зона устанавливается с целью ограничить облучение населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС.

В соответствии с федеральным законом [1] «санитарно-защитная зона — территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить установленный предел дозы облучения для населения». В соответствии с действующим законодательством на санитарно-защитную зону не возлагаются функции по физической безопасности АЭС. В связи с угрозой террористических актов в последнее время введено понятие зоны безопасности объектов ядерной энергетики, которая предназначена для их предупреждения, выявления и пресечения и имеет совершенно другое назначение. Размер и границы санитарно-защитной зоны определяются проектом, который согласовывается с органами санитарно-эпидемиологического надзора и утверждается органами местного самоуправления муниципальных районов или городских округов. На ее территории должен проводиться радиационный контроль, запрещается размещение жилых и общественных зданий, детских учреждений, лечебно-оздоровительных учреждений, объектов общественного питания, промышленных объектов, подсобных и других сооружений и объектов, не предусмотренных проектом. Территория санитарно-защитной зоны вокруг АЭС не должна рассматриваться в качестве резерва расширения промышленной площадки, а также перспективного развития жилой застройки. В соответствии с ОСПОРБ-99 [3] за ее пределами радиационное воздействие АЭС на население при нормальной эксплуатации должно быть ограничено размером квоты (части предела дозы, установленной для ограничения облучения населения от конкретного техногенного источника и пути облучения). В СП АС-03 [4] для действующих АЭС данная квота на облучение населения установлена равной 250 мкЗв/год, для проектируемых и строящихся — 100 мкЗв/год. Указанные квоты устанавливаются для ограничения суммарного облучения населения от радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферу и жидких сбросов в поверхностные воды для АЭС в целом независимо от числа энергоблоков на промышленной площадке (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Годовые квоты на облучение населения от выбросов и сбросов радиоактивных веществ при нормальной эксплуатации АЭС, мкЗв

Радиационный фактор	АЭС	
	действующая	строящаяся или проектируемая
Газоаэрозольные выбросы	200	50
Жидкие сбросы	50	50

Квота рассматривается как верхняя граница возможного облучения населения от радиационного фактора при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС. В НРБ-99 [5] и ОСПОРБ-99 [3] в качестве

нижней границы дозы облучения от отдельного радиационного фактора при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС принимается минимально значимая доза, равная 10 мкЗв/год (требования санитарных норм и правил не распространяются на источники излучения, приводящие к индивидуальной годовой эффективной дозе менее 10 мкЗв при любых условиях обращения с ними).

В соответствии с действующим законодательством [1, 2] и нормативной базой [3—5] по согласованию с федеральным органом госсанэпиднадзора санитарно-защитная зона вокруг АЭС может быть ограничена пределами промышленной площадки.

Более 30 лет назад консервативно без научного обоснования вокруг АЭС был установлен фиксированный размер санитарно-защитной зоны, как правило, радиусом 3 км, независимо от типа и числа реакторных установок и реальных уровней их воздействия на население и окружающую среду. Предполагалось, что система физических барьеров по разным причинам не может в достаточной мере обеспечить в режиме нормальной эксплуатации АЭС безопасность населения и окружающей среды за пределами промышленной площадки. Очевидно, что установление такой санитарно-защитной зоны являлось вынужденной мерой, когда считалось, что невозможно иным путем предотвратить поступление радионуклидов за пределы промышленной площадки в режиме нормальной эксплуатации атомной станции. В практике эксплуатации АЭС в ведущих странах мира зон, аналогичных санитарно-защитной зоне, нет, т.е. фактор окружающей среды как барьер безопасности полностью исключен из арсенала способов и средств снижения дозы облучения населения при нормальной эксплуатации атомной станции. Использование части окружающей среды за пределами промышленной площадки в качестве элемента (физического барьера) радиационной защиты населения и окружающей среды от воздействия АЭС при ее нормальной эксплуатации следует рассматривать как важное основание для повышения безопасности атомной станции.

Вопрос об изменении подходов к установлению размера и режима эксплуатации санитарно-защитной зоны радиационного объекта рассматривался специалистами, начиная с 1990 г. в связи с переходом на новую концепцию обеспечения радиационной защиты населения [6], анализом мирового опыта зонирования территории вокруг радиационного объекта, развитием товарно-денежных отношений.

