

**В.В. Уйба¹, А.В. Аклеев^{2,3}, Т.В. Азизова⁴, С.А. Гераськин⁵, В.К. Иванов⁶,
А.Н. Котеров⁷, А.И. Крышев⁸, С.Г. Михеенко⁹, С.А. Романов⁴,
С.М. Шинкарев⁷**

**ИТОГИ 63-Й СЕССИИ НАУЧНОГО КОМИТЕТА ПО ДЕЙСТВИЮ
АТОМНОЙ РАДИАЦИИ (НКДАР) ООН
(Вена, 27 июня – 1 июля 2016 г.)**

**V.V. Uyba¹, A.V. Akleyev^{2,3}, T.V. Azizova⁴, S.A. Geras'kin⁵, V.K. Ivanov⁶,
A.N. Koterov⁷, A.I. Kryshev⁸, S.G. Mikheyenko⁹, S.A. Romanov⁴,
S.M. Shinkarev⁷**

**Results of the 63rd Session of the United Nations Scientific Committee
on the Effects of the Atomic Radiation (UNSCEAR)
(Vienna, 27 June – 1 July, 2016)**

РЕФЕРАТ

Настоящая статья посвящена основным итогам работы 63-й сессии НКДАР ООН, которая прошла в период с 27 июня по 1 июля 2016 г. в Вене. В рамках совещаний рабочей группы и подгрупп состоялось обсуждение документов по следующим проектам:

- Методология оценки дозы облучения человека от радиоактивных сбросов.
- Радиационное облучение при производстве электроэнергии.
- Биологические эффекты облучения от отдельных инкорпорированных радионуклидов.
- Развитие ситуации после отчета НКДАР ООН 2013 г. об уровнях и эффектах радиационного облучения в результате ядерной аварии после Великого восточно-японского землетрясения и цунами.
- Эпидемиология рака от воздействий излучения окружающей среды при низкой мощности дозы.
- Сбор, анализ и распространение данных о дозах облучения, в частности о дозах медицинского и профессионального облучения.
- Некоторые оценки последствий для здоровья и оценка риска радиационного воздействия.

Обсуждены организационные вопросы, касающиеся подготовки публикаций НКДАР, состава бюро НКДАР, работы с общественностью, а также руководящие принципы деятельности Комитета, будущая программа исследований, отчет Генеральной ассамблеи ООН и другие.

Ключевые слова: 63-я сессия НКДАР ООН, доза облучения, производство электроэнергии, радиоактивные выбросы, биологические эффекты, радиационная эпидемиология, медицинское облучение, окружающая среда

ABSTRACT

Current paper is devoted to the major results of the work of the 63rd Session of the UNSCVEAR that was held in Vienna from 27 June to 1 July, 2016. Within the framework of the meeting of the Work group and subgroups the documents on the following projects were discussed:

- Methodology for estimating human exposures due to radioactive discharges.
- Radiation exposures from electricity generation.
- Biological effects of selected internal emitters.
- Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great East-Japan earthquake and tsunami
- Cancer epidemiology of exposures at low dose-rates due to environmental radiation.
- Collection, analysis and dissemination of data on radiation exposures, particular on medical and occupational exposures.
- Selected evaluations of health effects and risk inference from radiation exposure.

In the course of the discussion some organizational issues such as the status of UNSCEAR publications, governing principles of the Committee's activities, the structure of the UNSCEAR Bureau, public affairs, future research program, report to the General Assembly and etc., were considered.

Keywords: 63rd UNSCEAR Session, exposure dose, radioactive discharges, electricity generation, biological effects, radiation epidemiology, medical exposure, environment

¹ Федеральное медико-биологическое агентство, Москва

² Уральский научно-практический центр радиационной медицины (УНПЦ РМ) ФМБА России, Челябинск.

E-mail: akleyev@urcrm.ru

³ Челябинский государственный университет

⁴ Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России, Озерск, Челябинская область

⁵ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии ФАНО, Обнинск

⁶ Медицинский радиологический научный центр (МНРЦ) им. А.Ф. Цыба, Обнинск

⁷ Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва

⁸ НПО «Тайфун» Росгидромета, Обнинск

⁹ Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Москва

¹ FMBA of Russia, Moscow, Russia

² Urals Research Center for Radiation Medicine of Federal Medical Biological Agency, Chelyabinsk, Russia.

E-mail: akleyev@urcrm.ru

³ Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia.

⁴ Southern Urals Biophysics Institute of Federal Medical Biological Agency, Ozyorsk, Chelyabinsk Region, Russia.

⁵ Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia.

⁶ A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre, Obninsk, Russia

⁷ A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

⁸ RPA "Typhoon" of Roshydromet, Obninsk, Russia

⁹ Russian Federation national nuclear corporation ROSATOM, Moscow, Russia

Введение

С 27 июня по 1 июля 2016 г. состоялась 63-я сессия НКДАР ООН (Комитет), в которой приняли участие эксперты из 27 стран-членов НКДАР ООН (Австралия, Аргентина, Белоруссия, Бельгия, Бразилия, Великобритания, Германия, Египет, Индия, Индонезия, Испания, Канада, Китай, Мексика, Пакистан, Перу, Польша, Республика Корея, Российская Федерация, Словакия, Судан, США, Украина, Финляндия, Франция, Швеция, Япония). В работе сессии также участвовали представители 6 международных организаций:

- Международное агентство по атомной энергии – МАГАТЭ (IAEA),
- Всемирная организация здравоохранения – ВОЗ (WHO),
- Европейская Комиссия – ЕК (ЕС),
- Международная комиссия по радиационной защите – МКРЗ (ICRP),
- Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям – МКРЕ (ICRU),
- Международное агентство по исследованию рака (IARC).

Российская делегация включала 9 специалистов: А.В. Аклеев – официальный представитель Российской Федерации в НКДАР ООН (УНПЦ РМ ФМБА России), Т.В. Азизова и С.А. Романов (ЮУрИБФ ФМБА России), С.А. Гераськин (ВНИИРАЭ ФАНО), В.К. Иванов (МРНЦ Минздрава РФ), А.Н. Котеров, С.М. Шинкарев (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России), А.И. Крышев (НПО «Тайфун» Росгидромета), С.Г. Михеенко (ГК «Росатом»).

