

А.В. Аклеев<sup>1,2</sup>, Т.В. Азизова<sup>3</sup>, Л.А. Карпикова<sup>4</sup>, С.М. Киселев<sup>5</sup>, Д.В. Кононенко<sup>6</sup>,  
Е.М. Мелихова<sup>7</sup>, В.В. Романов<sup>8</sup>, С.А. Романов<sup>3</sup>, Р.М. Тахауов<sup>9,10</sup>, В.Ю. Усольцев<sup>8</sup>, С.М. Шинкарев<sup>5</sup>

## ИТОГИ 69-й СЕССИИ НАУЧНОГО КОМИТЕТА ПО ДЕЙСТВИЮ АТОМНОЙ РАДИАЦИИ (НКДАР) ООН (Вена, 9–13 мая 2022 г.)

<sup>1</sup>Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России, Челябинск

<sup>2</sup>Челябинский государственный университет, Челябинск

<sup>3</sup>Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России, Озёрск

<sup>4</sup>Федеральное медико-биологическое агентство, Москва

<sup>5</sup>Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

<sup>6</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева  
Роспотребнадзора, Санкт-Петербург

<sup>7</sup>Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва

<sup>8</sup>Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Москва

<sup>9</sup>Северский биофизический научный центр ФМБА России, Северск

<sup>10</sup>Сибирский государственный медицинский университет Минздрава РФ, Томск

Контактное лицо: Александр Васильевич Аклеев, e-mail: akleyev@urcrm.ru

### РЕФЕРАТ

Представлены основные итоги 69-й сессии Научного комитета по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций (НКДАР ООН), которая прошла в период с 9 по 13 мая 2022 г. Российская делегация принимала участие в формате видеоконференции онлайн. В работе сессии приняли участие 153 эксперта из 31 страны, которые являются членами НКДАР ООН, а также представители 13 международных организаций. В рамках совещаний рабочей группы и подгрупп состоялось обсуждение документов R.752 «Повторные первичные раки после радиотерапии», R.753 «Эпидемиологические исследования радиации и рака» и R.754 «Оценка облучения населения природными и иными источниками ионизирующего излучения». Были также рассмотрены промежуточные отчеты (R.755 «Оценка влияния радиационного воздействия на заболевания системы кровообращения») и UNSCEAR/69/7 «Реализация стратегии информирования общественности и информационно-просветительской деятельности на период 2020–2024»), отчеты секретариата (R.756 «Реализация стратегии Комитета по совершенствованию сбора, анализа и распространения данных по радиационному облучению, включая предложения специальной рабочей группы по источникам и облучению», UNSCEAR/69/8 «Реализация будущей программы работы Комитета (2020–2024), проекты на период 2025–2029, включая предложения специальной рабочей группы по эффектам и механизмам») и UNSCEAR/69/9 «Использование физических величин и единиц их измерения в области радиационной защиты»), и отчет Генеральной Ассамблеи ООН.

**Ключевые слова:** НКДАР ООН, 69-я сессия, профессиональное облучение, облучение населения, доза

**Для цитирования:** Аклеев А.В., Азизова Т.В., Карпикова Л.А., Киселев С.М., Кононенко Д.В., Мелихова Е.М., Романов В.В., Романов С.А., Тахауов Р.М., Усольцев В.Ю., Шинкарев С.М. Итоги 69-й сессии научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН (Вена, 9–13 мая 2022 г.) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67. № 5. С. 24–32. DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-5-24-32

A.V. Akleyev<sup>1,2</sup>, T.V. Azizova<sup>3</sup>, L.A. Karpikova<sup>4</sup>, S.M. Kiselev<sup>5</sup>, D.V. Kononenko<sup>6</sup>,  
E.M. Melikhova<sup>7</sup>, V.V. Romanov<sup>8</sup>, S.A. Romanov<sup>3</sup>, R.M. Takhaouov<sup>9,10</sup>, V.Yu. Usoltsev<sup>8</sup>, S.M. Shinkarev<sup>5</sup>

## Results of the 69th Session of the United Nations Scientific Committee on the Effects of the Atomic Radiation (UNSCEAR) (Vienna, 9–13 May, 2022)

<sup>1</sup>Urals Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup>Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>3</sup>Southern Urals Biophysics Institute, Ozyorsk, Russia

<sup>4</sup>Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>5</sup>A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

<sup>6</sup>P.V. Ramzaev Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene, Saint-Petersburg, Russia

<sup>7</sup>Nuclear Safety Institute, Moscow, Russia

<sup>8</sup>State Atomic Energy Corporation “ROSATOM”, Moscow, Russia

<sup>9</sup>Seversk Biophysical Research Centre, Seversk, Russia

<sup>10</sup>Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Contact person: A.V. Akleyev, e-mail: akleyev@urcrm.ru

## ABSTRACT

The paper dwells upon the key outcomes of the 69-th Session of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) which took place during 09-13 May 2022. The delegation of the Russian Federation took part in the Session in on-line format in the form of videoconferences. 153 experts from 31 UNSCEAR member-states as well as the representatives of 13 international organizations participated in the work of the Session. Within the framework of the meetings of the working group and subgroups the documents on the following projects were discussed: R.752 “Second primary cancer after radiotherapy”, R.753 “Epidemiological studies of radiation and cancer” and R.754 “Evaluation of public exposures to ionizing radiation from natural and other sources”. The Committee also discussed interim reports: (R.755 “Evaluation of diseases of the circulatory system from radiation exposure” and UNSCEAR/69/7 “Implementation of public information and outreach strategy for 2020–2024”), Reports of the Secretariat (R.756 “Strategy to improve collection, analysis and dissemination of data on radiation exposure (including considerations of the ad hoc working group on sources and exposure”, UNSCEAR/69/8 “Implementation of the Committee’s Future Programme of Work (2020–2024), and proposals for 2025–2029 period, including consideration of the Committee’s ad hoc working group on effects and mechanisms” and UNSCEAR/69/9 “UNSCEAR use of radiation protection quantities and units”), and Report to the UN General Assembly.

