

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(18)

2017 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 28.09.17.
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 200 экз.
Усл. печ. л. 17,09. Уч.-изд. л. 10,1.
Зак. 187.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и
экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП
«Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора),
В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беяковский
(д.м.н., профессор), Н.Г. Власова (д.б.н., доцент, научный редактор),
А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент),
В.В. Евсеенко (к.п.с.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь),
С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент),
А.Н. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент),
С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент),
И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент),
Э.А. Повелица (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская
(к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н.), А.Е. Силин (к.б.н.), А.Н. Стожаров
(д.б.н., профессор), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент)

Редакционный совет

В.И. Жарко (зам. премьер-министра Республика Беларусь, Минск),
А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин
(д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор,
Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Е.Л. Богдан
(Начальник Главного управления организации медицинской помощи
Министерство здравоохранения), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик
РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва),
И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), М.П. Захарченко
(д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик
РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов
(д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Минск),
Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск),
В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Ф.И. Тодуа
(д.м.н., академик НАН Грузии, Тбилиси), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор,
Киев), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н.,
Минск), В.Е. Шевчук (к.м.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2017

№ 2(18)

2017

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

В.Я. Латышева, А.Е. Филюстин, В. И. Курман, Н.А. Гурко, А.С. Барбарович

Дисцит: клиника, диагностика, лечение 6

Е.В. Макаренко

Ревматическая полимиалгия 16

С.П. Соловей

Атеросклероз, кальциноз сосудов, остеопороз: патогенетические, молекулярные и клинические корреляции 26

Медико-биологические проблемы

В.С. Аверин, А.Н. Батян, К.Н. Бuzдалкин, В.Б. Масыкин, Е.В. Копыльцова, Е.К. Нилова, Э.Н. Цуранков

Радиационно-гигиеническое обследование некоторых населённых пунктов, по данным каталога доз-2015 средняя годовая доза облучения жителей которых может превысить 1 мЗв/год 37

А.В. Воропаева, А.Е. Силин, С.М. Мартыненко, И.Н. Козарь, В.Н. Мартинков, А.А. Силина, И.Б. Тропашко

Возможности стандартного цитогенетического исследования и полимеразной цепной реакции в диагностике хронического миелолейкоза и острого лимфобластного лейкоза 44

Л.А. Горбач

Риск возникновения туберкулеза органов дыхания у лиц в возрасте до 19 лет, проживающих в наиболее пострадавших от чернобыльской катастрофы районах 49

Е.В. Николаенко, С.И.Сычик

Обоснование защитных мероприятий при запроектных радиационных авариях на АЭС 56

И.Н. Коляда, О.В. Позднякова

Динамика состояния здоровья населения Гомельской области, пострадавшего вследствие катастрофы на ЧАЭС 63

Reviews and problem articles

V.Ya. Latysheva, A.E. Philustin, V.I. Kurman, N.A. Gurko, A.C. Barbarovich

Discitis: clinical picture, diagnostics, treatment

E.V. Makarenko

Polymyalgia rheumatica

S.P. Salavei

Atherosclerosis, vascular calcification, osteoporosis: pathogenetic, molecular and clinical correlations

Medical-biological problems

V.S. Averin, A.N. Batyan, K.N. Buzdalkin, V.B. Masyakin, E.V. Kopyltsova, E.K. Nilova, E.N. Tsurankov

Radiation-hygienic examination of some populated items, according to dos-2015 date-medium, the average annual dose of irradiation of residents that may be exceeded 1 msv/year

A.V. Voropaeva, A.E. Silin, S.M. Martynenko, I.N. Kozar, V.N. Martinkov, A.A. Silina, I.B. Tropashko

The capabilities of standard cytogenetic analysis and polymerase chain reaction in diagnosis of chronic myeloid leukemia and acute lymphoblastic leukemia

L.A. Gorbach

The risk of pulmonary tuberculosis in persons under 19 years residing in the most affected by the Chernobyl accident areas

A. Nikalayenka, S. Sychik

Substantiation of protection measures in beyond design accident on NPP

I.N. Kolyada, O.V. Pozdnyakova

Health status dynamics of Gomel region population affected by the Chernobyl accident

А.А. Чешик, И.В. Веялкин, А.В. Рожко
Особенности заболеваемости гемобластозами у населения Республики Беларусь, эвакуированного из зоны отчуждения в 1986 г.

