

УДК 621.039.58

ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ АО «ГНЦ НИИАР» В 2020 Г.

А. Б. Авдони́на ¹, В. Д. Кизин ²

¹ *Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Димитровград, Россия*

² *Акционерное общество «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград, Россия*

В статье представлены результаты расчетного анализа годовых эффективных доз облучения населения Мелекесского района от выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух при нормальной эксплуатации объектов использования атомной энергии АО «ГНЦ НИИАР». Показано, что в 2020 г. расчетная эффективная доза облучения населения не превысила 2,34 мкЗв, что меньше пренебрежимо малой годовой эффективной дозы облучения – 10 мкЗв. При этом основной вклад в расчетную дозу облучения вносят внешнее облучение от облака и внутреннее облучение при потреблении продуктов питания. Определен список основных дозообразующих радионуклидов (23 нуклида). Показано, что по результатам контроля выбросов в 2020 г. основными дозообразующими радионуклидами были ⁸⁸Kr, ⁴¹Ar и ¹³¹I.

Рассчитанная годовая эффективная доза облучения населения за пределами санитарно-защитной зоны АО «ГНЦ НИИАР» составила менее 0,1 % от дозы облучения за счет природных источников, что подтверждает обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в зоне воздействия предприятия АО «ГНЦ НИИАР» при его штатной эксплуатации.

Ключевые слова: эффективная доза облучения, структура дозы, выбросы.

1. Введение

Объектом настоящего исследования является население Мелекесского района, проживающее за пределами санитарно-защитной зоны (СЗЗ) Акционерного общества «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (далее – АО «ГНЦ НИИАР», Институт или НИИАР).

АО «ГНЦ НИИАР» является эксплуатирующей организацией для шести исследовательских ядерных установок, двух критических стендов, отделений реакторного материаловедения, топливных и радиохимических технологий, отделения по производству радионуклидных источников и препаратов, службы-комплекса по обращению с радиоактивными отходами, а также радиационных источников. При этом АО «ГНЦ НИИАР» не производит сбросы радиоактивных веществ в водоемы, радиационное воздействие на население осуществляется только через выбросы радиоактивных веществ в атмосферу [1].

Дозовые нагрузки на население, создаваемые за счет выбросов и сбросов радиоактивных веществ в атмосферу и водоемы, являются основными показателями демонстрирующими безопасность объектов использования атомной энергии. Для объектов использования атомной энергии (в т. ч. и для НИИАР) устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов, при непревышении которых дозы

облучения населения будут пренебрежимо малы. Однако для анализа достигнутого уровня радиационной безопасности и его совершенствования необходимо проведение расчета доз облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов. Это и является основной целью настоящей работы.

2. Материалы и методы

В качестве исходных данных о величинах выброса АО «ГНЦ НИИАР» в настоящей работе были использованы сведения из открытых литературных источников. Расчет доз облучения населения проведен по методике, изложенной в РБ-106-21 «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух» [2].

Выбросы радиоактивных веществ, образующиеся на предприятии АО «ГНЦ НИИАР», осуществляются в основном централизованно после очистки через высотную трубу единого вентиляционного центра и формируются за счет радиоактивных веществ, выбрасываемых при эксплуатации реакторных установок МИР.М1, БОР-60, ВК-50, СМ-3, РБТ-6, РБТ-10/2, материаловедческих, радиохимических и химико-технологических лабораторий. Состав выбросов представлен инертными радиоактивными газами (далее – ИРГ), альфа-, бета-излучающими аэрозолями, включающими изотопы плутония, цезий-137, стронций-90. Высота источника выбросов – 120 м, диаметр устья – 5,5 м, средний расход воздуха около 200 м³/с [1, 3].

Текущий контроль активности поступлений радиоактивных веществ в атмосферу осуществляется гамма-спектрометрическим методом; альфа-излучающих аэрозолей (изотопов плутония) и бета-излучателей ^{89,90}Sr – путем радиохимической подготовки проб и измерением радиометрическим методом и расчетом величины активности поступлений. Отбор аэрозольных проб осуществляется на сложные аналитические фильтры на основе фильтров АФА-РСР-20 и угольных фильтров СФЛ-И (угольный фильтр с импрегнированным серебром). Оперативный контроль активности радиоактивных газов, альфа-, бета-излучающих аэрозолей и изотопов ¹³¹I осуществляется стационарной системой непрерывного контроля. Сведения о выбросах радиоактивных веществ в атмосферный воздух при эксплуатации объектов использования атомной энергии АО «ГНЦ НИИАР» в 2020 г. заимствованы из работ [1, 4]. Параметры атмосферы и метеорологические характеристики площадки размещения предприятия заимствованы из работы [5].