**Keywords:** 69th UNSCEAR Session, occupational exposure, public exposure, dose

**For citation:** Akleyev AV, Azizova TV, Karpikova LA, Kiselev SM, Kononenko DV, Melikhova EM, Romanov VV, Romanov SA, Takhaou RM, Usoltsev VYu, Shinkarev SM. Results of the 69th Session of the United Nations Scientific Committee on the Effects of the Atomic Radiation (UNSCEAR) (Vienna, 9–13 May, 2022). Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67(5):24–32. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-5-24-32

**Введение**

В работе 69-й сессии Научного комитета по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций (НКДАР ООН) 9-13 мая 2022 г. приняли участие 153 эксперта из 31 страны, которые являются членами НКДАР ООН. В сессии Комитета также участвовали наблюдатели от 13 международных организаций: Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Международная организация труда (МОТ), Международное агентство по изучению рака (МАИР), Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), Подготовительная комиссия для Организации по Договору о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ПК для ОДВЗЯИ), Международная организация гражданской авиации (ИКАО), Международная морская организация (ИМО), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Европейский Союз (ЕС), Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ), Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ) и Агентство по ядерной энергии (АЯЭ).

В связи с последствиями пандемии COVID-19 сессия проходила в гибридном режиме. Белоруссия, Египет, Китай, Российская Федерация и Украина приняли участие в формате видеоконференции онлайн. Комитет избрал в качестве председателя на 69-ю и 70-ю сессии представителя Канады Ц. Чен (J. Chen), в качестве вице-председателей – представителя Бразилии Л. Васконселос де Са (L. Vasconcellos de Sá), представителя Финляндии Э. Аувинен (A. Auvinen) и представителя Германии А. Фридл (A. Friedl). Представитель Бельгии С. Ваатут (S. Vaatout) избрана репортером.

В состав Российской делегации входили А.В. Аклев (представитель Российской Федерации в НКДАР ООН, УНПЦ РМ ФМБА России), Л.А. Карпикова (заместитель представителя Российской Федерации в НКДАР ООН, ФМБА России) и 11 экспертов: Т.В. Азизова (ЮУрИБФ ФМБА России), С.М. Киселев (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России), Д.В. Кононенко (НИИРГ им. П.В. Рамзаева Роспотребнадзора), Е.М. Мелихова (ИБРАЭ РАН), В.В. Романов (Госкорпорация «Росатом»), С.А. Романов (ЮУрИБФ ФМБА России), Р.М. Тахауов (СБН Центр ФМБА России), В.Ю. Усольцев (Госкорпорация «Росатом») и С.М. Шинкарев (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России).

В начале сессии с заявлениями выступили представители стран-участниц НКДАР ООН и посольств Ав-

стралии, Алжира, Великобритании, Европейского Союза, Исламской Республики Иран, Польши, Республики Корея, Российской Федерации, Соединенных Штатов Америки, Украины и Японии. Представители МАГАТЭ, ВОЗ и АЯЭ выразили свою благодарность и поддержку Комитету и секретариату НКДАР ООН за сотрудничество в последние годы.

В рамках работы 69-й сессии НКДАР ООН состоялось техническое обсуждение и рассмотрение промежуточных отчетов, документов секретариата Комитета и отчета Генеральной Ассамблеи ООН.

Российская делегация приняла активное участие в подготовке и обсуждении как научных отчетов, так и отчетов секретариата.

**Основные результаты обсуждения документов Комитета****Документ R.752 «Повторные первичные раки после радиотерапии»**

Данный проект был одобрен НКДАР ООН для включения в программу работ на 65-й сессии. На 69-й сессии Комитета группа экспертов (ГЭ) представила рабочей группе отчет о выполненной работе и черновик документа для комментариев. В результате ГЭ получила 621 комментарий от представителей 15 стран, в том числе Российской Федерации. Большинство комментариев представляли собой редакторские замечания; 10 комментариев были обсуждены рабочей группой (РГ) Комитета.

По вопросу подготовки литературного обзора и методологии, используемой для проведения мета-анализа рисков повторных первичных раков (ППР) вследствие лучевой терапии, было принято решение, что научно-исследовательские работы, в которых рассматривались совпадающие или повторяющиеся наборы данных, будут проанализированы отдельно ГЭ. По результатам анализа будут выбраны исследования для включения в литературный обзор и мета-анализ. Работы для отдельных локализаций ППР по которым недостаточно доступных данных, будут исключены из обзора.

РГ обсудила проблемы дозиметрии, характерные для эпидемиологических исследований, в которых анализируются ППР вследствие лучевой терапии первого рака. Сложности реконструкции доз облучения при лучевой терапии первичных раков обусловлены использованием различных терапевтических схем. Рабочая группа рекомендовала ГЭ уделить особое внимание таким сложным аспектам, как гетерогенность доз облучения; влияние

дозы и мощности дозы на риск ППР; учет доз, накапливаемых во время диагностических визуализационных процедур (например, компьютерной томографии); а также способы их учета.

Рассматривался вопрос пересечения области охвата данного отчета и документа «Эпидемиологические исследования радиации и рака». Рабочая группа согласилась, что область последнего намного шире, чем охват документа по ППР после лучевой терапии, которая сфокусирована на конкретном эффекте. Это различие будет отражено в литературном обзоре.

По содержанию документа рабочая группа обсудила следующие моменты: реструктуризацию отчета, что позволит улучшить его логику и последовательность изложения, позволив избежать повторений. Большое внимание было уделено разделу «Введение», а именно: необходимости четко определить цели работы, тему исследования и основные термины. ГЭ согласилась, что целью отчета следует обозначить нарастающую обеспокоенность медицинского сообщества и нормирующих организаций проблемой ППР после лучевой терапии. При определении темы исследования во «Введении» рекомендовано конкретизировать отличия ППР, развивающихся вследствие лучевой терапии, от вторичных злокачественных новообразований (ЗНО). Важным аспектом «Введения» была признана терминология и четкое определение принципиально важных для документа понятий (например, ЗНО vs рак, ППР vs первично-множественный (метахронный или синхронный) рак, малая/умеренная/большая/ультрабольшая доза и др.)

При проведении мета-анализа решено включить в него не только злокачественные, но и доброкачественные опухоли головного мозга, чтобы обеспечить согласованность с предыдущим отчетом НКДАР ООН (2006 г.), и при этом отметить, что данные, доступные в литературе для обоих видов новообразований головного мозга, ограничены. Кроме того, рабочая группа рекомендовала ГЭ обсудить в отчете проблему систематической ошибки, свойственной исследованиям пациентов с ЗНО головного мозга, обусловленной тем, что пациенты регулярно проходят диагностическое обследование (МРТ), которое увеличивает вероятность обнаружения менингиом по сравнению с общей популяцией. Также рабочая группа рекомендовала включить лейкозы в мета-анализ риска ППР вследствие лучевой терапии.