69

Клиническая медицина

Т.В. Алейникова

Анализ геометрических паттернов левого желудочка и турбулентности сердечного ритма у пациентов с артериальной гипертензией II степени с учетом возрастных и гендерных различий

76

А.В. Бойко, В.В. Пономарев, Т.В. Хомиченко, И.И. Михневич

Влияние нейровоспаления на когнитивные нарушения при болезни Паркинсона

83

А.А. Дмитриенко, В.В. Аничкин, Ю.И. Ярец, Н.И. Шевченко, М.Ф. Курек, А.Я. Маканин, В.И. Сильвестрович

Антибактериальная терапия при гнойных осложнениях диабетической остеоартропатии Шарко

89

И.С. Карпова, О.А. Суджаева, О.В. Кошлатая
Спекл-трекинг эхокардиография у постинфарктных пациентов с различной тяжестью хронической коронарной недостаточности

99

А.Ю. Крылов, О.Г. Суконко

Первично-множественные опухоли при тройном негативном раке молочной железы в Гродненской области в 2011-2015 гг.

105

А.Н. Михайлов, А.Е. Филюстин, И.Г. Савастеева

Сравнительная характеристика изменений поясничных позвонков по данным остеоденситометрии и двухэнергетической компьютерной томографии у пациентов с дегенеративными изменениями позвоночника

110

A.A. Cheshik, I.V. Veyalkin, A.V. Razhko
Incidence of malignant neoplasms of blood and lymphatic system in Belorussian evacuees

Clinical medicine

T.V. Aleynikova

Analysis of the geometric patterns of the left ventricle and heart rate turbulence in patients with arterial hypertension II degree taking into account age and gender differences

A.V. Boika, V.V. Ponomarev, T.V. Homichenko, I.I. Mikhnevich

Influence of neuroinflammation on cognitive impairment in Parkinson's disease

A.A. Dmitrienko, V.V. Anichkin, Y.I. Yarets, N.I. Shevchenko, M.F. Kurek, A.Y. Makanin, V.I. Silvestrovich

Antibacterial therapy for purulent complications of diabetic osteoarthropathy Charcot

I.S. Karpova, O.A. Sujayeva, O.V. Koshlataya
Speckle tracking echocardiography in patients with previous myocardial infarction with varying severity chronic coronary insufficiency

A.Yu. Krylov, O.G. Sukonko

Primary-multiple tumors with triple negative breast cancer in the Grodno region in 2011-2015

A. Mikhailov, A. Philustin, I. Savasteeva

Comparative characteristics of changes in lumbar vertebrae from osteodensitometry and dual-energy computed tomography within the patients with degenerative spine changes

В.В. Похожай, А.В. Величко, З.А. Дундаров, С.Л. Зыблев

Диагностические критерии уровня паратиреоидного гормона в смыве с пункционной иглы при биопсии паращитовидных желез в норме и патологии 116

О.А. Суджаева, О.В. Кошлатая, Т.В. Ильина, И.С. Карпова, А.А. Вавилова

Особенности неинвазивной оценки функционального состояния системы кровообращения у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца после чрескожных коронарных вмешательств 122

Н.Н. Усова, А.Н.Цуканов, Л.А. Лемешков
Уровень тиреоидных гормонов при острых и хронических нарушениях мозгового кровообращения 128

Обмен опытом

В.В. Масляков, Б.П. Кудрявцев, В.Г. Барсуков, К.Г. Куркин, А.В. Усков

Пути совершенствования медицинской помощи раненым с огнестрельными ранениями в условиях локального военного конфликта 134

V.V. Pokhozhay, A.V. Velichko, Z.A. Dundarov, S.L. Zyblev

Diagnostics criteria of parathyroid hormone level in the flushing from puncture needle at biopsy of parathyroid gland at normal and pathologic state

V.A. Sujayeva, O.V. Koshlatja, T.V. Ilyina, I.S. Karpova, A.A. Vavilova

Peculiarities of non-invasive assessment of a functional condition of the blood circulatory system in patients with chronic coronary heart disease after percutaneous coronary interventions

N.N. Usova, A.N.Tsukanov, L.A. Lemeshkov
Level of thyroid hormones in acute and chronic disorders of cerebral circulation

Experience exchange

V.V. Masljakov, B.P. Kudrjavcev, V.G. Barsukov, K.G. Kurkin, A.V. Uskov

Ways of improvement of medical care to the wounded with gunshot wounds in the conditions of the local military conflict

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЯХ НА АЭС

РУП «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Беларусь

В статье представлены результаты оценки последствий трех сценариев запроектных аварий (ЗА) на АЭС с реактором типа ВВЭР-1200, которая выполнена с учетом новых международных требований МАГАТЭ в области готовности и реагирования на ядерные и радиологические аварийные ситуации. На основе полученных результатов обоснованы защитные меры, рекомендованы размеры зон аварийного реагирования, оценена эффективность таких защитных мероприятий как укрытие и своевременное блокирование щитовидной железы. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования последствий ЗА и планирования аварийного реагирования на ядерные и радиологические аварийные ситуации на Белорусской АЭС.