Расчеты доз облучения населения проведены в разработанном авторами программном комплексе, реализующем методические подходы РБ-106-21 [2], для следующих путей радиационного воздействия:

- внешнее облучение от облака;
- внутреннее облучение при поступлении радиоактивных веществ с продуктами питания;
- внутреннее облучение при ингаляции радиоактивных веществ;
- внешнее облучение от поверхности с осажденными радиоактивными веществами.

При расчетах доз внутреннего облучения при потреблении пищевых продуктов, загрязненных радиоактивными веществами, принято, что в рационе населения присутствуют только продукты местного производства (мясо, молоко, овощи).

3. Результаты

В 2020 г. активность поступлений радионуклидов в атмосферный воздух не превышала величин нормативов допустимого выброса и была на несколько порядков ниже величин нормативов предельно допустимого выброса. Суммарная активность выбросов радиоактивных веществ составила $4,13 \cdot 10^{15}$ Бк, основной вклад в активность вносили инертные радиоактивные газы (ИРГ). Суммарный выброс бета-гамма-излучающих аэрозолей составил $1,76 \cdot 10^{11}$ Бк, суммарный выброс альфа-излучающих аэрозолей – $1,73 \cdot 10^8$ Бк. Фактические поступления радиоактивных веществ в атмосферный воздух составили 16 % от разрешенной суммарной величины [1]. При этом в динамике выброса по сравнению с предыдущим годом наблюдается как увеличение активности для отдельных радионуклидов ($^{134,137,138}\text{Cs}$, ^{54}Mn , ^{90}Sr , ^{125}Sb , ^{82}Br , $^{88,89}\text{Rb}$, ^{241}Am , ^{139}Ba , ^{60}Co , $^{154,155}\text{Eu}$, ^{24}Na , $^{242,244}\text{Cm}$), так и снижение активности выброса для остальных радионуклидов. Такая динамика обусловлена изменением объема материаловедческих исследований, производства радионуклидных источников и препаратов, научно-исследовательских работ, а также особенностями работы исследовательских ядерных установок Института [1, 4].

Рассчитанная годовая эффективная доза облучения отдельных лиц из населения за счет деятельности АО «ГНЦ НИИАР» в 2020 г. не превысила 2,34 мкЗв, что меньше пренебрежимо малой дозы 10 мкЗв в год [7] и установленной для АО «ГНЦ НИИАР» квоты дозы облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов 70 мкЗв [1].

Структура годовой эффективной дозы облучения населения следующая (рис. 1): основной вклад в дозу облучения вносят внешнее облучение от облака (73 %, основные нуклиды ^{88}Kr , ^{41}Ar) и внутреннее облучение при потреблении продуктов питания (21 %, основные нуклиды $^{131,133}\text{I}$, ^{24}Na). Ингаляционный путь дает 4 % в суммарную дозу облучения (в основном за счет альфа-излучающих нуклидов), облучение от поверхности – 2 % (^{60}Co , ^{125}Sb , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn).