Были рассмотрены различные подходы к расчету и обоснованию размера санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения вокруг радиационного объекта на основе современных требований к радиационной безопасности населения и окружающей среды. Результаты исследований по этому вопросу реализованы в нормативно-методических документах [7—9], в соответствии с которыми пересмотр размера санитарно-защитной зоны должен быть основан на детальном анализе АЭС как источника поступления радиоактивных веществ в окружающую среду и подтвержден соответствующими расчетами.

С момента пуска первых энергоблоков АЭС в начале 1960-х годов Минздравом СССР устанавливались нормативы поступления радиоактивных веществ в окружающую среду, которые ужесточались по мере повышения текущего технического уровня безопасности атомных станций. За последние 20 лет в результате модернизации и технического перевооружения энергоблоков действующих АЭС первого и второго поколений, повышения качества изготовления и надежности оборудования, внедрения современной технологии очистки радиоактивных технологических сред

и повышения культуры безопасности произошло значительное (в 10—100 раз) снижение поступления радионуклидов в окружающую среду при нормальной эксплуатации АЭС. В настоящее время основные характеристики безопасности отечественных АЭС существенно лучше среднемирового уровня для атомных станций с реакторами аналогичной конструкции. В период до 2010 г. программой развития ядерной энергетики в нашей стране предусматривается сооружение АЭС нового поколения повышенной безопасности.

С учетом достигнутого уровня безопасности АЭС в режиме нормальной эксплуатации было принято решение об установлении для АЭС нормативов допустимых выбросов и допустимых сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду на таком уровне, при котором доза облучения лиц из критической группы населения, проживающих в районе расположения атомной станции, была бы пренебрежимо мала, т.е. ниже минимально значимой дозы 10 мкЗв/год, установленной в НРБ-99 [5] и ОСПОРБ-99 [3] в качестве нижней границы при оптимизации радиационной защиты населения. При таком ограничении поступления радионуклидов в окружающую среду при нормальной эксплуатации АЭС радиационный риск для населения является безусловно приемлемым (менее 10^{-6} год⁻¹) и примерно в 1000 раз ниже риска смерти от дорожно-транспортных происшествий.

Переход к концепции обеспечения безусловно приемлемого радиационного риска для населения в районах расположения АЭС [4] привел к значительному (в 10—100 раз) уменьшению действовавших до 2000 г. нормативов допустимых выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

Анализ убедительно показывает, что на АЭС имеются достаточные гарантии соблюдения новых нормативов. В качестве примера в табл. 2 приведены фактические выбросы инертных радиоактивных газов и ¹³¹I с АЭС в атмосферу в единицах допустимого выброса [4] за последние 10 лет.

Таблица 2. Фактические выбросы АЭС в атмосферу в 1995—2004 гг., %

АЭС	Нук- лид	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
Балаковская	РБГ	2,0	1,0	0,93	0,91	1,5	0,55	0,46	0,44	0,081	0,029
	¹³¹ I	0,89	3,8	0,78	4,6	3,2	3,8	5,6	6,6	0,88	1,7
Белоярская	РБГ	0,59	0,61	1,2	2,5	3,6	0,92	2,8	0,82	0,33	1,3
	¹³¹ I	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Волгодонская	РБГ	—	—	—	—	—	—	0,13	0,02	1,2	1,0
	¹³¹ I	—	—	—	—	—	—	0,10	<0,01	2,1	0,53
Калининская	РБГ	2,9	2,8	3,6	4,9	2,8	2,3	2,4	2,7	2,4	3,8
	¹³¹ I	3,0	<1	<0,4	7,2	3,9	1,5	4,4	0,3	0,23	0,27
Кольская	РБГ	19	15	11	8,8	3,8	7,2	7,2	3,0	3,3	1,1
	¹³¹ I	18	11	19	11	12	20	23	9,2	5,7	3,4
Курская	РБГ	30	32	17	13	14	10	7,8	6,6	9,6	9,8
	¹³¹ I	7,5	11	12	8,3	9,1	2,5	2,3	1,8	3,5	8,7
Ленинградская	РБГ	30	27	26	12	12	8,0	9,6	12	10	20
	¹³¹ I	22	32	18	18	2,2	1,8	1,2	1,2	1,2	0,97
Нововоронежская	РБГ	3,5	2,8	5,5	7,4	5,7	3,4	3,9	7,2	11	14
	¹³¹ I	2,3	6,1	6,1	7,2	2,8	2,2	5,6	7,0	6,7	36
Смоленская	РБГ	27	18	19	17	16	14	16	8,8	5,9	3,4
	¹³¹ I	6,8	6,0	27	15	5,7	9,0	5,2	1,7	0,57	0,35