Ключевые слова: АЭС, доза облучения, запроектная авария, тяжелая запроектная авария, защитная мера, зона аварийного реагирования, радиационная защита

Введение

В соответствии с требованиями МАГАТЭ GSR Part 7 для обеспечения готовности и реагирования на ядерные и радиологические аварийные ситуации вокруг АЭС заблаговременно, до пуска АЭС в эксплуатацию, устанавливаются зоны аварийного реагирования: зона предупредительных мер (ЗПМ), зона срочных защитных мер (ЗСЗМ), расстояние расширенного планирования (РПП) и расстояние планирования мер в отношении продуктов и товаров (РПТ). Для определения размеров зон аварийного реагирования еще на этапе строительства АЭС необходимо определить расстояние, на котором могут потребоваться защитные меры, то есть оценить прогнозные дозы облучения населения при наихудшем аварийном сценарии для данной установки и сравнить в соответствии с критериями аварийного реагирования. В соответствии с требованиями радиационной безопасности [1-3] вокруг АЭС требуется установить зоны аварийного реагирования и разработать аварийный план по защите населения с целью превышения общих критериев реагирования (приложения 19-20 [1]), которые соответствуют требованиям МАГАТЭ (GSR Part 3,

Part 7). При этом, в соответствии с требованиями МАГАТЭ, оценка воздействия на окружающую среду должна выполняться на всех этапах жизненного цикла установки и актуализироваться при условии смены технологий.

Результаты оценки возможной ЗА уровня 6 по шкале INES для проекта-аналога – АЭС с реактором ВВЭР-1000 позволили установить, что при ЗА потребуются проведение таких защитных мер, как блокирование щитовидной железы на расстоянии до 25 км от АЭС и введение временных ограничений на потребление продуктов и питьевой воды [4].

В рамках данной научно-исследовательской работы выполнена оценка доз облучения населения для трех сценариев запроектных аварий для АЭС с реактором типа ВВЭР-1200. Полученные результаты могут быть использованы при разработке защитных мер, планировании готовности и реагировании на ядерные и радиологические аварийные ситуации на Белорусской АЭС.

Материал и методы исследования

Объект исследования – население, которое может быть облучено при ЗА на Бе-

лорусской АЭС с реакторами типа ВВЭР-1200. Прогнозная оценка доз облучения населения была выполнена с учетом международных рекомендаций МКРЗ, требований МАГАТЭ и для трех сценариев ЗА на расстоянии до 50 км от точки выброса, а также при условии своевременного проведения защитных мероприятий (укрытие, блокирование щитовидной железы).

Расчет активности радионуклидов аварийного выброса и доз облучения населения проводился с использованием программного пакета InterRas. Оценка доз облучения населения: красного костного мозга, щитовидной железы, общая эффективная доза, – рассчитаны для раннего этапа аварии (за 10 часов, 1 сутки, 7 дней) и за 1 год с целью оценки вероятности возникновения у населения детерминированных и стохастических эффектов. Результаты исследований сравнивали с общими критериями реагирования в соответствии с национальным законодательством Республики Беларусь и новыми международными рекомендациями МАГАТЭ GSR Part 7: доза облучения красного костного мозга – не более 1 Гр за первые 10 часов, доза облучения щитовидной железы за 7 дней – 50 мЗв, общая эффективная доза облучения за 7 дней – 100 мЗв, общая эффективная доза облучения за 1-й год – 100 мЗв [1].

Оцененные сценарии ЗА характеризовались разными аварийными условиями и разными выбросами и были оценены для приземного и высотного выбросов (таблица 1).

Примечание: согласно INES выброс ^{131}I в несколько десятков тысяч ТБк соответствует уровню 7; от тысяч до несколь-

ких десятков тысяч ТБк – уровню 6; от сотен тысяч ТБк – уровню 5.