Отмечая важное значение будущего документа, Комитет согласился, что для более детальной и глубокой проработки проблем, имеющих отношение к изучению ППР вследствие лучевой терапии, может понадобиться продление запланированных сроков выполнения задач, необходимых для подготовки документа R.752 НКДАР ООН, примерно на 1 год. На следующей 70-й сессии НКДАР ООН в 2023 г. ГЭ представит обновленную версию документа с учетом проведенных обсуждений и полученных рекомендаций, а также новых результатов работы.

#### **Документ R.753 «Эпидемиологические исследования радиации и рака»**

Со времени представления на НКДАР ООН в 2006 г. обзора научных публикаций по радиационному канцерогенезу у человека работа по этому направлению не носила системного характера. На 64-й сессии НКДАР ООН (2017 г.) делегация США предложила, а страны-участницы НКДАР ООН поддержали необходимость обновления отчета 2006 г. на основе детального анализа результатов исследований по радиационной эпидемиологии рака, проведенных после января 2006 г. Подобный актуализированный документ позволит учёным,

ответственным лицам, международным организациям и специалистам в области радиационной безопасности получить научно аргументированную, с точки зрения доказательной медицины, позицию в отношении оценок риска радиогенного рака для принятия адекватных и своевременных решений.

На 65-й сессии НКДАР ООН (2018 г.) одобрен план реализации вышеуказанного проекта с датой его представления в 2024 г. На 66-й сессии НКДАР ООН (2019 г.), после стартовой работы экспертов, план проекта была скорректирован: предложено провести анализ результатов радиационно-эпидемиологических исследований, выполненных в разных странах, уделив особое внимание качеству и надежности источников анализируемых данных. С этой целью из нескольких тысяч опубликованных с 2006 г. работ, на основе принципов доказательной медицины группой экспертов проекта по формуле PECO (*patient-exposure-comparison-outcome*), на июль 2020 г. была отобрана 561 публикация, выводы которых актуальны для совершенствования системы регламентной радиационной безопасности. Группа экспертов до начала 69-й сессии НКДАР ООН получила 459 комментариев от 14 стран, из них 386 комментариев редакционного характера и 73 комментария, требующие незначительных технических обсуждений. Секретариатом НКДАР ООН с сентября 2021 г. по февраль 2022 г. организовано 4 встречи ведущих авторов и 9 онлайн-встреч для обсуждения вопросов, касающихся завершения обзора литературы, использованного для составления проекта приложения к отчету, и заполнения таблиц. На двух многодневных совещаниях экспертов (октябрь и декабрь 2021 г.) обсуждены и конкретизированы возможные подходы к количественной оценке радиогенных рисков инициации рака.

Группой экспертов завершается работа над проектом приложения к документу R.753, включающим вводную часть и главы, посвященные особенностям эпидемиологии (а), новым и обновленным исследованиям (б), раку отдельных локализаций (в) и пожизненному риску рака (г). Методология сравнительного анализа, описанная в плане проекта, будет завершена к третьему кварталу 2022 г. Первоначальные результаты сравнительного анализа будут получены к концу 2022 г., обновленный проект будет отправлен в секретариат НКДАР ООН в первом квартале 2023 г. и представлен на 70-й сессии НКДАР ООН (2023 г.). Решено, что эксперты продолжат работу, в основном, посредством онлайн-совещаний (по мере необходимости), кроме того запланирована личная встреча экспертов в III квартале 2022 г., при условии, что ограничения, связанные с COVID-19, позволят ее провести.

Рабочая группа на 69-й сессии НКДАР ООН приняла к сведению работу, проделанную экспертами по обобщению информации по оценке влияния малых доз излучений с низкой линейной передачей энергии на развитие рака, а также мощности дозы излучения, пола, возраста на время облучения и времени, прошедшего после облучения, на величину избыточного риска; зависимости величины избыточного риска от локализации рака. Рабочая группа одобрила обновленный план документа R.753 до 2025 г., с последующим утверждением отчета на 72-й сессии НКДАР ООН (2025 г.). Предложено представить предварительный вариант проекта приложения к отчету, с включением в него итогов проведенного анализа литературы по эпидемиологическим исследованиям канцерогенных эффектов радиационного воздействия. После завершения анализа литературы основное внимание уделить завершению разделов по раку отдельных

локализаций и разработке методологического подхода к оценке прогнозов пожизненного канцерогенного риска.

**Документ R.754 «Оценка облучения населения природными и иными источниками ионизирующего излучения»**

Данный проект стартовал в 2020 г., и по плану соответствующий отчет должен быть утвержден Комитетом в 2024 г. и опубликован в 2025 г. Результаты первого года работы над проектом были подробно освещены в статье об итогах 68-й сессии [1].

На время проведения 69-й сессии экспертная группа состояла из 59 экспертов и наблюдателей, объединенных в семь тематических подгрупп, задачами которых является анализ доз облучения населения от различных источников, включая природные (изотопы радона их короткоживущие дочерние продукты распада; космическое излучение; природные радионуклиды в объектах окружающей природной среды и строительных материалах; предприятия неядерных отраслей промышленности, обращающиеся с сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов) и техногенные, которые попадают в окружающую среду в результате деятельности предприятий ядерно-топливного цикла и которыми уже загрязнены территории проживания населения в результате прошлой деятельности, аварий и инцидентов. За прошедший год была завершена кампания по сбору данных в рамках «Глобального исследования воздействия ионизирующего излучения на население» с помощью специально разработанных электронных опросных карт через сеть национальных контактных лиц, которых назначили около 100 из 193 государств-членов ООН. Следует отметить, что проблема со своевременностью и полнотой предоставления данных, равно как и с количеством откликнувшихся на запрос стран, которая наблюдалась в ходе предыдущих кампаний по сбору данных о медицинском и профессиональном облучении, возникла в ходе реализации и этого проекта. Кампания стартовала 1 марта 2021 г., и к первому официальному сроку окончания – 30 сентября 2021 г. – только 26 стран предоставили заполненные опросные карты, в том числе Российская Федерация. Кампания была продлена до 28 февраля 2022 г., и к этому сроку заполненные опросные карты (по крайней мере, часть из них) были получены от 42 стран, а на момент проведения 69-й сессии (т.е. формально уже после завершения кампании) количество стран достигло 46; при этом с рядом национальных контактных лиц секретариат продолжает работу по получению данных. Проблема низкого уровня отклика стран (в том числе с большой численностью населения) на запросы Комитета о предоставлении данных активно обсуждалась и на 68-й, и на 69-й сессиях, но простого решения данной проблемы пока не найдено, прежде всего потому, что участие в кампаниях Комитета по сбору данных является добровольным. Обсуждалась также возможность получения Комитетом данных посредством юридически обязывающих соглашений (таких как Конвенция МОТ (Международной организации труда) № 115 и Кодекс поведения МАГАТЭ по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников [2]), однако они обязывают государства-члены собирать лишь определенные виды данных.