Анализ многолетних данных радиационного контроля в районах расположения АЭС позволяет сделать вывод, что за пределами промышленной площадки нормальная эксплуатация не приводит к обнаруживаемому современными приборами радиоактивному загрязнению объектов внешней среды (почвы, воды, флоры и фауны) на фоне сезонных и статистических колебаний загрязнения этих объектов искусственными радионуклидами от глобальных выпадений вследствие испытаний ядерного оружия и аварии на Чернобыльской АЭС. Установленный факт низкого радиационного воздействия АЭС на население и окружающую среду позволил пересмотреть концепцию радиационного контроля в районе расположения АЭС в сторону сокращения объемов и видов радиационного контроля при одновременном повышении требований к достоверности результатов контроля выбросов и сбросов [10]. Такой подход соответствует рекомендациям МКРЗ [6], согласно которым контроль облучения населения при всех нормальных условиях проводится путем контроля за источником, а не за окружающей средой. В табл. 3 приведены обобщенные данные об ущербе здоровью населения различного энергопроизводства [11]. Видно, что наибольший ущерб здоровью населения в целом причиняет энергопроизводство на основе нефти и угля. Ущерб от остальных рассмотренных энергопроизводств примерно одинаков и в 10—100 раз меньше ущерба от угольного топливного цикла. Энергопроизводство на основе угля и нефти отличается еще и тем, что большая часть ущерба приходится на население и меньшая на персонал. Для всех остальных рассмотренных энергопроизводств это соотношение обратное. Уровень воздействия гидроэнергетики на здоровье персонала и населения относительно мал и обусловлен, главным образом, косвенным риском (производством материалов, строительными работами и др.). Для этого вида энергетики большее значение имеет экологическое воздействие (изъятие больших площадей под водохранилище, изменение гидрологического режима водных объектов и др.). Следует отметить, что вклад АЭС в полный ущерб для населения от ядерного топливного цикла составляет несколько процентов. Это означает, что воздействие АЭС на население и окружающую среду в районах их расположения значительно ниже, чем любого другого энергопроизводства.

Т а б л и ц а 3. Обобщенные данные об ущербе здоровью населения от различных энергопроизводств, потерянные чел.-сут/(МВт-год)

Вид энергопроизводства	Персонал	Население	Полный ущерб
Уголь	6—100	4—160	10—260
Нефть	1,5—30	1—140	2,5—170
Газ	1—8	5	6—13
Ядерный топливный цикл	4—13	1—3	5—16
Солнечная энергия:			
тепловой нагрев	30—60	0,4—10	30—70
фотогальваническое преобразование	5—14	1—2	6—16
термоэлектрическое преобразование	7—15	1—3	8—18
метанол	6—7	0,01—0,1	6—7

Из табл. 4 видно, что в районах расположения действующих АЭС годовая доза облучения населения на протяжении многих лет значительно ниже 10 мкЗв.

Т а б л и ц а 4. Максимальная годовая эффективная доза облучения населения в районах расположения АЭС в 1995—2004 гг., мкЗв

АЭС	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
Балаковская	0,033	0,041	0,042	0,068	0,076	0,078	0,068	0,066	0,022	0,019
Белоярская	0,085	0,078	0,12	0,12	0,15	0,074	0,15	0,033	0,056	0,043
Волгодонская	—	—	—	—	—	—	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,060	0,012
Калининская	0,073	0,067	0,057	0,16	0,087	0,060	0,10	0,043	0,033	0,046
Кольская	1,3	0,49	0,29	0,17	0,25	0,32	0,43	0,20	0,19	0,14
Курская	2,1	2,5	1,4	1,0	1,1	0,74	0,58	0,52	0,71	0,80
Ленинградская	2,7	2,6	2,2	1,3	0,99	0,74	0,85	0,95	0,79	1,5
Нововоронежская	0,38	0,26	0,30	0,30	0,42	0,30	0,46	0,44	0,47	0,57
Смоленская	1,9	1,3	1,7	1,4	1,2	1,1	1,2	0,65	0,42	0,26