Сценарий 1 – это тяжелая ЗА с большой течью теплоносителя первого контура с отказом активной части и дополнительным наложением полного обесточивания АЭС в первые 24 часа. Оценка выполнена как для выбросов смоделированных программой InterRas с учетом условий аварии (1А), так и на основе заданного выброса на уровне планируемого аварийного выброса (1Б). В расчетах моделировались меры по управлению тяжелой аварией: отключение спринклерной системы через 1800 с после начала аварии и открытие системы аварийного газоудаления по сигналу достижения температуры над активной зоной +400 °С. Авария сопровождается быстрыми процессами деградации и плавления активной зоны при медленном росте давления в контайнменте с сохранением локализирующих функций двойной защитной оболочки. Оценка проведена для приземного и высотного выбросов, с учетом, что защитная оболочка не нарушена, продолжительность выброса 10 ч, расплавлении активной зоны, негерметичности контаймента 0,2% и 0,1% объема в сутки, байпас 1% от интегральной неплотности контаймента, с учетом включения и отключения сплинкерной системы, и др. параметров.

Сценарий 2 – ЗА, при которой происходит утечка из защитной оболочки в сухих условиях, то есть при этом сценарии предполагается выброс из активной зоны реактора, который типичен при расплавлении активной зоны. 10-50% расплавление активной зоны (быстрый выброс летучих продуктов деления), мощность выброса радионуклидов из активной зоны 0,02%/час, без уменьшения выброса, продолжительность выброса – 2,5 часа. Время задержки выбрано равным нулю, т.е. утечка из реактора началась немедленно, что приводит к большему выбросу в окружающую среду. Выброс является приземным, учтен эффект влияния обтекания зданий и сооружений воздушными потоками. Дан-

Таблица 1 – Сравнительная характеристика аварийных выбросов различных сценариев за проектной аварии на АЭС, Бк

радионуклиды	1А	1Б	2	3А	3Б
^{131}I	$3,6 \times 10^{13}$	$2,25 \times 10^{13}$	$4,4 \times 10^{14}$	$3,5 \times 10^{14}$	$1,4 \times 10^{11}$
^{137}Cs	$6,9 \times 10^{12}$	$1,6 \times 10^{12}$	$1,8 \times 10^{13}$	$1,4 \times 10^{13}$	$5,7 \times 10^9$
суммарный	$2,45 \times 10^{15}$	$2,38 \times 10^{15}$	$1,6 \times 10^{16}$	$1,3 \times 10^{16}$	$8,9 \times 10^{15}$

ные условия выбраны с целью рассмотрения наихудшего сценария ЗА.

Сценарий 3 – это консервативный сценарий наиболее тяжелых последствий ЗА, приведенный в рекомендациях МАГАТЭ EPR-NPP Public Protective actions 2013. Данный тип ЗА рассмотрен в рекомендациях МАГАТЭ с целью планирования защитных мер и определения размеров зон аварийного реагирования в случае тяжелой ЗА на АЭС с легководными реакторами. Только тяжелые повреждения активной зоны реактора или бассейна выдержки отработанного ядерного топлива могут привести к дозам облучения за пределами площадки, превышающими критерии реагирования для определения размеров (радиусов) зон аварийного реагирования. Выброс в атмосферу летучих продуктов деления составляет 10%, что соответствует 10-50% плавлению активной зоны реактора, 10 часовой выброс радионуклидов в атмосферу. Интенсивность выброса из защитной оболочки принята равной 0,004%/час. С целью получения максимальных значений доз облучения в непосредственной близости от реактора в сценарии выбран приземный выброс радионуклидов в атмосферу. Рассмотрено 2 варианта развития событий: мгновенный выброс радионуклидов в окружающую среду без срабатывания системы орошения и без фильтрации (ЗА) и фильтрация выброса при работе спринклерной системы (ЗБ).

При оценке использовались усредненные метеорологические условия, характерные для Островецкой площадки по результатам многолетних наблюдений с МС Лынтупы, и представленные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». Рассмотрено четыре усредненных метеорологических сценария, характерных для Республики Беларусь в летний и зимний периоды года с осадками и без.

Результаты исследования

В результате проведенных исследований установлено, что для сценариев 1А и 1Б дозы облучения были значительно ниже, чем при сценариях 2-3 (таблица 2, рисунок 1). При сценарии 1А доза облучения была выше в 1,5-2 раза, чем при 1Б, и при этом сценарии дозы облучения могут превысить критерии реагирования на расстоянии до 1 км от точки выброса: щитовидной железы – 63 мГр за 7 дней, общая эффективная доза облучения – 140 мЗв за 1-й год.

