

Ю.Д. Удалов¹, Н.Е. Тихомиров¹, Т.В. Шарапова¹, О.А. Касымова²**ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА РОССИИ**¹Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии ФМБА России, г. Дмитровград, Россия²Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И.Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Шарапова Татьяна Валерьевна, sharapovatv@fvcmrmba.ru

РЕФЕРАТ

Цель: обоснование безопасности при эксплуатации радиационных источников в центре ядерной медицины. В работе отражены передовые методы ядерной медицины с использованием радионуклидов, применяемые на площадке ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России, с целью диагностики и лечения злокачественных новообразований. При этом необходимым условием является обеспечение радиационной безопасности медицинского персонала, а также соблюдение требований и нормативов, регламентирующих безопасную эксплуатацию радиационно-опасных объектов. В работе приведен анализ индивидуальных эффективных доз медицинского персонала группы А центра ядерной медицины за период 2020-2022 гг., а также риски возникновения стохастических эффектов при облучении средней индивидуальной дозой для персонала группы А.

Результаты: особенностью ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России является большая концентрация радиационно-опасных объектов на одной площадке, что подразумевает под собой выполнение и соблюдение требований радиационной безопасности. Проведенный анализ индивидуальных доз облучения персонала группы А свидетельствует о не превышении установленных контрольных и допустимых уровней. При этом предложены мероприятия по оптимизации (снижению) лучевой нагрузки на медицинский персонал, работающий с источниками ионизирующего излучения. Полученный уникальный опыт Центра может быть тиражирован при проведении работ для обеспечения норм радиационной безопасности для вновь возводимых и существующих медицинских учреждений России с целью оказания высокотехнологичной медицинской помощи в области ядерной медицины.

Ключевые слова: ядерная медицина, радиационная безопасность, индивидуальная доза облучения, риск возникновения стохастических эффектов, радионуклидные источники

Для цитирования: Удалов Ю.Д., Тихомиров Н.Е., Шарапова Т.В., Касымова О.А. Особенности обеспечения радиационной безопасности в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67. № 3. С. 94–98. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-3-94-98

Features of Ensuring Radiation Safety in the FSCCRO of FMBA of RussiaYu.D. Udalov¹, N.E. Tikhomirov¹, T.V. Sharapova¹, O.A. Kasymova²¹Federal Scientific Clinical Centre for Medical Radiology and Oncology of FMBA of Russia, Dimitrovgrad, Russia²A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Contact person: Efimova Irina Leonidovna, e-mail: irina19031@yandex.ru

ABSTRACT

Purpose of the work is to justify the safety in the operation of radiation sources in the center of nuclear medicine. The paper reflects the advanced methods of nuclear medicine using radionuclides, used at the site of the Features of Ensuring Radiation Safety in the FSCCRO of FMBA of Russia, for the purpose of diagnosing and treating malignant neoplasms. At the same time, a necessary condition is to ensure the radiation safety of medical personnel, as well as compliance with the requirements and standards governing the safe operation of radiation hazardous facilities. The paper presents an analysis of individual effective doses of medical personnel of group A of the nuclear medicine center for the period 2020-2022, as well as the risks of stochastic effects during exposure to an average individual dose for personnel of group A.

Results: Conclusion: a feature of the Features of Ensuring Radiation Safety in the FSCCRO of FMBA of Russia is a large concentration of radiation-hazardous objects on one site, which implies the fulfillment and observance of radiation safety requirements. The analysis of individual exposure doses for group A personnel indicates that the established control and permissible levels are not exceeded. At the same time, measures are proposed to optimize (reduce) the radiation load on medical personnel working with sources of ionizing radiation. The unique experience gained by the Center can be replicated when carrying out work to ensure radiation safety standards for newly built and existing medical institutions in Russia in order to provide high-tech medical care in the field of nuclear medicine.