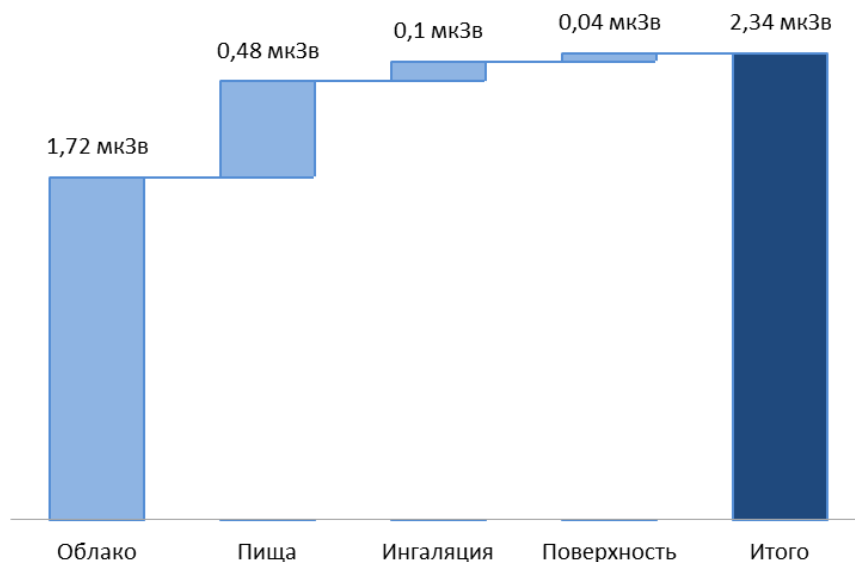


Рисунок 1. Структура дозы облучения населения г. Димитровграда в зависимости от путей облучения за счет деятельности АО «ГНЦ НИИАР» в 2020 г.

При этом, несмотря на определяющий (более 99,99 %) вклад в суммарную активность ИРГ, вклад инертных радиоактивных газов в годовую дозу облучения населения составил около 73 %, вклад бета-гамма-аэрозолей составил 22 % (в т. ч.

для изотопа йода-131 – 15 %), вклад альфа-излучающих аэрозолей составил 4 % (рис. 2). Вклад трития в дозу облучения населения составил менее 0,5 %, контроль активности ^{14}C в выбросах радиоактивных веществ в АО «ГНЦ НИИАР» в 2020 г. не проводился.

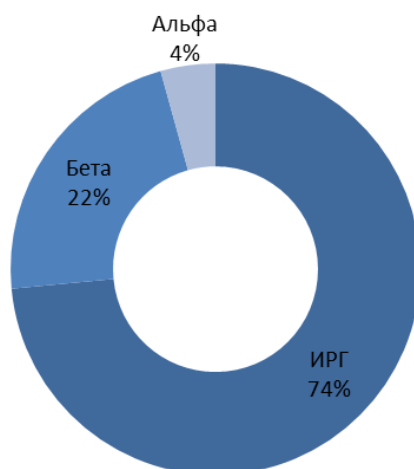


Рисунок 2. Вклад отдельных групп радионуклидов в суммарную дозу облучения

Основные радионуклиды, дающие 99 % вклад в дозу облучения населения за счет деятельности предприятия в 2020 г.: ^{88}Kr , ^{41}Ar , ^{131}I , ^{135}Xe , ^{87}Kr , ^{138}Xe , ^{133}I , ^{239}Pu , ^{133}Xe , ^{24}Na , $^{135\text{m}}\text{Xe}$, ^{238}Pu , ^{60}Co , $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{88}Rb , ^{134}Cs , ^3H , ^{125}Sb , ^{242}Pu , ^{244}Cm , ^{137}Cs , ^{243}Am и ^{90}Sr (всего 23 радионуклида – см. рис. 3).

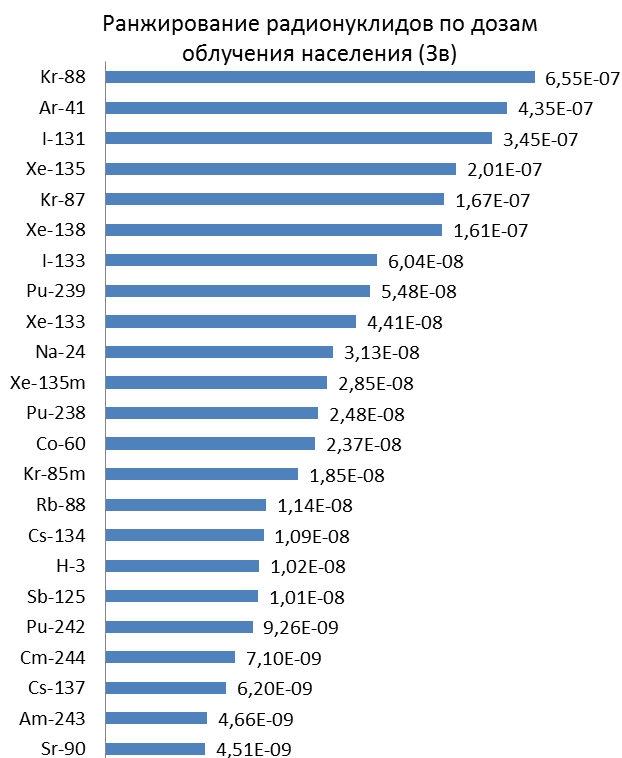


Рисунок 3. Рассчитанные годовые эффективные дозы (Зв) для дозообразующих радионуклидов по результатам радиационного контроля выбросов в 2020 г.