Максимальные значения общей эффективной дозы превысят критерий реагирования для таких срочных защитных мер как переселения населения: при сценарии 1А на расстоянии до 1 км (140 мЗв в год) и при сценарии 1Б – до 0,5 км в пределах площадки до 210 мЗв за год (таблица 2, рисунок 2).

Вклад различных путей поступления в эффективную дозу облучения населения за

Таблица 2 – Дозы облучения населения на разном расстоянии от точки выброса при сценариях 1

Параметр (общий критерий реагирования)	1А		1Б	
	доза	расстояние	доза	расстояние
Доза облучения красного костного мозга за 10 ч, мГр	2,19 ⁽¹⁾	0,5 км	1,2 ⁽¹⁾	0,5 км
Доза облучения щитовидной железы за 1-е сутки, мГр	80 ⁽²⁾ 28	0,5 км 1 км	41	0,5 км
Доза облучения щитовидной железы за 7 дней, мГр	63 ⁽²⁾	1 км	36 ⁽²⁾ 1,2	1 км 25 км
Общая эффективная доза облучения за 7 дней, мЗв	8,3 ⁽¹⁾ 0,16	1 км 25 км	3,7 ⁽¹⁾ 0,073	1 км 25 км
Общая эффективная доза облучения за 1-й год, мЗв	350 ⁽¹⁾ 140 ⁽¹⁾	0,5 км 1 км	210 ⁽¹⁾ 83	0,5 км 1 км

Примечание: (1) – сценарий лето с осадками; (2) – сценарий зима без осадков; (3) – сценарий зима с осадками.

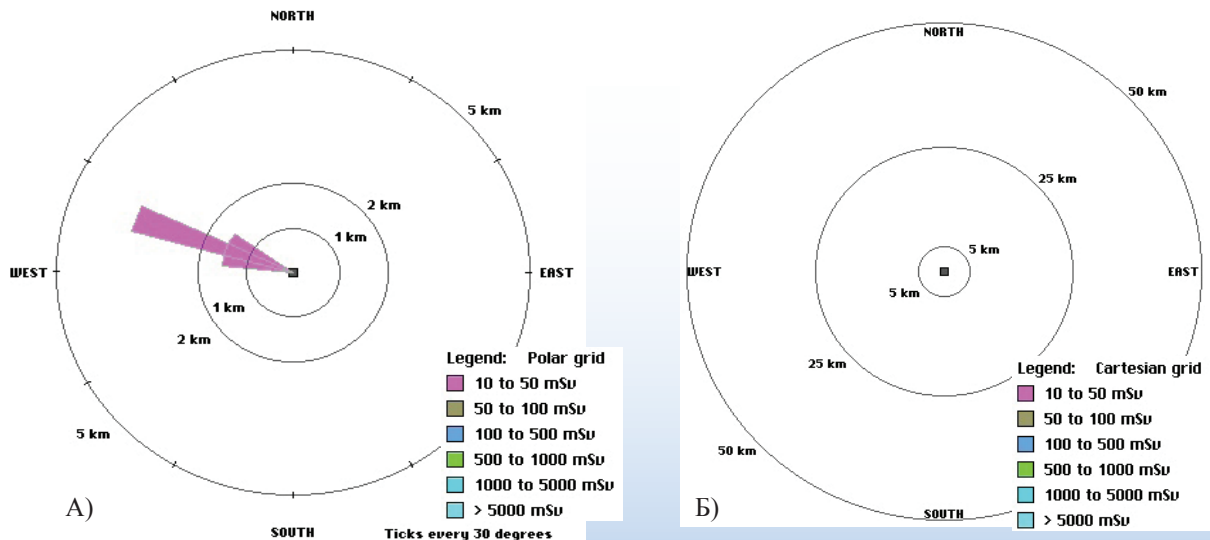


Рисунок 1 – Доза облучения щитовидной железы за 7 дней в ближней (а) и дальней (б) зоне АЭС при сценарии 1Б (зима без осадков)