Keywords: nuclear medicine, radiation safety, individual radiation dose, risk of stochastic effects, radionuclide sources

For citation: Udalov YuD, Tikhomirov NE, Sharapova TV, Kasymova OA. Features of Ensuring Radiation Safety in the FSCCRO of FMBA of Russia. Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67(3):94-98. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-3-94-98

Введение

Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии (далее – Центр) представляет один из крупнейших в Европе комплекс медицинской радиологии замкнутого цикла, на площадке которого представлены все имеющиеся на сегодня методы диагностики и лечения онкологических заболеваний, используемые в радиационной и ядерной медицине. А именно, собственное производство на ускорителе протонов (циклотроне) радиофармпрепаратов (на основе фтора-18 и углерода-11), три линейных ускорителя, «горячие» койки для радионуклидной терапии, четыре гантри для транспортировки пучка, реализована возможность быстрой и точной диагностики с момента обращения до получения лечения: дистанционной и контактной лучевой терапии, радионуклидной, протонной терапии в режиме замкнутого цикла [1, 2].

Образование Центра ядерной медицины на площадке учреждения подчеркивает уникальность и важность использования радионуклидов, во-первых, с целью определения первичного опухолевого очага и оценки эффективности проводимого лечения путем радионуклидной диагностики методами однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ), позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ); во-вторых, применение терапевтических свойств некоторых радиофармпрепаратов (самарий-153, стронций-89, йод-131, радий-223) с целью накопления в патологическом очаге и разрушения опухолевой ткани при испускании ионизирующего излучения.

В 2022 году Димитровград определен как один из пяти пилотных площадок для рассмотрения сотрудничества Госкорпорации «Росатом» и ФМБА России, что создает большие возможности по расширению взаимодействия, в том числе в области ядерной медицины.

Результаты и обсуждение

На текущий момент в рамках приказа Министерства здравоохранения РФ от 12 ноября 2020 года № 1218н «Об утверждении Порядка изготовления радиофармацевтических лекарственных препаратов непосредственно в медицинских организациях» Центр обеспечивает расширение перечня используемых радионуклидов, таких как, радий-223, лютеций-177 и галлий-68. Изготовление альфа-излучающего радиофармпрепарата на основе радионуклида радия-223 группы Б радиационной опасности осуществляется в помещениях Циклотронно-радиохимического комплекса Центра ядерной медицины, отвечающих требованиям санитарно-эпидемиологических правил и гигиенических нормативов в области обеспечения радиационной безопасности [3, 4].

Также учитывая особенность Центра – большая концентрация радиационно-опасных объектов на одной площадке – важно и необходимо соблюдать требования радиационной безопасности, а также повышать «культуру безопасности» сотрудников. Радиационная безопасность Центра обеспечивается выполнением следующих задач [5]:

- ведение ведомственного (производственного) контроля за радиационной обстановкой на рабочих местах персонала, в помещениях постоянного и временного пребывания персонала во всех корпусах Центра при

осуществлении деятельности с использованием источников ионизирующих излучений и радиоактивных веществ. Контроль ведется с помощью стационарных, переносных и носимых приборов радиационного контроля, а также с помощью автоматизированных систем радиационного контроля;

- своевременное выявление отклонений от норм и правил обеспечения радиационной безопасности персонала и окружающей среды;
- осуществление индивидуального дозиметрического контроля персонала, отнесенного к группе А;
- информирование персонала об уровнях ионизирующего излучения на их рабочих местах и о величине полученных ими индивидуальных и эквивалентных доз облучения;
- осуществление контроля за выполнением персоналом норм радиационной безопасности, требований правил, инструкций и другой нормативно-технической документации по вопросам обеспечения радиационной безопасности; а также за правильностью использования средств индивидуальной защиты;
- осуществление контроля за обучением и инструктажем сотрудников по соблюдению требований радиационной безопасности, приобретением необходимых навыков в работе;
- осуществление контроля за состоянием радиационной безопасности при получении со сторонних организаций, хранении, транспортировании внутри учреждения радиоактивных веществ, источников, радиоактивных отходов, в местах хранения отходов.