При этом несколько международных организаций, в частности, ИКАО и ИМО, наблюдатель от которой впервые принимал участие в сессии НКДАР ООН, выразили готовность предоставить любые релевантные данные, имеющиеся в их распоряжении (прежде всего, данные, касающиеся облучения пассажиров воздушных судов гражданской авиации за счет космических лучей и излу-

чения от транспортируемых радиоактивных материалов, и данные, касающиеся облучения экипажей и пассажиров морских судов при транспортировке сыпучих материалов и упаковок, содержащих радиоактивные материалы) при наличии точно сформулированного запроса от экспертной группы.

Наиболее оживленную дискуссию вызвал вопрос корректности и обоснованности использования в оценках Комитета определенных дозовых величин (поглощенных, эквивалентных и эффективных доз). Была отмечена важность использования не только экстенсивных величин (например, коллективной дозы), но и интенсивных (например, коллективной дозы на единицу произведенной электроэнергии), хотя для ряда неядерных отраслей промышленности, использующих сырье и материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов, но не генерирующих никакой электроэнергии, использование такого рода интенсивных величин в принципе невозможно. Также было отмечено, что будущий отчет не будет содержать каких-либо оценок риска. Более того, в отчет рекомендовано включить оговорку о том, что коллективные эффективные дозы не предназначены и не должны использоваться в качестве входных данных для расчета показателей риска, в частности, количества случаев рака определенной локализации.

Опыт российских специалистов, принимающих участие в работе двух экспертных подгрупп (по природному облучению кроме радона и облучению населения на объектах ядерного и уранового наследия), позволяет определить ряд проблемных вопросов, требующих проработки как на международном уровне, так и в отечественной практике регулирования. К ним относится оценка доз облучения населения, проживающего в районах расположения предприятий, использующих сырье и материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов. Учитывая отсутствие данных по сбросам и выбросам природных радионуклидов с таких предприятий из-за отсутствия регулирования в данной сфере, оценить их вклад в общую дозу облучения населения в настоящий момент не представляется возможным. С другой стороны, имея данные об удельной активности природных радионуклидов в сырье и материалах, используемых на таких предприятиях, можно было бы оценить дозы облучения работников, в отношении которых не осуществляется регулярный индивидуальный дозиметрический контроль (т.к. они не относятся к персоналу групп А и Б в соответствии с российскими санитарными правилами и нормами). На данном этапе работы над проектом вопрос о том, считать ли таких работников «населением», окончательно не решен. Необходимо, однако, отметить, что возможные дозы облучения таких работников могут быть значительно выше, чем потенциальные дозы облучения населения, проживающего в районах расположения предприятий. В данной ситуации, если такие работники не будут считаться «населением», то определенная часть получаемой ими годовой дозы будет фактически «потеряна».

Еще одним актуальным направлением исследований является разработка методологии оценки доз облучения населения, проживающего в районах расположения объектов ядерного и уранового наследия. За исключением ситуаций проживания населения на больших территориях, загрязненных в результате крупных радиационных аварий (например, Чернобыльская АЭС, АЭС «Фукусима-1»), в отношении которых методология оценки доз хорошо проработана и отражена в документах НКДАР ООН, существует большое количество объектов наследия с локальным гетерогенным распределением загряз-

нения в окружающей среде, где население не проживает, но доступ, как правило, не ограничен в связи с неопределенностью их юридического статуса.

Подводя итог, следует отметить, что основные усилия экспертных подгрупп до конца 2022 г. будут направлены на анализ литературных данных, опубликованных в период с 2011 по 2015 гг. и с 2016 по 2022 гг., а также на обработку данных, полученных в рамках глобальной кампании. Кроме того, к 15 февраля 2023 г. должно быть завершено и направлено в секретариат первое приложение к будущему отчету – «Критерии качества оценки облучения населения природными и иными источниками ионизирующего излучения», с тем, чтобы оно могло быть вынесено на обсуждение Комитета на 70-й сессии.

**Документ R.755 «Оценка воздействия ионизирующего излучения на развитие заболеваний системы кровообращения»**

Группа экспертов для подготовки будущего отчета по научной проблеме «Оценка воздействия ионизирующего излучения на развитие заболеваний системы кровообращения» приступила к работе осенью 2021 г. На 69-й сессии НКДАР ООН был представлен отчет о проделанной работе и обновленный план проекта по оценке доступных научных данных о болезнях системы кровообращения (БСК) при радиационном облучении. Документ будет состоять из четырех разделов: эпидемиология, патофизиология, биологические механизмы, прогнозирование рисков. К 69-й сессии НКДАР ООН было получено 75 комментариев к отчету от представителей 11 делегаций, в том числе Российской Федерации. 63 комментария были приняты как редакторские правки; 12 комментариев обсуждены рабочей группой Комитета.

На данный момент ГЭ для поиска литературы использовала базы данных MEDLINE/PubMed. Было рекомендовано использовать также базы EMBASE и SCIENCE.GOV, а также включить статьи, которые рассматривались в опубликованных ранее документах международных организаций (МКРЗ, NASA, EPRI, NCRP и др.). Рабочая группа рассмотрела список использованных для поиска литературных источников ключевых слов, уточнила и дополнила его.

Большое внимание было уделено обсуждению совпадения области исследования в рамках проекта НКДАР ООН с областью исследования рабочей группы МКРЗ 119 «Болезни системы кровообращения вследствие облучения в системе радиологической защиты». При обсуждении было отмечено, что работа обеих ГЭ будет скоординирована таким образом, чтобы обеспечить фокус группы НКДАР ООН на литературном обзоре, включающем максимальный объем научных данных по БСК вследствие облучения, имеющихся на сегодняшний день, и, если позволят данные, на разработке модели механизмов развития БСК, особенно при облучении в больших дозах. Основное внимание группы МКРЗ будет направлено на моделирование рисков БСК вследствие облучения в малых дозах, значение рисков БСК для оценки радиационного ущерба здоровью облученных людей и совершенствование системы радиологической защиты в целом.