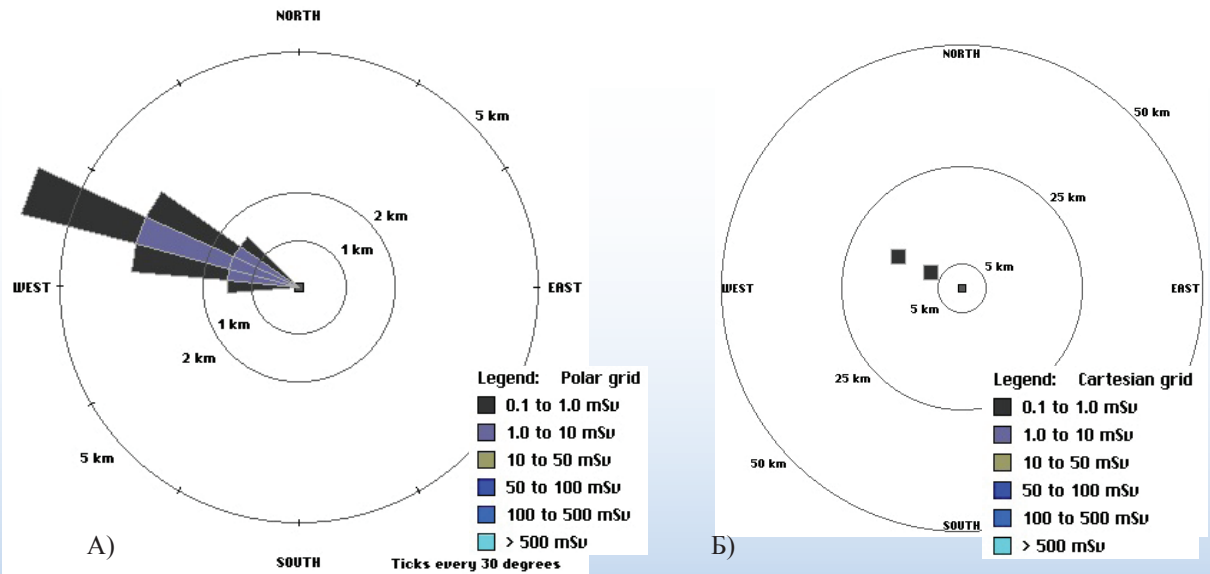


Рисунок 2 – Общая эффективная доза за 7 дней в ближней (а) и дальней (б) зоне АЭС сценарий 1Б (лето с осадками)

первые 7 дней зависит от расстояния от источника выброса, а также от наличия или отсутствия осадков. Например, в сценариях 1Б с осадками наибольший вклад в дозу вносят дозы от выпадений (41-100%), а без осадков наибольший вклад в дозу вносит эффективная ингаляционная доза (79-100%). Доза от облака практически не вносит вклада в дозу облучения населения при любых сценариях (1-4%).

При сценарии 2 в пределах площадки АЭС (до 0,5 км) доза облучения красного костного мозга будет максимальной и со-

ставит 19,6 мГр, доза облучения щитовидной железы может превысить критерий реагирования на расстоянии 10-15 км, а на расстоянии 5 км – 170 мГр (таблица 3). Общая эффективная доза может достигнуть критерия реагирования при данном сценарии: 160 мЗв за 1-е сутки, на расстоянии 1 км – 140 мЗв за 7-м дней, на расстоянии 2 км при сценарии с осадками – 140 мЗв за 1-й год.

При сравнении доз облучения в сценариях 3А и 3Б установлено, что при включении фильтров и системы орошения зна-

Таблица 3 – Дозы облучения населения на разном расстоянии от точки выброса для сценариев 2 и 3

параметр	сценарий 2		сценарий 3А/3Б	
	доза	расстояние	доза	расстояние
доза облучения красного костного мозга за 10 ч, мГр	19,6 (1)	0,5 км	10,9/2,05	0,5 км
доза облучения щитовидной железы за 1-е сутки, мГр	660 (2)	0,5 км	780/0,32	0,5 км
	56	3 км	63	3 км
	40	5 км	46	5 км
доза облучения щитовидной железы за 7 дней, мГр	790 (2)	1 км	630/0,35	1 км
	170 (2)	5 км	190/0,08	5 км
	25,0 (2)	25 км	28,2/-	25 км
общая эффективная доза облучения за 7 дней, мЗв	140(1)	1 км	30,4/1,3	1 км
	37(1)	5 км	12,8/0,42	5 км
	0,85(1)	25 км	1,36/0,18	25 км
общая эффективная доза облучения за 1-й год, мЗв	610 (1)	0,5 км	110/0,05	0,5 км
	140 (1)	2 км	14/-	2 км
	90 (1)	3 км		

Примечание: (1) – сценарий лето с осадками; (2) – сценарий зима без осадков; (3) – доза меньше 10 мкЗв.