В целях оценки безопасности деятельности с использованием источников ионизирующего излучения, а также оптимизации дозовой нагрузки на персонал проведен анализ индивидуальных эффективных доз облучения персонала корпусов, в которых проводятся работы с радиоактивными веществами, за период 2020-2021 гг.:

- Отделение радионуклидной диагностики Центра ядерной медицины (таблица 1);
- Отделение радионуклидной терапии Центра ядерной медицины (таблица 2);
- Протонный и фотонный центр (таблица 3).

За период 2020-2021 выявлено одно подразделение, в котором персонал имеет наибольшие дозовые нагрузки: отделение радионуклидной диагностики Центра ядерной медицины (медсестра процедурной, санитарка, оператор). Это связано с проводимыми работами с фтором-18 и техницем-99m, представляющими собой гамма-излучатели. В целом значения эффективных доз персонала группы А за период 2020-2021 не превышают установленных контрольных и допустимых уровней. Допустимый уровень эффективной дозы персонала группы А в соответствии с требованием п. 3.1.2 НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности» составляет 20 мЗв в год. Показания индивидуальных дозиметров считываются ежеквартально.

При этом средняя индивидуальная доза облучения персонала группы А за 2021 год составила 1,13 мЗв, за 2020 год – 0,59 мЗв; коллективная доза за 2021 год – 0,19243 чел.-Зв, за 2020 год – 0,06824 чел.-Зв. Увеличение коллективной и средней доз облучения персонала группы А в сравнении с 2020 годом связано с увеличением количества проводимых рентгенодиагностических процедур пациентам и проведением работ по лучевой терапии за-

Таблица 1

Индивидуальные эффективные дозы персонала Отделения радионуклидной диагностики Центра ядерной медицины
Individual effective doses of personnel of the Department of Radionuclide Diagnostics of the Center for Nuclear Medicine

Должность	Эффективная доза, мЗв									
	I кв. 2020	II кв. 2020	III кв. 2020	IV кв. 2020	Суммарная за 2020	I кв. 2021	II кв. 2021	III кв. 2021	IV кв. 2021	Суммарная за 2021
Врач-рентгенолог	0,14	0,13	0,23	0,38	0,88	0,35	0,35	0,30	0,21	0,62
Медицинская сестра процедурной	0,25	0,30	1,10	1,65	2,52	1,59	1,49	1,59	2,46	6,52
Персонал ЦРХК	0,12	0,15	0,25	0,44	0,86	0,31	0,32	0,29	0,34	1,00
Санитарка	-	0,18	0,34	0,64	0,98	0,61	0,61	0,71	1,24	3,05
Оператор	-	-	0,61	1,25	1,86	1,19	1,08	1,06	0,84	4,17

Примечание: приведенные значения эффективных доз являются средним для каждой должности

Таблица 2

Индивидуальные эффективные дозы персонала Отделения радионуклидной терапии Центра ядерной медицины
Individual effective doses of personnel of the Department of Radionuclide Therapy of the Center for Nuclear Medicine

Должность	Эффективная доза, мЗв									
	I кв. 2020	II кв. 2020	III кв. 2020	IV кв. 2020	Суммарная за 2020	I кв. 2021	II кв. 2021	III кв. 2021	IV кв. 2021	Суммарная за 2021
Врач-радиолог	0,17	0,14	0,26	0,3	0,87	0,28	0,27	0,205	0,315	1,07
Медицинская сестра процедурной	-	-	0,13	0,18	0,31	0,50	0,31	0,52	0,84	2,17
Медицинская сестра палатная	-	-	0,25	0,18	0,43	0,23	0,23	0,32	0,37	1,15
Санитарка	-	-	0,15	0,22	0,37	0,24	0,26	0,25	0,34	1,10

Примечание: приведенные значения эффективных доз являются средним для каждой должности