Кроме того, рабочая группа 69-й сессии НКДАР ООН обсудила вопросы, связанные с дозиметрическими проблемами, а именно: необходимость четкого определения дозовых величин, которые будут использоваться для построения зависимости доза–эффект; неотъемлемые неопределенности диапазона малых доз; изменение мощности дозы в процессе пролонгированного облучения и рассмотрение вопроса о том, как учитывать мощность дозы облучения; определение наличия порогов доз облучения, при достижении которых начинается развитие

изучаемых эффектов; влияние типа излучения на эффект (например, протоны vs фотоны, FLASH терапия и др.). Также было отмечено, что в случае расчета рисков на основе научных данных ГЭ будет рассматривать острые состояния, например, инсульты и острый инфаркт миокарда.

Рабочая группа также обсудила такой аспект проблемы, как абскопальные эффекты при рассмотрении механизмов развития радиационно-индуцированных эффектов. Председатель ГЭ отметил, что ранее НКДАР ООН не имела возможности рассмотреть эту проблему, ввиду недостаточного количества доступных данных. Однако, поскольку сегодня такие эффекты изучены лучше, ГЭ включит их в анализ (например, влияние облучения на систему сосудов различных органов, подвергающихся облучению, коммуникация между органами и т.д.).

В результате состоявшихся дискуссий рабочая группа отметила большой объем выполненной работы и утвердила обновленные сроки выполнения задач и структуру будущего документа.

**Документ R.756 «Стратегии Комитета по совершенствованию сбора, анализа и распространения данных по радиационному облучению, включая соображения специальной рабочей группы по источникам и облучению»**

С 2010 г. Комитет последовательно совершенствует информационно-аналитическое обеспечение деятельности по мониторингу облучения населения источниками ионизирующего излучения (ИИИ), результаты которой внедряются в практику подготовки научных документов. Этот процесс осуществляется в рамках утверждённой стратегии, которая основана на применении трёхуровневого подхода к сбору данных. Он включает в себя получение информации из баз данных международных организаций (ЕС, МАГАТЭ, ВОЗ, МОТ, ИКАО и др.), национальных данных, представляемых в формате опросных карт, и литературных источников. Опыт реализации данной стратегии, применённый при подготовке последних отчётов НКДАР ООН по медицинскому и профессиональному облучению, выявил необходимость повышения эффективности сбора информации, представляемой странами-участниками. Для решения этой задачи в 2019 г. Комитетом создана специальная рабочая группа, призванная разработать рекомендации по оптимизации сбора и анализа данных от государств-членов ООН. На 69-й сессии НКДАР ООН представлен и обсужден документ, в котором подведены итоги трёхлетней работы группы, проанализирован опыт предыдущей деятельности в этой области и доработана стратегия сбора национальных данных по облучению населения и персонала от профессионального, медицинского и природного облучения.

В обновлённой стратегии особое внимание уделено необходимости детальной проработки Комитетом цели и задач сбора данных, а также разъяснению преимуществ, получаемых государствами-членами от участия в данной деятельности. По мнению экспертов, это позволит национальным контактным лицам предметно аргументировать необходимость организации деятельности в этой области в своих странах и по возможности помочь привлечь адекватные ресурсы для ее выполнения.

Основные положения представленных рекомендаций касаются организации деятельности по сбору национальных данных, которая состоит из двух этапов. Первый (предварительный) этап заключается в проработке и конкретизации задач, решение которых предусмотрено в рамках очередной оценки облучения населения от ИИИ. На данном этапе предполагается создание небольших

«поисковых» экспертных групп, которые будут регулярно заниматься анализом современных литературных данных с целью выявления наиболее значимых путей облучения населения медицинскими и природными источниками, а также сфер производственной деятельности, в которых имеют место существенные дозовые нагрузки на персонал.

На втором этапе полученная информация будет использована для конкретизации опросных карт и исключения из рассмотрения при проведении национальных опросов тех ситуаций облучения, которые не претерпевают с течением времени существенных изменений (например, космическое излучение) и вклад которых уже достаточно подробно изучен в ходе предыдущих оценок. Предлагаемый подход оптимизирует нагрузку на ответственных лиц при сборе национальных данных и позволит сосредоточить усилия на представлении информации в наиболее значимых областях. Это дает возможность сконцентрировать усилия НКДАР ООН на проведении новых оценок доз облучения населения с учётом особенностей развития современного общества.

В случае принятия предложенной стратегии рабочая группа рекомендует в ближайшее время организовать две небольшие экспертные группы по медицинскому облучению, учитывая быстрое развитие технологий в этой области, и профессиональному облучению, поскольку последние оценки в этой области были проведены Комитетом в 2014 г. и приближается время обновления этих данных. Экспертные группы будут ежегодно отчитываться перед Комитетом. С учетом этого целесообразно инициировать процесс отбора кандидатур отечественных специалистов в «поисковые» экспертные группы по медицинскому и профессиональному облучению.

По результатам их аналитической деятельности Комитетом будет приниматься решение о необходимости инициирования мирового сбора данных об облучении населения и персонала в обозначенных областях и подготовке нового отчета. В случае положительного решения будут создаваться более крупные экспертные группы для подготовки очередного отчета НКДАР ООН.

По нашему мнению, деятельность создаваемых «поисковых» экспертных групп не должна ограничиваться только литературным поиском и выявлением приоритетных ситуаций облучения, но и должна быть ориентирована на разработку вопросов повышения эффективности сбора национальных данных и их качества. Руководствуясь этими соображениями, российской делегацией в ходе сессии были представлены предложения по расширению их экспертной деятельности.

Представляется целесообразной организация исследования по изучению структуры национальных информационных ресурсов по облучению населения, которые могут быть использованы для представления запрашиваемой НКДАР ООН информации. Так, например, в одних странах существуют национальные базы данных по медицинскому, профессиональному и природному облучению, в других – информация накапливается в ходе проведения национальных обследований, в третьих – данные по облучению населения аккумулируются только на региональном уровне или отсутствуют вообще. В сложившейся ситуации целесообразно применение дифференцированного подхода к сбору национальных данных. Он должен базироваться на предварительном ранжировании стран с учетом выявленных особенностей сбора и накопления данных, объединении их в соответствующие группы и разработке адаптированных для каждой группы опросных карт. Это позволит оптимизировать работу

национальных контактных лиц с учетом имеющихся в стране данных об облучении населения и персонала, а также повысить эффективность взаимодействия национальных контактных лиц с Комитетом в рамках реализации проектов НКДАР ООН.