Сессия была посвящена 60-летию образования НКДАР ООН, 30-летней годовщине аварии на Чернобыльской АЭС и 5-летию аварии на АЭС Фукусима-1. Сессия Комитета прошла под председательством Йошихару Йонекура (Yoshiharu Yonekura, Япония). Обязанности секретаря НКДАР ООН выполнял М. Крик (M. Crick). Заместители председателя: Джон Хант (John Hunt, Бразилия), Питер Якоб (Peter Jacob, Германия), Ханс Ванмарк (Hans Vanmarcke, Бельгия), репортер Михаэль Валигорский (Michael Waligórski, Польша).

Результаты обсуждения научных отчетов

В рамках 63-ой сессии НКДАР ООН были обсуждены следующие научные отчеты:

- R.713 «Методология оценки дозы облучения человека от радиоактивных сбросов».
- R.714 «Радиационное облучение при производстве электроэнергии».
- R.715 «Биологические эффекты облучения от отдельных инкорпорированных радионуклидов».

- R.716 «Эпидемиология рака от воздействий излучения окружающей среды при низкой мощности дозы».
- R.717 «Сбор, анализ и распространение данных о дозах облучения, в частности о дозах медицинского и профессионального облучения».
- R.718 «Развитие ситуации после отчета НКДАР ООН 2013 г. об уровнях и эффектах радиационного облучения в результате ядерной аварии после Великого восточно-японского землетрясения и цунами».
- R.719 «Некоторые оценки последствий для здоровья и оценка риска радиационного воздействия».

Наибольшее количество вопросов, замечаний и предложений поступило по отчету R.715 (Биологические эффекты облучения от отдельных инкорпорированных радионуклидов) и R.716 (Эпидемиология рака от воздействий излучения окружающей среды при низкой мощности дозы). Принято решение закончить в ближайшие месяцы после 63-й сессии отчеты R.713 (Методология оценки облучения человека вследствие радиоактивных сбросов) и R.714 (Радиационное облучение вследствие производства электроэнергии). В связи с этим, на текущей сессии было уделено особое внимание этим приоритетным отчетам. Отчет, посвященный внутренним эмиттерам (урану и тритию), планируется также закончить до конца 2016 г. Отчет по эпидемиологии рака планируется закончить в 2017 г. По результатам обсуждения на 63-й сессии НКДАР ее участники должны направить свои письменные предложения, дополнения или замечания в Секретариат.

Документ R.713 Методология оценки дозы облучения человека от радиоактивных сбросов

На 56-й сессии НКДАР ООН в 2009 г. было принято решение усовершенствовать опубликованную в 2000 г. [1] методологию оценки доз облучения населения в результате работы предприятий полного ядерного цикла. На 63-й сессии НКДАР ООН в 2016 г. обсуждение документа было закончено, и он был одобрен к публикации в качестве официального отчета Комитета.

Разработка и периодический пересмотр методологии оценки доз облучения населения от радиоактивных выбросов и сбросов в окружающую среду рассматривается Комитетом как одна из приоритетных задач. Основными используемыми в документе дозиметрическими величинами являются эффективная доза и коллективная эффективная доза. Использование эффективной дозы позволяет сравнивать дозы от разных видов излучения, рассматривать разные варианты распределения дозы в пределах тела. Коллективная доза представляет собой удобный

инструмент для сравнения радиационного воздействия на разных стадиях ядерного топливного цикла, а также от атомных электростанций и других способов генерации электрической энергии. Однако Комитет отмечает, что коллективная эффективная доза может быть использована только в целях сравнения и не должна использоваться в целях нормирования и в эпидемиологических исследованиях. Комитет особо подчеркивает некорректность интегрирования очень маленьких доз за продолжительное время для больших популяций людей в целях оценки медицинских эффектов.

Индивидуальные дозы рассчитываются для типичного человека, проживающего в районе расположения источника выбросов/сбросов радионуклидов. Это принципиально отличает данный подход от методов, применяемых в целях нормирования выбросов и сбросов в окружающую среду, где дозы рассчитываются для критической группы населения. При оценке индивидуальных доз учитывают внутреннее облучение от потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды, от вдыхания радионуклидов, внешнего облучения от поверхности почвы и находящихся в воздухе радионуклидов. При этом Комитет считает реалистичным предполагать, что только 25 % потребляемой человеком пищи произведено в месте его проживания. Для обоснования этого тезиса были использованы данные проведенного во Франции [2] исследования. Это значение также хорошо соответствует данным, полученным при оценке доз облучения населения после аварии на АЭС «Фукусима» в Японии [3].

Описанная в документе методология позволяет рассчитывать индивидуальные и коллективные дозы облучения населения в случаях выбросов радионуклидов в воздух, сбросах в реки, озера и моря. Методология учитывает облучение от радионуклидов, поступление которых в окружающую среду считается вероятным на разных стадиях ядерного топливного цикла. Особое внимание уделено оценке поведения в окружающей среде глобально рассеиваемых радионуклидов – ^3H , ^{14}C , ^{85}Kr и ^{129}I . Поскольку методология предназначена для оценки доз хронического облучения человека, она предполагает учет накопления долгоживущих радионуклидов в окружающей среде и учитывает облучение от долгоживущих радионуклидов, поступление которых в окружающую среду прекращено.

В документе предложено использовать для расчета индивидуальных доз временной интервал в 100 лет, поскольку это время включает время работы электростанции и возможность строительства электростанции на том же месте. Для расчета коллективной дозы можно использовать бесконечный временной ин-

тервал, однако для большинства радионуклидов временной интервал в 100 лет учитывает основную часть коллективной дозы. Для долгоживущих радионуклидов ^{14}C и ^{129}I при расчете коллективной дозы предложено использовать временной интервал 10 000 лет. Отдельного рассмотрения требуют свалки отходов урановых и угольных шахт. В предыдущем варианте Методологии в качестве временного интервала для расчета коллективной дозы от свалок отходов урановых шахт использовали 10 000 лет. Проведенные с тех пор исследования показали, что лучшим временным интервалом для оценки коллективной дозы от эмиссии радона на свалках отходов урановых шахт является 100 лет, но временные интервалы в 500 и 1000 лет также должны быть включены в рассмотрение.