Таблица 3

Индивидуальные эффективные дозы персонала Протонного и фотонного центра
Individual effective doses of personnel of the Proton and Photon Center

Должность	Эффективная доза, мЗв									
	I кв. 2020	II кв. 2020	III кв. 2020	IV кв. 2020	Суммарная за 2020	I кв. 2021	II кв. 2021	III кв. 2021	IV кв. 2021	Суммарная за 2021
Врач-радиотерапевт	0,11	0,12	0,14	0,19	0,55	0,29	0,21	0,25	0,24	1,00
Медицинский физик	0,10	0,10	0,12	0,23	0,55	0,22	0,21	0,22	0,24	0,89
Техник	0,08	0,09	0,09	0,20	0,47	0,20	0,22	0,22	0,22	0,87

Примечание: приведенные значения эффективных доз являются средним для каждой должности

крытыми и открытыми радионуклидными источниками. Риск возникновения стохастических эффектов при облучении средней индивидуальной дозой для персонала группы А за 2021 год составляет $5,65 \times 10^{-5}$ случаев/год, за 2020 год – $2,95 \times 10^{-5}$ случаев/год. Индивидуальный риск возникновения стохастических эффектов у персонала группы А не превышает индивидуальный пожизненный риск $1,0 \times 10^{-3}$ в соответствии с п.2.3 НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности». Коллективный риск стохастических эффектов для персонала группы А за 2021 год составляет $9,62 \times 10^{-3}$ случаев/год, за 2020 год – $3,41 \times 10^{-3}$ случаев/год.

Также в Центре утверждены и согласованы с Межрегиональным управлением №172 ФМБА России «Контрольные уровни воздействия радиационных факторов в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России» от 19.05.2021 г., в соответствии с которым контрольное значение годовой эффективной дозы составляет 15 мЗв. Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц (п. 3.1.8 НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности»). Показания индивидуальных дозиметров считываются ежемесячно.

Заключение

С целью снижения лучевой нагрузки на медицинский персонал Отделения радионуклидной диагностики Центра ядерной медицины используются инфузионные системы INTEGO PET для введения радиофармпрепаратов пациентам. Механизация всей процедуры, применение комбинации вольфрама со свинцовым щитом, авто-

матизация процесса приготовления и вливания дозы минимизируют воздействие ионизирующего излучения на медицинский персонал во время проведения сканирования. Также в целях реализации принципа оптимизации по снижению лучевой нагрузки возможно увеличение количества персонала, и организация их ротации по выполняемым функциям с целью уменьшения времени работы непосредственно с источниками ионизирующего излучения [6, 7].

С целью расширения перечня используемых Центром радионуклидов была проведена экспертиза обоснования безопасности объекта использования атомной энергии и лицензируемого вида деятельности в области использования атомной энергии для внесения изменений в условия действия лицензии. Полученное экспертное заключение подтверждает выполнение требований ст.26 Федерального закона от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии», пп. 31, 21 «Положения о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2013 № 280, а также пп.163, 67-71 «Административного регламента предоставления Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной услуги по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии», утвержденного приказом Ростехнадзора от 8.10.2014 года № 453.