В соответствии с РБ-106-21 [2] для данных радионуклидов должны устанавливаться нормативы предельно допустимого выброса радиоактивных веществ и контролироваться их непревышение.

4. Обсуждение

Рассчитанные значения доз облучения населения Мелекесского района за счет деятельности АО «ГНЦ НИИАР» являются консервативными: предприятие проводит регламентный радиационный контроль продуктов питания, по результатам которого не обнаруживается отличного от фонового содержания радиоактивных веществ [1].

Рассчитанная годовая эффективная доза облучения населения в 2020 г. составила менее 0,1 % от дозы облучения населения за счет естественных (природных) источников (в среднем для Ульяновской области – 2,4 мЗв в год). Таким образом, на основании проведенных расчетов подтверждена радиационная безопасность для населения, проживающего в зоне воздействия предприятия АО «ГНЦ НИИАР» при его штатной эксплуатации.

Рассчитанные значения доз облучения населения согласуются с результатами аналогичных работ [3, 6]. При этом результаты [6] ниже результатов настоящей работы в 2 – 3 раза, что может быть обусловлено как использованием в настоящей работе более консервативных моделей (РБ-106-21 [2], в то время как авторы [6] применяли созданные в ИБРАЭ РАН программно-технические средства, в т. ч. используемые при кратковременных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу в модели «ПРОЛОГ»), так и различиями в исходных данных (метеопараметры и радионуклидный состав выброса радиоактивных веществ). С результатами работы [3] согласие полученных в настоящей работе результатов более точное: по результатам расчетов авторов [3] дозы облучения населения г. Димитровграда за счет деятельности НИИАР составили порядка 2,5 мкЗв (после снижения активности выбросов радиоактивных веществ при вводе в эксплуатацию системы УПАК на реакторной установке ВК-50).

Следует отметить, что в список критических нуклидов по сравнению с результатами [3] вошли изотопы ^{88}Kr (выбросы обусловлены работой реакторных установок Института) и ^{131}I (выбросы обусловлены в основном производством радионуклидных источников ^{99}Mo).

Для уточнения особенностей и характеристик радиационного воздействия на население выбросов радиоактивных веществ целесообразно продолжить аналогичные ретроспективные исследования по результатам контроля выбросов за другие отчетные годы.

5. Выводы

Анализ годовых эффективных доз облучения населения Мелекесского района за пределами СЗЗ от выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух при нормальной эксплуатации объектов использования атомной энергии АО «ГНЦ НИИАР» показал, что в 2020 г. расчетная эффективная доза облучения населения не превысила 2,34 мкЗв, что меньше пренебрежимо малой годовой эффективной дозы облучения 10 мкЗв. Подтверждено, что основной вклад в расчетную дозу облучения в 2020 г. вносили внешнее облучение от облака и внутреннее облучение при потреблении продуктов питания.

На основании проведенных расчетов подтверждена радиационная безопасность для населения, проживающего в зоне воздействия предприятия АО «ГНЦ НИИАР», в ситуации воздействия выбрасываемой в атмосферный воздух газоаэрозольной смеси при нормальной эксплуатации.

6. Список литературы

1. Отчет по экологической безопасности за 2020 год. Димитровград: АО «ГНЦ НИИАР», 2021. 75 с. Режим доступа: URL: http://niiar.ru/annual_report (27.04.2022).
2. Об утверждении руководства по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух»: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному и атомному надзору от 30 августа 2021 г. № 288: РБ-106-21. – Москва, 2021. Режим доступа: в открытом доступе. URL: https://docs.secnrs.ru/catalog/RB/RB_106_21/ (дата обращения: 27.04.2022).
3. Кириллович А.П., Кобзарь И.Г., Лосев В.П., Скиба О.В., Кочетков О.А., Павловский О.А., Цветков В.И. Радиоактивные выбросы НИИАРа и расчет дозовых нагрузок на население, проживающее в 100-км зоне // Атомная энергия. 1992. Т. 72. Вып. 3. С. 282-285.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2020 году: ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2021. Режим доступа: URL: <http://egasmro.ru/ru/data> (27.04.2022).
5. Соболев А.М., Солодовникова Л.Н. Климатические характеристики района Научно-исследовательского института атомных реакторов по результатам измерений // Сборник трудов АО «ГНЦ НИИАР». 2017. № 1. С. 43-56.
6. Аракелян А.А., Ведерникова М.В., Гаврилина Е.А., Печкурова К.А. Оценка вклада Государственного научного центра «НИИ атомных реакторов» в формирование техногенных рисков для населения Димитровграда // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020. №. 3. С. 13-19.
7. НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.