Для оценки переноса радионуклидов в атмосфере принято предположение о том, что все выбросы производятся из точечного источника высотой 30 м. При расчете перехода радионуклидов из атмосферного воздуха в пищевые продукты используется динамическая модель FARMLAND [4], рекомендуемые значения параметров приведены в таблицах в приложении к данному документу. Выбор значений параметров в моделях переноса радионуклидов и перехода в продукты питания предполагает использование обоснованных, но не обязательно наиболее консервативных оценок, как это принято в моделях, применяемых для целей регулирования.

Отдельный раздел документа посвящен методам оценки доз облучения населения при сбросах в пресноводные водоемы. Детально рассмотрены сбросы в три типа водоемов – озера, крупные и малые реки. Радиоэкологические характеристики переноса радионуклидов в пресноводных экосистемах взяты из рекомендаций МАГАТЭ [5]. Впервые в методиках Комитета оценена роль орошения – важного пути транспорта радионуклидов, где происходит ускоренный перенос радионуклидов по трофическим цепочкам.

В соответствии с пожеланиями Комитета, в новый вариант методологии включены оценки доз от других (не ядерных) способов генерации электрической энергии. Усовершенствованный вариант методологии позволяет оценить дозы для населения отдельно для каждого из значимых радионуклидов. В частности, в документе предложен более реалистичный подход к оценке доз от долгоживущих естественных радионуклидов (^{226}Ra и ^{222}Rn). По сравнению с предыдущими версиями усовершенствованная методология учитывает региональные различия в распределении населения и пищевых предпочтений.

Описание методологии сопровождается системой электронных таблиц и значений необходимых параметров, позволяющих с приемлемой точностью

оценить полученные населением дозы в разных (не аварийных) радиоэкологических ситуациях.

При обсуждении методологии на 63-й сессии НКДАР ООН существенных изменений в документ внесено не было. В выступлениях представителей России и других стран отмечалось, что, несмотря на сделанные уточнения, документ в целом близок к окончательному виду и готов к публикации в качестве официального документа НКДАР ООН. В целом необходимо отметить, что применение описанной в этом документе методологии в России станет надежной основой сравнительного анализа доз облучения населения от разных способов получения электроэнергии и позволит уточнить оценки облучения населения в результате работы предприятий полного ядерного цикла, особенно в части сравнительного анализа с другими регионами мира.

Документ R.714 Радиационное облучение при производстве электроэнергии

Обсуждение документа R.714 «Радиационное облучение при производстве электроэнергии» на 63-й сессии НКДАР ООН проходило в течение трех дней (27–29 июня 2016 г.). В первый день рассматривалось только расширенное резюме документа для его включения в итоговый отчет о деятельности НКДАР ООН, выносимый на 71-ю сессию Генеральной Ассамблеи ООН осенью 2016 г. В последующие два дня состоялось подробное обсуждение документа при его разборе по параграфам.

Цель документа – сравнение радиационного облучения населения Земли при производстве электрической энергии с помощью различных технологий. Сравнение выполнено по двум параметрам: (а) коллективная доза облучения всего населения и (б) коллективная доза, нормализованная на объем произведенной данным способом электроэнергии. При сравнении учитывались следующие технологии производства электроэнергии: (1) ядерная энергия (атомные электростанции), (2) сжигание каменного угля, (3) сжигание природного газа, (4) сжигание нефти, (5) сжигание биотоплива, (6) геотермальная энергия, (7) энергия ветра и (8) энергия солнца. В качестве года, на который проводилось сравнение, принят 2010 год. Необходимо также подчеркнуть, что сравнение различных технологий производства электроэнергии относится только к штатным условиям работы соответствующих предприятий. Оценки коллективных доз облучения населения и персонала вследствие радиационных аварий подробно рассмотрены в других документах НКДАР ООН.

Начало работы над проектом данного документа датируется 2009 г. Год назад (в 2015 г.) перед консультантами и рабочей группой, образованной из

экспертов ряда стран, присутствовавших на предыдущей 62-й сессии, секретариат НКДАР ООН поставил задачу сконцентрировать усилия и завершить подготовку документа в 2016 г. Поскольку рабочая версия документа в 2015 г. была весьма далека от завершения, то при подведении итогов обсуждения год назад делегаты (в т.ч. и представители Российской Федерации) высказывали обоснованные сомнения в возможности подготовить заключительную версию в течение года. Тем не менее, благодаря интенсивной работе за истекший год, документ существенно улучшился. С учетом замечаний ряда делегатов, включая и представителей Российской Федерации, из текста документа были удалены фразы о связи между коллективной дозой облучения и ущербом для здоровья населения. Поскольку при нормальной эксплуатации предприятий индивидуальные дозы облучения населения оказываются существенно ниже ежегодных доз, обусловленных радиационным фоном, следовательно, о вредном действии таких малых доз говорить не приходится. Таким образом, характеристикой воздействия на население в документе четко обозначено радиационное облучение вне его связи с влиянием на здоровье.

Как отмечалось выше, за прошедший год удалось существенно продвинуться в подготовке параллельного документа R.713 «Методология оценки дозы облучения человека от радиоактивных сбросов», что позволило использовать его для расчетов по единой методологии доз облучения населения при выбросах (сбросах), обусловленных различными технологиями производства электрической энергии. Значительно пополнилась база данных, которая впоследствии была использована для уточнения коллективных доз облучения персонала и населения при выводе атомных электростанций из эксплуатации, при добыче металлов, применявшихся в неядерных технологиях, и при ряде других операций. Для двух технологий генерации электрической энергии – ядерной и сжигания каменного угля – стало возможным сопоставление коллективных доз, рассчитанных с учетом всех стадий жизненного цикла. Для технологий генерации электрической энергии с использованием сжигания газа, нефти, а также геотермальной энергии, сопоставление коллективных доз проведено по упрощенной схеме с применением разработанной методологии и принятием ряда предположений, касающихся отдельных стадий жизненного цикла. Для технологий генерации электрической энергии с использованием сжигания биотоплива, энергии ветра и солнца, из-за сильной ограниченности доступных данных вынужденно использовали еще более упрощенные схемы расчета.