Расчеты показывают, что в случае проектных аварий на энергоблоках отечественных АЭС с реакторными установками различного типа (их проекты утверждены до введения в действие НРБ-99) технические системы безопасности обеспечат соблюдение требования п. 5.24 СП АС-03, т.е. не потребуются принятия обязательных мер по защите населения в начальном периоде радиационной аварии на любом расстоянии за ее пределами.

Исходя из важности безопасности населения и окружающей среды при эксплуатации АЭС Указом Президента Российской Федерации «Об эксплуатирующей организации атомных станций Российской Федерации» от 07.09.92 № 1055 «органам местной администрации предписано закрепить за концерном «Росэнергоатом» земельные участки в пределах санитарно-защитных зон атомных станций на праве бессрочного пользования». В соответствии со статьей федерального закона [2] убытки, причиненные установлением санитарно-защитной зоны, возмещаются эксплуатирующей организацией — концерном «Росэнергоатом». В соответствии с законодательством земельные участки, входящие в состав санитарно-защитной зоны и расположенные за пределами промышленной площадки АЭС, являются объектом налогообложения.

В связи с затратами на поддержание статуса существующих санитарно-защитных зон вокруг АЭС, а также с учетом еще больших затрат в будущем, по мере того, как земля будет включена в полноценные товарно-денежные отношения, оптимизация размеров санитарно-защитной зоны в рамках действующего законодательства приобретает большое значение.

В настоящее время можно сделать вывод о принципиальной возможности отказа от использования части окружающей среды при защите населения от радиационного воздействия АЭС в режиме ее нормальной эксплуатации, что позволяет ограничить размеры санитарно-защитной зоны пределами промышленной площадки атомной станции в соответствии с действующим законодательством и нормативной базой.

Из анализа табл. 5 видно, что для некоторых АЭС предлагаемые новые размеры санитарно-защитной зоны превышают размеры их промышленных площадок. Для Курской, Ленинградской, Смоленской и Кольской АЭС это связано с учетом некоторых дополнительных обстоятельств (размещение за промышленной площадкой существующих и планируемых транспортных путей по перемещению радиоактивных отходов, контейнеров с отработавшим ядерным топливом и др.). Предлагаемый размер санитарно-защитных зон вокруг Билибинской, Белоярской и Нововоронежской АЭС связан с последствиями радиационных инцидентов, имевших место в предыдущие годы.

Т а б л и ц а 5. Предлагаемые размеры санитарно-защитной зоны вокруг АЭС, км

АЭС	Новый или предлагаемый размер (радиус)	Радиус до пересмотра
Балаковская	Санитарно-защитная зона ограничена пределами промышленной площадки	3
Белоярская	Санитарно-защитная зона включает промплощадки трех очередей АЭС, а также Ольховскую болотно-речную систему	3
Билибинская	0,5	3
Волгодонская	Санитарно-защитная зона ограничена пределами промышленной площадки	3
Калининская	То же	3
Кольская	Санитарно-защитная зона включает промышленную площадку, а также центральную часть полуострова, разделяющую Бабинскую Имандру от Иокостровской Имандры до автомобильной дороги М18 С.-Петербург—Мурманск	5
Курская	1,7	1,7
Ленинградская	1,5	3
Нововоронежская	Объединение двух окружностей с радиусами 2,25 (ВТ-1) и 2 (ВТ-2)	Объединение двух окружностей с радиусами 2,25 (ВТ-1) и 2 (ВТ-2)
Смоленская	1	3

В настоящее время по каждому проекту санитарно-защитной зоны (10 АЭС) Федеральное управление «Медбиозэкстрем» выдало положительное санитарно-эпидемиологическое заключение, проекты санитарно-защитной зоны вокруг Балаковской, Белоярской, Билибинской, Кольской, Курской и Ленинградской АЭС утверждены соответствующими органами местного самоуправления муниципальных районов или городских округов.