Полученный уникальный опыт Центра может быть тиражирован при проведении работ для обеспечения норм радиационной безопасности для вновь возводимых и существующих медицинских учреждений России с целью оказания высокотехнологичной медицинской помощи в области ядерной медицины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Уйба В.В., Удалов Ю.Д., Лебедев А.О., Шулепова Л.И. Перспективы внедрения технологий ядерной медицины в системе ФМБА России // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т.64, № 2. С. 5-10. DOI 10.12737/article_5ca58d9b366162.17322538.
2. Самойлов А.С., Соловьев В.Ю., Удалов Ю.Д., Бушманов А.Ю. Атлас острых лучевых поражений человека // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. № S1. С. 176-177.
3. Ильин Л.А., Самойлов А.С. Роль радиобиологии и радиационной медицины в обеспечении защиты от воздействия ионизирующих излучений (отечественный опыт) // Вестник Российской академии наук. 2021. Т.91, № 6. С. 550-559. DOI: 10.31857/S086958732105011X.
4. Васеев Д.В., Рыжкин С.А., Шарафутдинов Б.М., Хасанов Р.Ш. Современное состояние проблемы профессионального облучения медицинских работников, выполняющих вмешательства под контролем рентгеновского излучения // Практическая медицина. 2019. Т.17, № 7. С. 154-157.
5. Елисеев С.В., Шарапова Т.В. Обеспечение радиационной безопасности и организация радиационного контроля в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России // ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России: 75 лет на страже здоровья людей: Материалы юбилейной международной научно-практической конференции Москва, 16–17 ноября 2021 года. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. С. 88-90.
6. Morgan T.L., Konerth S. The Role of the Radiation Safety Officer in Patient Safety. V. 1 // Contemporary Topics in Patient Safety. London: IntechOpen, 2021. DOI: 10.5772/intechopen.97058.
7. European Society of Radiology (ESR), European Federation of Radiographer Societies (EFRS). Patient Safety in Medical Imaging: a Joint Paper of the European Society of Radiology (ESR) and the European Federation of Radiographer Societies (EFRS) // Insights Imaging. 2019. No. 10. P. 45. DOI: 10.1186/s13244-019-0721-y.

REFERENCES

1. Uyba V.V., Udalov Yu.D., Lebedev A.O., Shulepova L.I. Prospects for Implementing of Technologies of Nuclear Medicine in the FMBA of Russia. Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety. 2019;64;2:5-10. DOI 10.12737/article_5ca58d9b366162.17322538 (In Russ.).
2. Samoylov A.S., Solovyev V.Yu., Udalov Yu.D., Bushmanov A.Yu. Atlas of Acute Human Radiation Injuries. Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2018;S1 176-177 (In Russ.).
3. Ilin L.A., Samoylov A.S. The Role of Radiobiology and Ra-

- diation Medicine in Providing Protection from the Effects of Ionizing Radiation (Domestic Experience). Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2021;91;6:550-559. DOI: 10.31857/S086958732105011X (In Russ.).
4. Vaseyev D.V., Ryzhkin S.A., Sharafutdinov B.M., Khasanov R.Sh. The Current State of the Problem of Professional Training of Medical Workers Performing Interventions under the Control of X-ray Radiation. *Prakticheskaya Meditsina = Practical Medicine*. 2019;17;7:154-157 (In Russ.).
 5. Yeliseyev S.V., Sharapova T.V. Ensuring Radiation Safety and Organization of Radiation Control in the FSBI Fncs FMBA of Russia. FGBU GNTS FMBTS im. A.I.Burnazyana FMBA Rossii: 75 let na Strazhe Zdorovya Lyudey = A.I.Burnazyan SSC FMBC FMBA of Russia: 75 Years on the Guard of Human Health. Materials of the Jubilee International Scientific and Practical Conference, Moscow, 16-17 November, 2021. Moscow, A.I. Burnasyan FMBC Publ, 2021. P. 88-90 (In Russ.).
 6. Morgan T.L., Konerth S. The Role of the Radiation Safety Officer in Patient Safety. V. 1. Contemporary Topics in Patient Safety. London, IntechOpen, 2021. DOI: 10.5772/intechopen.97058.
 7. European Society of Radiology (ESR), European Federation of Radiographer Societies (EFRS). Patient Safety in Medical Imaging: a Joint Paper of the European Society of Radiology (ESR) and the European Federation of Radiographer Societies (EFRS). *Insights Imaging*. 2019;10:45. DOI: 10.1186/s13244-019-0721-y.

Конфликт интересов. Автор заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 19.02.2022. Принята к публикации: 23.03.2022.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors
Article received: 19.02.2022. Accepted for publication: 23.03.2022