чения общей эффективной дозы облучения снижаются в 5-30 раз в зависимости от расстояния от АЭС. Таким образом, при сценарии 3А на АЭС при срабатывании систем уменьшения выброса и при его фильтрации ожидаемые дозы облучения населения не превысят критерии реагирования, но при отказе всех систем уменьшения выброса, может потребоваться проведение блокирования щитовидной железы у населения, проживающего в радиусе до 10-15 км. При сценарии 3А доза облучения щитовидной железы превысит критерий реагирования за 1-е сутки на расстоянии 0,5 км – 780 мГр, за 7 дней на расстоянии 1 км – 630 мГр и на расстоянии 5 км – 190 мГр. Общая эффективная доза превысит критерий реагирования только на расстоянии 0,5 км – 110 мЗв за 1-й год. Наибольшие дозы облучения прогнозируются для сценария 2, так как по сравнению со сценарием 3А дозы отличаются в 1,5-2 раза. Максимальные дозы облучения будут вблизи точки выброса в пределах 0,5-1 км при всех рассмотренных сценариях.

Максимальные значения доз облучения в дальней зоне АЭС составят: на расстоянии 20-25 км от АЭС общая эффективная и доза облучения щитовидной железы за 7 дней составят 2,7 мкЗв и 28,2 мГр соответственно, на расстоянии 50 км от АЭС –

0,82 мЗв и 11 мГр; общая эффективная доза за 1-й год на расстоянии 20 км – 1,5 мЗв, 50 км – 0,4 мЗв. Максимальные дозы облучения щитовидной железы будут как минимум в 2 раза ниже критериев реагирования на расстоянии 25 км, а 50 км – не менее чем в 5 раз ниже.

При наличии осадков формируются более высокие уровни доз в ближней зоне АЭС, однако в сценарии без осадков отмечается распространение радионуклидов на большие расстояния и дозы ниже, чем в сценарии с осадками. Для сценариев с осадками дозы облучения вблизи точки выброса (0,5-10 км) практически в три раза выше, чем для сценариев без осадков, затем постепенно снижаясь при удалении от станции (рисунок 3). Уменьшение общей эффективной дозы с расстоянием с высокой степенью достоверности описывается экспоненциальной зависимостью $y = ae^{-bx}$. Например, для сценария 2 коэффициент детерминации варьирует 0,96-0,98 для летних сценариев и 0,95-0,98 – для зимних.

Для всех рассмотренных сценариев 3А проведен анализ вклада в дозу различных путей поступления (внешнего и внутреннего облучения). Установлено, что вклад в дозу зависит от метеорологических условий на момент протекания аварии. Так, при сценариях без осадков максимальный

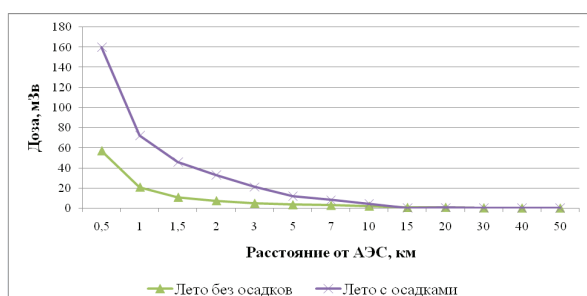


Рисунок 3 – Изменение общей эффективной дозы в первые сутки в зависимости от расстояния от источника выброса в ситуации с осадками и без (на примере сценария 2)

вклад в дозу будет вносить внутреннее облучение, а именно ингаляционная составляющая (от 65 до 100% от общей эффективной дозы), а при сценариях с осадками максимальный вклад будет вносить внешнее облучение от выпадений – от 43 до 100% от общей эффективной дозы.

Дозы облучения населения при применении таких защитных мероприятий как укрытие населения в различных типах строений (в одно- и двухэтажных деревянных домах без подвала и в многоэтажных кирпичных/бетонных зданиях) позволяет снизить общую эффективную дозу от 2,5 раз до 1000 раз в зависимости от типа строений, а применение стабильного йода в первые часы после аварии снижает дозу облучения щитовидной железы в 10 раз.

В результате оценки эффективности проведения блокирования щитовидной железы установлено, что даже при своевременном применении препаратов йода дозы облучения щитовидной железы превысят критерий реагирования на расстоянии до 1 км при сценарии 2 и составят 57-79 мГр, а при сценарии 3А – 63 мГр. В связи с этим требуется планирование предупредительных защитных мер (эвакуация или укрытие) помимо блокирования щитовидной железы для населения на площадке АЭС.