Важно подчеркнуть, что обоснованное сокращение размера санитарно-защитной зоны АЭС (см. табл. 5), вплоть до промышленной площадки, не является действием, наносящим ущерб здоровью населения, а соответствует здравому экономическому подходу к использованию отведенных земель в рамках действующих санитарных правил. Этот факт лишний раз подтверждает достаточность системы технических мер физических барьеров при эксплуатации АЭС без использования части окружающей среды в качестве защитного барьера.

Следует еще раз отметить основополагающий принцип назначения санитарно-защитной зоны — санитарно-защитная зона ни в коей мере не имеет отношения к защитным мероприятиям на случай радиационной аварии на объекте. В последнем

случае согласно рекомендациям МАГАТЭ [12, 13] предлагается предусматривать противоаварийным планом установление специальных зон защитных мероприятий: эвакуации, укрытия, возможного временного переселения населения. Противоаварийным планом могут быть предусмотрены и другие защитные зоны [14], но это отдельная тема для рассмотрения в последующих публикациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный закон** «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.1996.
2. **Федеральный закон** «Об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.1995.
3. **Основные санитарные правила** обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М., Минздрав России, 2000.
4. **Санитарные правила** проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). М., 2004.
5. **Нормы радиационной безопасности** (НРБ-99). М., Минздрав России, 1999.
6. **Пределы** годового поступления радионуклидов в организм работающих, основанные на Рекомендациях 1990. Публикация № 60, ч. 1, 61 МКРЗ. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Пер. с англ. Под ред. И.Б. Кеирим-Маркуса. М.: Энергоатомиздат, 1994.
7. **Санитарно-защитные** зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ. ГН 2.6.1.41-01. Утв. Главным гос. сан. врачом Российской Федерации. М., 2001.
8. **Расчет** и обоснование размеров санитарно-защитных зон и зон наблюдений вокруг АЭС. Методические указания 2.6.1.42-01. Утв. Главным гос. сан. врачом по объектам и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиозэкстрем». М., 2001.
9. **Методика** и компьютерная программа ZONA расчета размеров СЗЗ вокруг АЭС. Утв. Главным гос. сан. врачом по объектам и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиозэкстрем» (21.01.2003). Свидетельство Госстандарта РФ об аттестации № 46090.2М478 от 25.11.2002.
10. **Организация** радиационного контроля в районе расположения атомных станций. Методические указания 2.6.1.55-02. Утв. Главным гос. сан. врачом по объектам и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиозэкстрем». М., 2002.
11. **Демин В.Ф., Волков В.В.** Сравнение ядерной энергетики и других видов энергопроизводства по степени риска для персонала и населения: Препринт РНЦ «Курчатовский ин-т», 1999.
12. **Методика** подготовки к реагированию на ядерные или радиационные аварии. TECDOC-953. Вена: МАГАТЭ, 1998.
13. **Руководство** по радиационной защите при авариях ядерных реакторов. TECDOC-955. Вена: МАГАТЭ, 1998.
14. **Радиационная медицина.** Под ред. Л.А. Ильина. Т. 3. М.: ИздАТ, 2004.

Поступила в Редакцию 14.03.2006

УДК 621.039.7

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ ^{60}Co В ВОДОНОСНОМ ГОРИЗОНТЕ

*Серебряков Б.Е., Орлова Е.И. (ГНЦ — Ин-т биофизики), Иванов Е.А. (ВНИИАЭС),
Щукин А.П. (Нововоронежская АЭС)*

В результате инцидента на Нововоронежской АЭС в 1985 г. из хранилища № 2 в грунтовые воды поступили жидкие радиоактивные отходы, содержащие ^{60}Co активностью ~76 ТБк. Первый от поверхности водоносный горизонт мощностью около 10 м в районе АЭС сложен песками различной крупности. Активность ^{60}Co в песках водоносного горизонта вблизи хранилища составляет первые десятки тысяч Бк/кг, на расстоянии около 700 м (вблизи Дона) — сотни Бк/кг, грунтовых вод