Согласно оценкам Комитета, вклад в суммарную коллективную дозу облучения населения Земного шара от сжигания каменного угля на современных предприятиях составляет около 65 %, а от выработки электроэнергии на атомных станциях — 15 %. Основной вклад в облучение населения от сжигания каменного угля приходится на облучение от природных радионуклидов (прежде всего от радона и дочерних продуктов его распада). При выработке электроэнергии на атомных станциях примерно половина коллективной дозы облучения населения также обусловлена природными радионуклидами. Эта оценка зависит от объема электроэнергии, вырабатываемой с помощью каждой технологии. В 2010 г. при сжигании каменного угля получено около 40 % суммарной электрической энергии в мире. Несмотря на то, что радон и дочерние продукты его распада вносят существенный вклад в суммарную коллективную дозу облучения населения при производстве электроэнергии на атомных станциях и при сжигании каменного угля, соответствующие индивидуальные дозы для населения оказываются очень низкими в сравнении с дозами, обусловленными ингаляционным поступлением человеку радона и его дочерних продуктов при проживании людей в жилищах.

При сравнении разных способов производства электроэнергии по параметру коллективной дозы, нормализованной на объем произведенной электроэнергии, сжигание каменного угля приводит к большему вкладу в нормализованную коллективную дозу, чем работа атомных станций, и значительно больше, чем любые другие технологии за исключением геотермальной энергии. На основании очень ограниченных данных о производстве электроэнергии на предприятиях, использующих геотермальную энергию, выбросы радона и его продуктов деления могут быть очень значительными. Однако вследствие малого распространения в мире такого способа производства электроэнергии его вклад в суммарное облучение населения многократно меньше, чем при сжигании каменного угля.

Комитет также провел оценки облучения персонала при производстве электроэнергии с помощью различных технологий. Наибольшие значения удельной коллективной дозы характерны для производства электроэнергии при сжигании каменного угля. При этом основной вклад в облучение персонала для этого способа производства происходит на стадии добычи каменного угля. При рассмотрении других способов производства электроэнергии наибольшие удельные коллективные дозы облучения персонала относятся к добыче редкоземельных металлов, необходимых в таких технологиях, как использование энергии солнца и ветра. Добыча редкоземельных металлов в низкоста-

тивных рудах сопряжена с существенным облучением персонала от природных радионуклидов.

Удельная суммарная коллективная доза (население и персонал), обусловленная производством электроэнергии путем сжигания каменного угля, примерно в 10 раз превосходит соответствующую дозу при работе атомных станций.

В документе особо подчеркивается, что при интерпретации приведенных оценок необходимо учитывать следующие объективные обстоятельства. Сравнение различных способов производства электроэнергии проведено только по одному фактору — радиационному. Документ не предназначен для того, чтобы дать обоснование предпочтительности одного вида производства электроэнергии перед другим (другими), рассматривая при этом только один фактор. Для такого рода выводов необходимо рассматривать целый набор факторов различной природы. Радиационный фактор только один из них.

По итогам обсуждения документа R.714 на 63-й сессии НКДАР ООН принято единогласное решение о его одобрении и подготовке окончательной редакции с учетом результатов состоявшегося на сессии обсуждения. Достигнуто согласие, что два документа R.713 и R.714 будут опубликованы в одном томе как два отдельных научных приложения.

Публикация документа НКДАР ООН R.714 «Радиационное облучение при производстве электроэнергии» в его последней редакции важна для Российской Федерации, поскольку такая публикация предоставит возможность со ссылкой на авторитет НКДАР ООН и на объективные данные, представленные в документе, убедительно доказать, что производство электроэнергии на АЭС оказывает существенно меньшее влияние на человека и окружающую среду, чем наиболее интенсивно применяемая технология сжигания каменного угля, обеспечивающая основную долю производства электрической энергии в мире. В документе нет указаний на связь коллективной дозы с ее негативным воздействием на здоровье человека, поскольку при очень малых индивидуальных дозах такой связи объективно не существует. В предыдущих выпусках аналогичного документа в 1977, 1982, 1988, 1993 г. такая зависимость присутствовала, что вводило в заблуждение пользователей документа и давало возможность манипулировать мнимой опасностью радиационных выбросов с АЭС при их штатной работе, препятствуя строительству новых блоков АЭС.

Документ R.715 Биологические эффекты облучения от отдельных инкорпорированных радионуклидов

Документ посвящен обзору научных данных о биологических эффектах, обусловленных внутренним облучением от инкорпорированных радионуклидов (тритий и уран). Подготовка к отчету вступила в завершающую фазу. Уже сейчас стало ясно, что основной посыл для решения НКДАР ООН по созданию этого документа оказался ложным. Серьезных (прорывных) научных исследований по тритию и урану в последние двадцать лет не было проведено. Вместе с тем проблема воздействия инкорпорированных радионуклидов остается актуальной. Поэтому в 2015 г. Секретариат предложил написать общее введение по всем инкорпорированным радионуклидам. Подготовленное Дж. Хариссоном (дозиметрия) и Р. Вейкфордом (эффекты внутреннего облучения) введение оказалось очень информативным и полезным, особенно раздел дозиметрии. К сожалению, стратегия Секретариата в очередной раз изменилась, и запланированные обзоры по другим инкорпорированным радионуклидам (йоду и радю) решено отложить на неопределенный срок. Исходя из этого, Секретариат вернулся к старой форме документа.

НКДАР ООН рассмотрел обновленную версию отчета по тритию, включающего следующие разделы: источники и уровни облучения; физические, радиологические и биохимические характеристики трития; облучение персонала и населения; биокинетика и дозиметрия внутреннего облучения от инкорпорированного трития; биологические эффекты и эффекты воздействия на здоровье от внутреннего облучения от инкорпорированного трития; относительная биологическая эффективность трития; результаты эпидемиологических исследований; общее заключение и обоснование необходимости исследований в будущем.

Комитет высоко оценил подготовленный к обсуждению отчет и одобрил его публикацию после внесения исправлений и дополнений по тексту.