Эффективность представления запрашиваемой Комитетом информации об облучении населения ИИИ во многом зависит от компетенций национальных контактных лиц. Отобранные кандидаты должны иметь доступ к запрашиваемой информации или, по крайней мере, обладать административным ресурсом для организации взаимодействия с экспертами в соответствующей области знаний. В связи с этим представляется целесообразной разработка соответствующих квалификационных требований к потенциальным кандидатам. Учитывая долгосрочность принятой Комитетом стратегии по сбору данных об облучении населения, следует рассмотреть вопрос об организации курсов повышения квалификации национальных контактных лиц и привлекаемых технических экспертов на платформе НКДАР ООН. Это позволит в перспективе сформировать пул профессиональных кадров для эффективного выполнения научных задач Комитета.

#### ***Документ UNSCEAR/69/9 «Использование физических величин и единиц их измерения в области радиационной защиты»***

В ответ на запрос Комитета, озвученный на 68-й сессии, секретариат организовал 11–12 апреля 2022 г. в Вене техническое совещание в гибридном режиме по вопросу использования НКДАР ООН физических величин и единиц их измерения в области радиационной защиты; при этом вопросы, касающиеся использования или уместности линейной беспороговой гипотезы, в число рассматриваемых на данном совещании не входили. В совещании приняли участие 14 экспертов из 9 государств-членов и 3 наблюдателя от международных организаций (МАГАТЭ, МКРЗ и МКРЕ). Был определен следующий перечень вопросов, требовавший детальных обсуждений:

- 1) надлежащее использование и интерпретация величин и единиц, используемых Комитетом, в том числе интенсивных и экстенсивных величин, и проблемы, связанные с усреднением расчетных доз облучения;
- 2) эволюция величин в области радиационной защиты (например, появление эффективной дозы, коллективной дозы) и коммуникационные проблемы, связанные с использованием этих величин, которые имели место в прошлом; важно, чтобы Комитет лучше объяснял смысл использования определенных величин и их значение для целей сравнения уровней облучения и выявления тенденций (например, при сравнении с предыдущими отчетами НКДАР ООН);
- 3) отсутствие прослеживаемости в дозах облучения, информацию о которых предоставляют государства-члены, возникающее из-за изменения весовых и дозовых коэффициентов с течением времени и недостаточной прозрачности процедур расчета значений эффективной дозы в конкретных странах; эти вопросы требуют пристального внимания, поскольку Комитету необходимо продолжать учитывать имеющиеся в государствах-членах данные (например, из национальных регистров и банков данных);
- 4) ожидаемое влияние Отчета 95 МКРЕ [3] на будущие оценки Комитетом профессионального облучения; в частности, будут ли предложенные изменения внедрены государствами-членами и международными организациями (например, МАГАТЭ) в стандарты безопасности;

5) влияние любых изменений в будущих общих рекомендациях МКРЗ, которое Комитету необходимо будет оценить примерно через 10 лет.

Среди сделанных по итогам обсуждений выводов можно выделить следующие:

- сами по себе экстенсивные величины, такие как коллективная доза, несут в себе недостаточно полезной информации, в отличие от интенсивных величин (например, коллективная доза на единицу произведенной энергии);
- эффективная доза, в единицах которой чаще всего предоставляют информацию государства-члены, используется НКДАР ООН для сравнения уровней облучения различными видами излучения различных тканей и/или органов в течение различных периодов времени и в ограниченном диапазоне доз;
- эффективная доза не используется НКДАР ООН для оценки ущерба, связанного с облучением, для конкретных лиц или групп населения;
- концепция эффективной дозы содержит много упрощений и предназначена для использования только в области низких доз;
- эффективная доза является величиной, учитывающей риск возникновения раковых и наследственных эффектов, связанных с ионизирующим излучением. Согласно программе будущих работ на 2020–2024 гг., Комитет в планируемых докладах о радиационных эффектах, механизмах и рисках будет уделять основное внимание нераковым соматическим эффектам. Эффективная доза, как она определена в настоящее время, не должна использоваться при проведении подобных оценок;
- с течением времени уже произошли изменения в методах расчета эффективной дозы, а некоторые еще могут произойти в будущем в случае изменения рекомендованного МКРЗ метода расчета, и этот факт необходимо учитывать при проведении сравнений оценок доз, представленных Комитетом в разные годы;
- что касается использования коллективной эффективной дозы, то Комитет постоянно подчеркивает, что он не рекомендует умножать очень низкие дозы на большое количество населения, рассчитывая таким образом коллективную дозу, и оценивать на ее основе вызванные ионизирующим излучением эффекты для здоровья популяции, подвергшейся воздействию дополнительных доз на уровнях ниже природного фона. Это связано с неопределенностями, присутствующими в оценке рисков при облучении с низкими дозами (см. отчет НКДАР ООН за 2012 г.). Любое упоминание коллективной дозы должно сопровождаться информацией о численности населения, к которому она относится, и о рассматриваемом периоде времени;
- во всех будущих отчетах НКДАР ООН для наименований единиц коллективной дозы «человеко-зиверт» (чел.-Зв) и «человеко-грей» (чел.-Гр) будут использованы следующие английские названия: person-sievert (person Sv) (вместо man-sievert (man Sv)) и person-gray (person Gy) (вместо man-gray (man Gy)), по аналогии с используемой в эпидемиологии единицей «человеко-год» (person-year). Делается это для того, чтобы подчеркнуть независимость этих единиц от пола человека; следует отметить, что проблема как таковая имеет место, и первую очередь и в основном, в английском языке, где «man» обозначает как «человека» в общем, так и «мужчину» в частности. В русском языке такой проблемы нет и никогда не существовало;

- поглощенная доза – это физическая величина, подходящая для использования при оценке биологических эффектов и воздействия на здоровье;
- эквивалентная доза используется в отчетах НКДАР ООН лишь изредка. В 2021 г. МКРЗ представила в Публикации 147 [4] новое руководство по использованию дозовых величин в радиационной защите. В частности, в ней рекомендуется прекратить использование эквивалентной дозы в качестве величины радиационной защиты для целей установления пределов доз на органы/ткани для предотвращения тканевых реакций;
- в 2020 г. МКРЕ в Отчете 95 [3] обновил операционные величины, используемые для оценки внешнего облучения. Значения доз, выраженные в операционных величинах, обычно используются в качестве суррогатов для малых значений эффективной дозы в национальных регистрах или банках данных. МКРЕ предполагает, что использование новых операционных величин приведет к улучшению оценок эффективной дозы. Ожидается, что в случае их внедрения государствами-членами, что может занять более десяти лет, изменятся и дозы определенных групп лиц, подвергающихся профессиональному облучению. Эти изменения также необходимо будет учитывать при проведении сравнений оценок доз, представленных Комитетом в разные годы.