Выводы

В соответствии с национальными и международными критериями реагирования для трех рассмотренных сценариев 3А на Бело-

русской АЭС может понадобиться проведение следующих защитных мероприятий:

- предупредительные защитные меры для населения на площадке – укрытие либо эвакуация населения, находящегося на расстоянии 1 км от точки выброса;
- блокирование щитовидной железы населения в пределах 10-15 км;
- временное переселение, дезактивация, завоз чистых пищевых продуктов и воды и информирование населения, проживающего в радиусе до 3 км.

Радиус ЗПМ за пределами площадки может быть рекомендован только на уровне, рекомендуемом нормативными документами Республики Беларусь – 3-5 км от точки выброса. При 3А рассмотренных сценариев могут потребоваться следующие срочные защитные меры: блокирование щитовидной железы на расстоянии до 10-15 км, эвакуация и укрытие для предотвращения переоблучения населения в дозе более 100 мЗв за 7 дней – на расстоянии до 1 км. С учетом результатов оценки рассмотренных сценариев 3А размер ЗПСМ может быть рекомендован до 15 км. Однако, учитывая полученные ранее результаты оценки последствий запроектной аварии для станции-аналога с реактором ВВЭР-1000 с выбросом ¹³¹I на уровне десятков ТБк, согласно которым блокирование щитовидной железы было рекомендовано на расстоянии до 25 км, что необходимо учитывать при рассмотрении вопроса об установлении размера ЗПСМ вокруг АЭС.

Максимальное значение прогнозируемой общей эффективной дозы облучения населения за первый год после запроектной аварии для населения Республики Беларусь за пределами площадки составит 140 мЗв на расстоянии 2 км от АЭС и превысит критерий для проведения таких защитных мероприятий как временное переселение, дезактивация, завоз чистых пищевых продуктов и воды и информирование населения. При этом прогнозируемая эффективная доза на расстоянии 3 км составит 90 мЗв/год. В результате временное переселение, дезактивация, завоз чистых пищевых продуктов и

воды может рекомендоваться в радиусе до 3 км от точки выброса. Расстояние, на котором необходимо проводить аварийный мониторинг (РПП) и планировать меры в отношении продуктов, питьевой воды и товаров (РПП), с целью планирования аварийного реагирования могут быть установлены в соответствии с международными и национальными рекомендациями 100 и 300 км соответственно. При этом в пределах РПП ограничения на потребление продуктов и воды вводится временно до проведения лабораторных исследований и установления уровней загрязнения, поле чего они могут рекомендоваться в пищу.

Библиографический список

1. Критерии оценки радиационного воздействия. Гигиенический норматив: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 28 дек. 2012 г., № 213 // Радиационная гигиена: сб. норм. док. – Минск: РЦГЭиОЗ, 2013. – С. 35-167.

2. Требования к радиационной безопасности. Санитарные нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 28 дек. 2012 г., № 213 // Радиационная гигиена: сб. норм. док. – Минск: РЦГЭиОЗ, 2013. – С. 6-34.

3. Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 31 марта 2010 г., № 39 – Минск: РЦГЭиОЗ, 2010 – 115 с.

4. Обоснование инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь. – Этап 4 : Оценка воздействия на окружающую среду. Кн. 9 : сводный том отчета об ОВОС АЭС. Комплексная оценка воздействия на окружающую среду в течение жизненного цикла АЭС : пояснит. записка / РУП «БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ»; рук. А.Н. Рыков. – Минск, 2009. – 129 с.

A. Nikalayenka, S. Sychik

SUBSTANTIATION OF PROTECTION MEASURES IN BEYOND DESIGN ACCIDENT ON NPP

In this article there are evaluation results of the consequences of three scenarios of beyond design basis accidents at NPP with WWER-1200 reactor type. It was carried out with new international IAEA requirements in the field of preparedness and response to a nuclear or radiological emergencies. Protective actions are justified, the size of the emergency zones is recommended and effectiveness of such protective actions as sheltering or thyroid blocking is assessed based on the obtained results. These results can be used for prediction of the beyond design basis accidents and for emergency preparedness and response to a nuclear or radiological emergencies at Belorussian NPP.

Key words: *beyond design accident, severe accident, dose, emergency zones, NPP, normal operation, radiation protection, protective actio*

Поступила: 27.04.17