Были подробно обсуждены основные выводы по биологическим эффектам трития. Комитет согласовал следующие основные заключения:

- При поступлении трития в организм человек подвергается внутреннему бета-облучению.
- В организм персонала радиационно-опасных предприятий тритий поступает в виде тритиевой воды, элементарного водорода (НТ), тритидов металлов и тритий-содержащей пыли, люминесцентных соединений, биохимических веществ с содержанием трития и некоторых иных антропогенных химических форм.
- Население подвергается внутреннему облучению трития при поступлении в организм индивидуумов

тритиевой воды из окружающей среды и органически связанных соединений трития из пищи.

Поглощенные дозы внутреннего бета-облучения от инкорпорированного трития не могут быть измерены напрямую, поэтому для оценки доз используют биокинетическую и дозиметрическую модели, основанные на измерениях трития в окружающей среде и в биологических материалах человека (чаще всего, в моче). Хотя действующие в настоящее время биокинетические модели поглощения трития человеком вполне совпадают с результатами экспериментальных исследований, совершенствование моделей продолжается. Существует особая необходимость в разработке биокинетических моделей поступления биохимических веществ, содержащих тритий, включая нуклеотропные формы, в организм человека.

Дозы облучения, а, следовательно, и риск, вследствие воздействия некоторых биохимических веществ, содержащих тритий, и органически связанного трития больше, чем дозы облучения от тритиевой воды из-за более длительной инкорпорации в организме и, возможно, из-за локализации внутри клеток. Исследования напрямую биологических эффектов, возникающих вследствие воздействия органически связанного трития, обычно невозможны из-за невысокой концентрации трития в органически связанных тритий-содержащих соединениях. Следует отметить, однако, что количество работников, контактирующих с такими формами трития, небольшое.

В ходе лабораторных исследований млекопитающих было показано, что тритий вызывает как стохастические, так и детерминированные биологические эффекты, сопоставимые с эффектами, возникающими вследствие воздействия других видов ионизирующего излучения, и, как правило, характеризуется однородным распределением в тканях организма, особенно при поступлении в виде тритиевой воды. Тяжесть детерминированных эффектов пропорциональна дозе облучения, как и в случаях с другими видами излучений. Внутреннее облучение от инкорпорированного трития может приводить к возникновению и стохастических эффектов, таких как рак или генетические эффекты, у лабораторных мышей и крыс. Однако на сегодняшний день нет эпидемиологических доказательств стохастических эффектов у людей вследствие внутреннего бета-облучения от инкорпорированного трития.

Оценки относительной биологической эффективности (ОБЭ) бета-излучения от трития, полученные по результатам 50 *in vivo* и *in vitro* экспериментов с млекопитающими, варьировались от 1,0 до 5,0 (центральное значение в районе 2–2,5) и от 0,4 до 8,0 (центральное значение в районе 1,5–2) для ортовольтового рентгеновского и гамма-излучений, соответственно. Исследования продемонстрировали об-

щую тенденцию оценок ОБЭ к увеличению по мере уменьшения доз.

Очень сложно интерпретировать результаты эпидемиологических исследований в плане риска, характерного для внутреннего облучения от инкорпорированного трития, отдельно от риска, возникающего вследствие других видов излучений, т.к. в большинстве из них не использовались результаты мониторинга поступления трития для расчета доз облучения от трития. Соответственно, в настоящее время из эпидемиологических исследований когорт, члены которых потенциально подвергались облучению от инкорпорированного трития, можно получить очень мало информации о риске, характерном для воздействия трития. Можно сделать только вывод, что риск, возникающий вследствие воздействия трития, не был серьезно недооценен.

Эпидемиологические исследования когорт работников, подвергшихся профессиональному облучению от трития, предлагают наилучшие возможности для изучения риска для здоровья, возникающего вследствие воздействия трития, но необходимо выполнить определенные требования, чтобы эти возможности реализовать. Во-первых, дозы внутреннего бета-облучения от трития, полученные на основе данных мониторинга и иных данных о профессиональной деятельности, необходимо реконструировать, используя существующие архивы. Во-вторых, воздействие других источников излучений, таких как внешнее гамма-излучение и внутреннее облучение от других радионуклидов, необходимо принимать во внимание, чтобы при анализе включать поправку на эти виды воздействия.

Маловероятно, что эпидемиологические исследования когорт населения, потенциально подвергшегося облучению от трития, дадут результаты, которые можно будет интерпретировать с какой-либо приемлемой степенью надежности. Это связано с тем, что облучение от трития в окружающей среде обычно несущественно, и любой эффект такого воздействия относительно других фоновых факторов риска дает очень слабое проявление риска облучения от трития на фоне значительных фоновых помех. Более реалистичным подходом является тщательный мониторинг наличия трития в окружающей среде вблизи предприятий, которые выбрасывают в атмосферу тритий, и возможный мониторинг содержания трития у отдельно взятых индивидуумов, проживающих на этих территориях. Однако программы мониторинга, проводимые на территориях вблизи предприятий, на которых используется тритий, также должны располагать данными об общих уровнях и видах трития на территориях, удаленных от таких предприятий, чтобы результаты можно было интерпретировать на должном уровне.

Предположения об избыточной заболеваемости лейкозом у детей, проживающих вблизи предприятий атомной промышленности, могли появиться из-за выбросов трития в атмосферу этими предприятиями; но серьезная недооценка риска лейкоза у детей вследствие внутреннего облучения от трития неправдоподобна. Большие объемы трития были выброшены в окружающую среду при испытаниях ядерного оружия в атмосфере в начале 1960-х гг., но нет доказательств того, что регистрируемые уровни лейкозов у детей вследствие внутреннего облучения от инкорпорированного трития свидетельствуют о повышении риска лейкоза.

На 63-й сессии Комитет также обсудил и согласовал очень важный раздел отчета – «Исследовательские потребности», в котором обосновал необходимость продолжения исследований, касающихся трития, в будущем. Приоритет следует отдавать исследованиям, целью которых является изучение реальных либо практических ситуаций, например, длительное поглощение тритиевой воды или длительное поступление органически связанного трития с пищей.