В подготовленном по итогам обсуждений отчете Комитету предлагается четыре варианта дальнейшего использования выработанных предложений и рекомендаций: (а) использовать их в качестве вводной главы в научных приложениях к будущим отчетам НКДАР ООН; (б) выпустить их в виде т.н. Белой книги; (в) оформить их в виде дополнения к научному приложению; (г) оформить их в виде отдельного приложения, подходящего для всех будущих отчетов. Если Комитет решит, что необходима дальнейшая тщательная проработка этих вопросов, то потребуются усилия специальной экспертной группы. Решение об этом должно быть принято в рамках подготовки программы будущих работ Комитета на 2025–2029 гг. с учетом относительной важности и срочности прочих предлагаемых проектов, имеющих ресурсы Комитета и готовности государств-членов активно содействовать решению поставленных задач.

**Документ UNSCEAR/69/8 «Выполнение программы будущих работ Комитета (2020–2024 гг.) и предложения на период 2025–2029 гг., включая соображения специальной рабочей группы по эффектам и механизмам»**

В рамках данной сессии на обсуждение были вынесены три вопроса:

1. Выполнение текущей программы работ Комитета (2020–2024 гг.);
2. Предложения по программе будущих работ Комитета на 2025–2029 гг.;
3. Выпуск «Глоссария НКДАР ООН».

Текущая программа работ включает в себя десять проектов, находящихся на разных этапах реализации, в том числе проекты по оценке медицинского и профессионального облучения, облучения населения, «Эпидемиологические исследования радиации и рака» и «Оценка воздействия ионизирующего излучения на развитие заболеваний системы кровообращения», выполнение которых идет в соответствии с ранее утвержденными графиками.

Проект «Повторные первичные раки после лучевой терапии» будет продлен на один год; соответствующий отчет Комитет планирует утвердить в 2024 г. Новый

проект «Воздействие ионизирующего излучения на нервную систему», предварительный план которого был утвержден на 68-й сессии в 2021 г., планируется начать в 2022 г.; соответствующий отчет Комитет планирует утвердить в 2026 г. Работа по проекту «Воздействие ионизирующего излучения на хрусталик и другие структуры глаза» должна начаться в 2023 г., а утверждение отчета запланировано также на 2026 г. План работ по данному проекту будет подготовлен специальной рабочей группой по эффектам и механизмам и представлен Комитету для утверждения на 70-й сессии.

Согласно предварительному графику, план проекта «Иммунные эффекты после облучения» должен быть разработан специальной рабочей группой по эффектам и механизмам в 2023 г. и представлен Комитету в 2024 г. Однако рабочая группа отметила потенциальное пересечение этого проекта с проектом по всеобъемлющей оценке нераковых эффектов, который был предложен при обсуждении программы будущих работ Комитета на 2020–2024 г., но его содержание пока что еще не было в достаточной мере проработано. Поскольку частично тема иммунных эффектов после облучения была затронута в отчете НКДАР ООН 2020/2021, Приложение С «Биологические механизмы, имеющие отношение к определению риска развития рака в результате облучения в низких дозах и с низкой мощностью дозы», опубликованном в 2021 г., рассмотрение этой темы в рамках всеобъемлющей оценки нераковых эффектов может быть более рациональным, нежели в рамках отдельного проекта.

Комитет поддержал призыв секретариата к выдвижению кандидатур экспертов для участия в проекте «Воздействие ионизирующего излучения на нервную систему», а также поручил специальной рабочей группе по эффектам и механизмам подготовить план проекта «Воздействие ионизирующего излучения на хрусталик и другие структуры глаза» и уточнить содержание запланированного отчета о всеобъемлющей оценке нераковых эффектов воздействия ионизирующего излучения на здоровье человека. При инициировании новых проектов в рамках программы работ на 2020–2024 гг. необходимо будет учитывать прогресс текущих проектов и наличие ресурсов.

После 68-й сессии секретариат получил предложения по 20 темам для включения в программу будущих работ Комитета на 2025–2029 гг. как от государств-членов, так и от международных организаций (МАГАТЭ и МКРЗ), из которых пять не прошли первый раунд оценки специальной рабочей группой по эффектам и механизмам, и на основе полученных от делегаций комментариев было решено не проводить дальнейшую углубленную оценку этих предложений. После обсуждения оставшихся 15 тем на заседании был одобрен список из шести потенциальных проектов; специальная рабочая группа по эффектам и механизмам проведет углубленный анализ этих предложений и представит его результаты на 70-й сессии. С учетом имеющихся ресурсов Комитета планировать более четырех проектов на период 2025–2029 гг. представляется нереалистичным. В список потенциальных проектов вошли следующие темы:

1. Уровни облучения и оценка радиационных эффектов у животных и растений (данная тема в некоторой степени пересекается с новым проектом МКРЗ, касающимся воздействия ионизирующего излучения на биоту).
2. Зависимости «доза–ответ» для радиационных эффектов (при разработке этой темы необходимо принять во внимание предыдущие оценки Комитета, а также опубликованные недавно работы других орга-

низаций, например, Национального совета по радиационной защите и измерениям США – NCRP [5]).

3. Влияние ионизирующего излучения на продолжительность жизни (с акцентом на нераковые эффекты; необходимо принять во внимание потенциально возможное включение этой темы в запланированный отчет о всеобъемлющей оценке нераковых эффектов воздействия ионизирующего излучения на здоровье человека).
4. Радиационные сигнатуры и биомаркеры эффектов (возможно также рассмотрение индивидуальных вариаций этих маркеров).
5. Неопределенности, связанные с лучевой терапией (в том числе рассмотрение неблагоприятных эффектов лучевой терапии помимо индукции повторных первичных раков; возможно включение этой темы в уже выполняющийся проект «Повторные первичные раки после радиотерапии»).
6. Биологические эффекты пренатального облучения (в области нераковых эффектов данная тема в некоторой степени пересекается с запланированным проектом МКРЗ; необходимо также принять во внимание потенциально возможное включение этой темы в запланированный отчет о всеобъемлющей оценке нераковых эффектов воздействия ионизирующего излучения на здоровье человека).