Сведения об авторах:

Авдони́на Анна Борисовна, Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ДИТИ НИЯУ МИФИ), аспирант, ул. Куйбышева, 294, г. Димитровград, Ульяновская область, 433511, j-annja@mail.ru

Кизин Виктор Дмитриевич, Акционерное общество «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО «ГНЦ НИИАР»), кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ул. Западное шоссе, 9, г. Димитровград, Ульяновская область, 433510.

POPULATION EXPOSURE DUE TO RADIOACTIVE EMISSIONS OF JSC "SSC RIAR" IN 2020

A. B. Avdonina ¹, V. D. Kizin ²

¹ *Dimitrovgrad Engineering and Technological Institute of the National Research Nuclear University MEPhI (DETI MEPhI), Dimitrovgrad, Russian Federation*

² *Joint Stock Company «State Scientific Center – Research Institute of Atomic Reactors» (JSC "SSC RIAR"), Dimitrovgrad, Russian Federation*

The results of a computational analysis of the annual effective exposure doses of the population of the city of Dimitrovgrad from emissions of radioactive substances into the atmospheric air during normal operation of nuclear facilities of JSC "SSC RIAR" are presented. It is shown that in 2020 the calculated effective dose to the population did not exceed 2.34 μ Sv, which is less than the negligible annual effective dose of 10 μ Sv. The main contribution to the calculated dose of exposure is made by external exposure from the cloud and internal exposure from food consumption. A list of the main dose-forming radionuclides (23 nuclides) has been determined. It is shown that according to the results of monitoring emissions in 2020, the main dose-forming radionuclides are ⁸⁸Kr, ⁴¹Ar and ¹³¹I.

The calculated annual effective exposure dose to the population of the city of Dimitrovgrad is less than 0.1% of the exposure dose to the population due to natural sources, which confirms the radiation safety of the population living in the impact zone of JSC "SSC RIAR" during its normal operation.

Key words: effective radiation dose, radiation dose structure, emissions

References

1. Otchet po ekologicheskoy bezopasnosti za 2020 god. Dimitrovgrad: AO "GNTS NIIAR", 2021. (In Russian).
2. Sobolev A.M., Solodovnikova L.N. Klimaticheskie kharakteristiki rayona Nauchno-issledovatel'skogo instituta atomnykh rektorov po rezul'tatam izmereniy. Sbornik trudov AO "GNTS NIIAR". 2017. № 1. P. 43-56. (In Russian).
3. Radiatsionnaya obstanovka na territorii Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v 2020 godu: ezhegodnik. Obninsk: FGBU "NPO "Tayfun", 2021. (In Russian).
4. Kirillovich A.P., Kobzar' I.G., Losev V.P., Skiba O.V., Kochetkov O.A., Pavlovskiy O.A., TSvetkov V.I. Radioaktivnye vybrosov NIIAR i raschet dozovykh nagruzok na naselenie, prozhivayushchee v 100-km zone. Atomnaya energiya. 1992. T. 72. V. 3. P. 282-285. (In Russian).
5. Ob utverzhdenii rukovodstva po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoy energii "Rekomenduemye metody rascheta parametrov, neobkhodimyykh dlya razrabotki i ustanovleniya normativov predel'no dopustimyykh vybrosov radioaktivnykh veshchestv v atmosfernyy vozdukh": prikaz Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu i atomnomu nadzoru ot 30 avgusta 2021 g. № 288: RB-106-21. Moskva. 2021. (In Russian).
6. Arakelyan A.A., Vedernikova M.V., Gavrilina E.A., Pechkurova K.A. Otsenka vklada Gosudarstvennogo nauchnogo tsentra "NII atomnykh reaktorov" v formirovanie tekhnogennykh riskov dlya naseleniya Dimitrovgrada. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'. 2020. № 3. P. 13-19. (In Russian).
7. NRB-99/2009. Normy radiatsionnoy bezopasnosti. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy. M.: Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. (In Russian).