Так как биологическое распределение органических форм трития внутри органов и тканей неравномерно, очень важно разработать подходящий микродозиметрический подход, который поможет лучше понять биораспределение различных органических форм трития внутри клетки, ткани или органа. Для получения дополнительной информации об ОБЭ трития, особенно органически связанного, должны использоваться самые современные методы, направленные не только на анализ канцерогенеза, но и на неопухолевые эффекты. В частности, требуется изучение влияния трития на разных сроках беременности, а также в раннем детстве. Особый интерес представляет поступление и долгосрочное удержание неравномерно распределенных органических форм трития в зародышевых клетках, в тканях эмбриона, плода и органах младенца.

Другая физико-химическая форма трития, воздействию которой может подвергаться персонал, это тритий-содержащие пыль и стружка, образующиеся в процессе работы термоядерных реакторов на основе угля, бериллия или вольфрама. Этот фактор профессионального воздействия также заслуживает тщательного изучения с позиции биораспределения и биокинетики в органах и тканях.

Необходимо выполнить критическую оценку данных о потенциальной индукции наследуемых/передаваемых от поколения к поколению эффектов. Следует искать новые подходы, основанные на последних открытиях в области биологии.

Исследования биологических механизмов должны делать упор на клеточные повреждения, их характер и частоту повреждений ДНК после воздействия бета-ча-

стиц трития. Особый интерес представляет комплексность повреждений ДНК (которая может оказывать влияние на эффективность и точность репарации), индуцированная либо предшественниками синтеза ДНК (меченый тритием тимидин), либо аминокислотами, обогащенными хроматин-связывающими белками, также на механизмы, запускающие сигнальные пути повреждения ДНК и активацию защитных процессов (репарацию, блок клеточного цикла, апоптоз, дифференциацию и др.) в контексте токсичности и геномной нестабильности. Кроме того недостаточно данных о метаболизме и эффектах органического трития (третий-содержащих биохимических веществ) в условиях аварийной ситуации и хронического облучения от источника в окружающей среде.

Комитет сделал заключение, что надежность выводов эпидемиологических исследований в настоящее время очень ограничена из-за недостаточной статистической мощности и отсутствия информации о дозах облучения от трития. Так как широкое применение трития будет продолжаться, особенно в том случае, если коммерческие термоядерные реакторы будут вводиться в эксплуатацию, целесообразно было бы серьезно рассмотреть возможность международных совместных проектов для изучения риска в когортах работников, подвергшихся профессиональному облучению от инкорпорированного трития, в ходе которых в полном объеме будут использованы реальные данные о профессиональном маршруте и данные мониторинга. В основе таких исследований следует использовать общие согласованные протоколы для определения доз бета-облучения от инкорпорированного трития на основе данных профессионального мониторинга.

Раздел отчета, посвященный урану, как и раздел по тритию, существенно продвинулся за последний год. Это, в первую очередь, связано с тем, что в состав рабочей группы были включены такие авторитетные специалисты, как В. Рюм (Германия) и Дж. Хариссон (Великобритания).

Напомним основные проблемы, с которыми столкнулись авторы документа:

- Инкорпорированный уран обладает как радиационной, так и химической токсичностью, и неясно, как можно выделить радиационную составляющую при воздействии нуклида на организм, системы организма, отдельные органы и ткани.
- Доза облучения от инкорпорированного урана зачастую значительно меньше дозы от продуктов его распада (например, радона). Также не ясно, как учесть дозу и эффекты от радиационного воздействия собственно урана?
- Разные единицы измерения: в радиоэкологии и в экспериментах уран измеряют в единицах массы, а в радиобиологии – в беккерелях.

В период между сессиями качество документа значительно улучшилось. Авторы сделали попытку ответить на «трудные» вопросы, сфокусировались на радиационном факторе, привели в соответствие единицы измерения (некоторые таблицы были пересчитаны). В обзор был включен значительный объем информации по молекулярно-биологическим исследованиям. Дальнейшее улучшение документа может быть достигнуто за счет устранения сохраняющихся недостатков:

- Так, нельзя проводить объединенный эпидемиологический анализ для работников урановых производств и шахтеров (различные сценарии облучения). Строго говоря, сомнительно включение в обзор когорт персонала урановых шахт, т.к. это – облучение от продуктов деления урана.
- Не представлено заключение о соотношении химической и радиационной токсичности урана.
- В области молекулярной биологии почти отсутствуют серьезные экспериментальные работы.

Документ оказался очень сложным для подготовки. Наибольшие проблемы вызывают исследования радиационных эффектов при воздействии инкорпорированного урана. Как уже отмечалось, результатов прорывных научных исследований по воздействию урана в последние двадцать лет не опубликовано.

Документ R.716 Эпидемиология рака от воздействий излучения окружающей среды при низкой мощности дозы

Идеология проекта претерпела изменения. Изначально целью проекта была задача обосновать причины принципиальных различий оценок канцерогенного риска в нескольких когортах людей, подвергшихся хроническому радиационному воздействию (население, проживающее в условиях повышенного радиационного фона в Индии и Китае, жители прибрежных сел реки Течи и др.). Содержание документа также претерпело существенные изменения, в него был внесен дополнительный раздел «Критерии качества оценки эпидемиологических исследований». Рассматриваемый документ был трансформирован в направлении оценки качества этих исследований, и исключает какие-либо попытки биологического осмысления оценок радиационного риска низкодозового облучения. Этот раздел, хотя и усилил отчет с методологической точки зрения, в рамках настоящего документа пока не реализован. Разработанные критерии важны для оценки качества эпидемиологических исследований. Акцент в последней версии сконцентрирован на доказательности дозовой зависимости канцерогенных эффектов.

В рамках обсуждения проекта было подготовлено более 250 вопросов и замечаний, которые имеют принципиальный характер. В основных замечаниях

члены делегаций из различных стран единодушно отметили значительную актуальность и высокий научный уровень приложения, а также то, что документ по качеству эпидемиологических исследований является весьма своевременным и полезным. Указано, что большим недостатком отчета является отсутствие анализа базовых уровней раковой заболеваемости в исследуемых когортах, которые сильно отличаются в этих популяциях. Сравнимые популяции сильно различаются по ряду характеристик, которые влияют на развитие рака, таких как этнический фактор, возрастная структура населения, генетические особенности, питание и др. Необходимость прояснения этого вопроса связана с тем, что базовые показатели влияют на радиационный риск. Во время дискуссии значительное внимание было уделено исследованию российских ученых на реке Тече. Констатировано, что исследование является одним из наиболее надежных в мире для оценки эффектов низкодозового облучения, хотя и имеет некоторые ограничения, которые необходимо учитывать. Важно отметить, что в настоящее время документ содержит много противоречий, а заключение по ряду позиций полностью противоречит фактическим данным исследований, изложенным в документе.