Оживленную дискуссию вызвал «Глоссарий НКДАР ООН», представляющий собой, по сути, сборник терминов и их определений, использованных в отчетах НКДАР ООН, опубликованных в период с 2000 по 2022 гг. Поскольку предварительно рассмотренный документ содержал для целого ряда терминов несколько отличающихся друг от друга определений, взятых из различных отчетов НКДАР ООН и публикаций МКРЗ, а в списке источников отсутствовал широко используемый в среде специалистов по ядерной безопасности и радиационной защите глоссарий МАГАТЭ [6], это вызвало у многих делегаций непонимание целей и методов создания подобного «глоссария». Руководитель специальной рабочей группы по эффектам и механизмам А. Фридл пояснила, что данный документ является, строго говоря, не глоссарием, а лишь компиляцией терминов и определений, использованных в отчетах Комитета в прошлом. Основная цель данного сборника – служить справочным материалом для членов экспертных групп, упрощающим работу при подготовке будущих отчетов НКДАР ООН. По этой причине не было одобрено предложение ряда делегаций осуществить перевод сборника на прочие официальные языки ООН и открыто опубликовать его. Было решено изменить название документа таким образом, чтобы оно отражало его суть, а также включить в текст оговорку о том, что трактовка некоторых терминов может быть ограничена конкретными ситуациями или может отражать уровень научных знаний на момент публикации конкретного отчета.

### Заключение

Программа прошедшей 9–13 июня 2022 г. 69-й сессии НКДАР ООН включала обсуждение трех промежуточных документов R.752 «Повторные первичные раки после радиотерапии», R.753 «Эпидемиологические исследования радиации и рака» и R.754 «Оценка облучения населения природными и иными источниками ионизирующего излучения». Рабочая группа также рассмотрела первый промежуточный отчет R.755 «Оценка влияния радиационного воздействия на заболевания системы кровообращения» и UNSCEAR/69/7 «Реализация стратегии информирования общественности и информационно-



просветительской деятельности на период 2020–2024»), отчеты секретариата (R.756 «Реализация стратегии Комитета по совершенствованию сбора, анализа и распространения данных по радиационному облучению, включая предложения специальной рабочей группы по источникам и облучению exposure», UNSCEAR/69/8 «Реализация будущей программы работы Комитета (2020–2024), и проекты на период 2025–2029, включая предложения специальной рабочей группы по эффектам и механизмам», UNSCEAR/69/9 «Использование физических величин и единиц их измерения в области радиационной защиты») и отчет Генеральной Ассамблеи ООН.

Комитет принял решение продлить полномочия специальных групп по эффектам и механизмам, а также по источникам и облучению на один год. Следующая 70-я сессия НКДАР ООН запланирована на 19–23 июня 2023 г.

#### Благодарность

Авторы благодарят следующих привлеченных экспертов за консультации по документам НКДАР ООН: А.М. Библина (НИИРГ им. П.В. Рамзаева Роспотребнадзора), А.В. Водоватова (НИИРГ им. П.В. Рамзаева Роспотребнадзора), Д.Е. Калинин (СБН Центр ФМБА России), И.В. Мильто (СБН Центр ФМБА России).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аксеев А.В., Азизова Т.В., Иванов В.К., Карпикова Л.А., Киселев С.М., Кононенко Д.В. и др. Итоги 68-й сессии Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН (Вена, 21–25 июня 2021 г.) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т.67, № 1. С. 11–18. DOI: 10.12737/1024-6177-2022-67-1-11-18.
2. Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников. IAEA/CODE-OC/2004. Вена: МАГАТЭ, 2004. 24 с. URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Code-2004\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Code-2004_web.pdf) (Дата обращения: 29.06.2022).
3. Operational Quantities for External Radiation Exposure. ICRU Report 95 // Journal of the ICRU. 2020. V.20, No. 1. 130 p.
4. Harrison J.D., Balonov M., Bochud F., Martin C., Menzel H.-G., Ortiz-Lopez P., Smith-Bindman R., Simmonds J.R., Wakeford R. ICRP Publication 147: Use of Dose Quantities in Radiological Protection // Ann. ICRP 2021. V.50, No. 1. 82 p.
5. Implications of Recent Epidemiologic Studies for the Linear-Nonthreshold Model and Radiation Protection. NCRP Commentary 27. Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurements, 2018. 191 p.
6. IAEA Safety Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection. 2018 Edition. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2019. 261 p. URL: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830_web.pdf) (Accessed 29.06.2022).

#### REFERENCES

1. Akleyev A.V., Azizova T.V., Ivanov V.K., Karpikova L.A., Kiselev S.M., Kononenko D.V., et al. Results of the 68-th Session of the United Nations Scientific Committee on the Effects of the Atomic Radiation (UNSCEAR) (Vienna, 21–25 June, 2021). *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2021;67;1:11-18. DOI: 10.12737/1024-6177-2022-67-1-11-18 (In Russ.).
2. Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources. IAEA, Vienna, 2004. 24 p. URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Code-2004\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Code-2004_web.pdf) (Accessed 29.07.2022).
3. Operational Quantities for External Radiation Exposure. ICRU Report 95. Journal of the ICRU. 2020;20;1:130.
4. Harrison J.D., Balonov M., Bochud F., Martin C., Menzel H.-G., Ortiz-Lopez P., Smith-Bindman R., Simmonds J.R., Wakeford R. ICRP Publication 147. Use of Dose Quantities in Radiological Protection. Ann. ICRP 2021;50;1:82.
5. Implications of Recent Epidemiologic Studies for the Linear-Nonthreshold Model and Radiation Protection. NCRP Commentary 27. Bethesda, MD, National Council on Radiation Protection and Measurements, 2018. 191 p.
6. IAEA Safety Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection. 2018 Edition. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2019. 261 p. URL: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830_web.pdf) (Accessed 29.06.2022).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Участие авторов.** Статья подготовлена с равным участием авторов.  
**Поступила:** 20.06.2022. Принята к публикации: 25.08.2022.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.  
**Financing.** The study had no sponsorship.  
**Contribution.** Article was prepared with equal participation of the authors.  
**Article received:** 20.06.2022. Accepted for publication: 25.08.2022.