По результатам обсуждения принято решение поручить группе по разработке критериев качества провести оценку исследований, включенных в настоящий проект с учетом разработанной методики. После доработки и исправления многочисленных ошибок отчет планируется закончить в 2017 г. Отчет будет включать два приложения «Эпидемиология рака при низкодозовом облучении» и «Критерии качества оценки эпидемиологических данных».

Документ R.717 Сбор, анализ и распространение данных о дозах облучения, в частности о дозах медицинского и профессионального облучения

В представленном документе содержатся сведения о выполненных работах в течение отчетного года (после 62-й сессии НКДАР 1–5 июня 2015 г.). В документе подчеркивается, что НКДАР имеет мандат ООН по оценке уровня облучаемости в категориях профессионального облучения, облучения населения и медицинского облучения.

На 57-й сессии НКДАР (16–20 августа 2010 г.) было принято стратегическое решение по улучшению методов сбора и анализа фактических данных радиационного воздействия. Основными приоритетами в настоящее время является сбор данных о профессиональном и медицинском облучении. За отчетный период Комитетом была создана специальная система (платформа), позволяющая работать с информационными опросниками в реальном времени. Данная

работа была выполнена в рамках взаимодействия с международными и национальными организациями (ВОЗ, МАГАТЭ и др.). Создана группа экспертов по основным направлениям работы. В ряде стран (включая Российскую Федерацию) определены национальные контактные лица, ответственные за выполнение запланированных работ. Поставлена задача подготовить отчетные документы по медицинскому и профессиональному облучению к следующей, 64-й сессии НКДАР (2017 г.).

Отчет R.718 Развитие ситуации после отчета НКДАР ООН 2013 г. об уровнях и эффектах радиационного облучения в результате ядерной аварии после Великого восточно-японского землетрясения и цунами

В документе представлены результаты деятельности комитета по обобщению исследований после издания отчета НКДАР 2013 г. по уровням и эффектам облучения в результате радиационной аварии после землетрясения и цунами в Восточной Японии. Отчет включает следующие ключевые разделы: оценку новых данных, уточнение данных по поступлению радионуклидов в окружающую среду с выбросами и сбросами, уточнение оценок по уровням облучения населения, уточнение оценок по уровням облучения персонала, новые исследования по воздействию Фукусимской аварии на здоровье персонала и населения в Японии, оценки радиационного воздействия на природную биоту в районе расположения АЭС «Фукусима». По каждому разделу представлен детальный обзор новых публикаций (с 2013 г.) и проведено обсуждение влияния новых данных на оценки и выводы НКДАР ООН, сделанные в отчете 2013 г. В целом, делегаты 63-й сессии отметили высокое научное качество представленного отчета R.718 и одобрили его публикацию.

Дискуссия, в т.ч. с участием представителей делегации Российской Федерации, включала обсуждение влияния данных новых публикаций по соотношению различных физико-химических форм выброшенного ¹³¹I на дозы облучения щитовидной железы у населения. Сделан вывод, что изменение оценок доз будет зависеть от принятых сценариев, и нельзя априори утверждать о повышении или понижении дозовых оценок.

Было сделано общее замечание по отчету, связанное с тем, что публикация МАГАТЭ по последствиям аварии на АЭС «Фукусима», изданная в 2015 г., не отражена должным образом в материалах обзора новых публикаций. Предложено больше цитировать и использовать эту публикацию в отчете R.718.

Дискуссию вызвали выводы, сделанные в разделе отчета относительно влияния новых данных по радиационным эффектам для природной биоты в районе

расположения АЭС «Фукусима». Отмечена некоторая противоречивость выводов, где, с одной стороны, подчеркнута неизменность позиции НКДАР ООН об отсутствии радиационных эффектов на уровне популяций природных организмов после аварии на АЭС «Фукусима», а с другой, приведено обсуждение, по крайней мере, пяти новых публикаций, в каждой из которых отмечено наличие радиационных эффектов для различных представителей наземной биоты. Предложено включить в отчет пункт о необходимости продолжения исследований относительно радиационного воздействия на природную биоту в районе расположения АЭС «Фукусима» и уточнения доз облучения разных видов природной биоты.

Значительный интерес среди участников 63-й сессии вызвали презентации приглашенных специалистов из Японии, касающиеся нерадиационных эффектов аварии на АЭС «Фукусима» на здоровье населения, в частности, социально-психологические аспекты аварии, воздействие на здоровье экстренной эвакуации населения, и другие.

Документ R.719 Некоторые оценки последствий для здоровья и оценка риска радиационного воздействия

Данный проект был инициирован на 62-й сессии НКДАР ООН (2015 г.). Рабочая группа подготовила первый вариант документа R.719 для обсуждения на 63-й сессии НКДАР. Предполагается использовать три основных критерия при выборе выполненных к настоящему времени радиационно-эпидемиологических исследований для анализа: важность для принятия решений для населения, учет возможных факторов неопределенности, наличие новых радиационно-эпидемиологических данных по конкретным направлениям. Выбор сценариев для включения в документ будет определяться следующими основными факторами: наличие оценки радиационных рисков; наличие информации об уровнях неопределенности в оценке радиационных рисков; возможность переноса моделей риска по разным ситуациям облучения.

Предполагается анализировать выполненные работы по следующим основным направлениям: заболеваемость лейкозами при малых дозах (за последние 5 лет опубликовано более 70 статей по данному направлению, включая риск использования компьютерной томографии для детских возрастных групп); заболеваемость солидными раками при остром и хроническом облучении. В это исследование предполагается включить: данные о радиационных рисках по когорте реки Течи; сведения о заболеваемости раками щитовидной железы с учетом доз облучения детского населения после аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и АЭС «Фукусима-1» (2011 г.); данные о заболеваемости системы крово-

обращения при остром и хроническом облучении. По предложению делегации Российской Федерации комитет принял решение о включении в документ R.719 основных заключений Национального радиационно-эпидемиологического регистра (г. Обнинск) по когорте участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

При обсуждении документа R.719 отмечена актуальность включения проблемы оценки радиационных рисков по заболеваниям системы кровообращения в виду возможной модификации в будущем базовых принципов радиационной защиты. Была также подчеркнута важность учета географической вариабельности частоты спонтанных раков для объективной оценки радиационных эффектов.

Организационные вопросы

За период, прошедший после 62-й сессии, изданы на английском языке отчеты, законченные в 2012 г. по неопределенностям оценок радиационного риска и атрибутируемости медицинских эффектов радиационному воздействию, а также на японском языке отчет «Развитие ситуации после отчета НКДАР ООН 2013 г. об уровнях и эффектах радиационного облучения в результате ядерной аварии после Великого восточно-японского землетрясения и цунами». М. Крик проинформировал о состоянии дел по подготовке текущих отчетов НКДАР в предсессионный период. Были представлены 6 заявок на новые проекты: «Влияние предприятий ядерного цикла на биоту» (Российская Федерация), «Оценка вторичных раков после радиотерапии» (Франция), «Оценка биологических механизмов эффектов, вызванных малыми дозами» (Великобритания, Польша), «Фактор дозы и мощности дозы облучения» (Аргентина), «Оценка эффектов радона вследствие облучения в домах и на рабочих местах» (Аргентина) и «Эпидемиология: радиация и рак» (США). Обсуждена структура проекта резолюции Генеральной Ассамблеи, которая будет включать информацию о публикационной активности Комитета и состоянии дел по научным отчетам, а также по работе НКДАР с общественностью.

В рамках работы представителей стран НКДАР ООН были обсуждены и приняты следующие документы: «Руководящие принципы работы Комитета», «Стратегические направления деятельности Комитета» и проект отчета Генеральной Ассамблеи.

На 63-й сессии НКДАР были также представлены данные о прогрессе в области разработки пропагандистской стратегии, а также информация о проведенных в 2015–2016 гг. мероприятиях. Стратегической целью НКДАР остается «повышение осведомленности и углубления взаимопонимания между лицами, принимающими решения, научным и гражданским сообществами применительно к эффектам воздей-

ствия на здоровье людей и окружающую среду при различных уровнях воздействия ионизирующего излучения как прочной основы для принятия обоснованных решений по вопросам, связанным с радиацией».

Основными задачами пропагандистской, просветительской и информационной стратегии НКДАР являются:

- формирование корректного и актуального информационного материала по теме медико-биологических эффектов (Health effects) радиации в виде легко доступных средств в форматах, соответствующих потребностям;
- повышение осведомленности и углубление понимания новых результатов научных исследований в области медико-биологических последствий облучения, в т.ч. изложения в СМИ;
- оперативное реагирование на текущие общественные веяния, касающиеся воздействий ионизирующего излучения; своевременные ответы на вопросы СМИ и населения;
- для углубления понимания работы НКДАР и его выводов об эффектах и уровнях радиационного воздействия проводятся общественные мероприятия среди всех заинтересованных; в частности, среди лиц, принимающих решения, и их советников, преподавателей и студентов, а также журналистов.

Принципиальными элементами информационной и пропагандистской стратегии НКДАР являются:

- прогрессивное развитие общедоступного веб-сайта НКДАР;
- расширение перечня публикаций материалов Комитета;
- дальнейшее повышение взаимодействия со СМИ и другими заинтересованными сторонами.

Председателем Комитета на 2017–2018 гг. избран Г. Ванмарк (H. Vanmarcke, Бельгия), заместителями председателя – М. Валигорский (M. Waligórski, Польша) и П. Томпсон (P. Thompson, Канада), репортером – Дж. Хирт (G. Hirth, Австралия). П. Якоб (P. Jacob, Германия) продолжит исполнять функции заместителя председателя комитета.

64-я сессия НКДАР ООН пройдет с 29 мая по 2 июня 2017 г. в Вене.

Заключение

С 27 июня по 1 июля 2016 г. в Вене прошла 63-я сессия НКДАР ООН, на которой были обсуждены научные отчеты, программа будущих исследований и организационные вопросы деятельности Комитета. В работе сессии приняли участие 165 участников. Научные отчеты обсуждались на Рабочей Группе и в подгруппах. В рамках сессии состоялось обсужде-

ние 7 научных отчетов, программы будущих исследований и организационных вопросов деятельности комитета. В этом году предполагается закончить работу над тремя отчетами. Принято решение о завершении работы над отчетами R.713 «Методология оценки дозы облучения человека от радиоактивных сбросов», R.714 «Радиационное облучение при производстве электроэнергии» и R.715 «Биологические эффекты облучения от отдельных инкорпорированных радионуклидов».

Приняты для исполнения заявки, посвященные влиянию радона на здоровье людей (Аргентина) и механизмам эффектов малых доз (Великобритания, Польша). Подробные предложения по этим заявкам будут представлены на 64-й сессии Комитета. Российская делегация представила обновленную заявку на проект «Оценка радиационного воздействия на биоту объектов атомной энергетики». Хотя проблематика, которой посвящена российская заявка, не является для Комитета приоритетной, рекомендовано продолжить прорабатывать заявку.

Избран новый председатель Комитета, два заместителя и репортер. Следующая сессия состоится 29 мая – 2 июня 2017 г. в Вене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Vol. I: Sources. UNSCEAR 2000 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.00.IX.3. United Nations, New York, 2000.
2. Bertrand M. Consommations et lieux d'achats des produits alimentaires en 1991. INSEE résultats. Consommation-Mode de vie n°54–55. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), Paris, 1993.
3. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Vol. I: Report to the General Assembly and Scientific Annex A. UNSCEAR 2013 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations sales publication E.14.IX.1. United Nations, New York, 2014.
4. Brown J., Simmonds J.R. FARMLAND: a dynamic model for the transfer of radionuclides through terrestrial foodchains. NRPB-R273. National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, 1995.
5. IAEA. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Technical Reports Series No. 472. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2010.

Поступила: 08.08.2016

Принята к публикации: 28.09.2016