

Радиоэкологические угрозы кремации тел умерших с инкорпорированными при жизни радиоактивными материалами медицинского назначения

А.А. Шитова, Т.В. Пафомова, Ю.Е. Квачева*

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, 46

* Адрес для переписки: *tpafomova@fmbcfmba.ru*

Реферат. Современная технология кремации, разработанная еще в конце XIX века, в настоящее время применяется во все более возрастающих масштабах, что вызывает опасения по поводу потенциальных экотоксикологических угроз. Отдельную их категорию составляют радиоэкологические угрозы, возникновение которых объективно определяется широким внедрением в практику здравоохранения современных достижений ядерной медицины. Для предотвращения радиоэкологических последствий, связанных с кремацией тел пациентов, скончавшихся до окончания периода активности инкорпорированных при жизни радиоактивных материалов, наилучшей стратегией полагается проведение обязательных аутопсийных процедур с изъятием на вскрытии имплантированных радионуклидных источников либо органов, содержащих наибольшую остаточную радиоактивность. В Российской Федерации единый нормативный правовой акт, регулирующий процедуры посмертного обращения с телами умерших «радиоактивных пациентов», отсутствует, несмотря на то, что указания на их необходимость имеются в отдельных подзаконных нормативных правовых актах санитарного законодательства. Авторами обосновывается целесообразность его разработки.

Ключевые слова. Радиоэкология, экотоксикология, кремация, радиоактивные материалы, устройства медицинского назначения, аутопсийные исследования.

Radio-ecological threats of cremation of the deceased patient bodies with medical radioactive materials incorporated during life

A.A. Shitova, T.V. Pafomova, Yu.E. Kvacheva

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical
Biological Agency,

46, Zhivopisnaya str., 123098, Moscow, Russian Federation

* Correspondence address: *fmbc@fmbamail.ru*

Abstract. Current cremation technology was developed in the late 19th century and is now being used on an ever-increasing scale, raising concerns about

potential eco-toxicological risks. Separate category is made up of radio-ecological threats, the emergence of which is objectively determined by the wide spread introduction of advanced achievements of nuclear medicine into healthcare practice. To prevent radio-ecological effects associated with the cremation of the bodies of patients who died before the end of the activity period of radioactive materials incorporated during life, the best strategy is to conduct mandatory autopsy procedures with removal of implanted radionuclide sources or organs containing the highest residual radioactivity during autopsy. In the Russian Federation, there is no single normative legal act to regulate the procedures for posthumous handling of the bodies of deceased "radioactive patients", despite the fact that relevant requirements are contained in some by-laws of healthcare legislation. The authors substantiate the need to develop such an act.

Keywords. Radio-ecology, eco-toxicology, cremation, radioactive materials, medical devices, autopsy studies.

Практика кремации восходит к периоду неолита и широко распространена в ряде религий (индуизм, буддизм, синтоизм и др.). Одним из самых ранних известных примеров кремации считаются останки "Леди Мунго", найденные в дюнах одноименного озера в Австралии и датируемые, как полагают, давностью 40 000 лет. Современная технология кремации была разработана в конце XIX века как альтернативный способ решения проблемы рационального землепользования и с конца 1940-х годов применяется во все более возрастающих объемах. По данным исследования (Franco et al., 2022), в настоящее время в среднем около 70% населения земного шара отдают ей предпочтение в качестве способа погребения, хотя отмечены и значительные колебания по разным географическим регионам, связанные с различиями культурных и религиозных традиций. Так, в Японии этот показатель достигает 99%, в США – превышает 50%, в Израиле, напротив, частота проведения кремации чрезвычайно низка.

До недавнего времени кремация считалась наиболее экологичным способом погребения, однако за последние десятилетия возросло беспокойство по поводу выбросов, производимых крематориями как промышленными технологическими установками, способными в процессе термического разложения (сжигания) останков поддерживать температуру 850-1200°C. В значительной степени растущие экотоксикологические угрозы связываются с увеличением (до 42% и более) количества процедур кремации тел умерших людей с имплантированными при жизни устройствами медицинского назначения (Smith et al., 2012). В числе таковых, чаще всего, встречаются эндопротезы суставов, электрокардиостимуляторы, кардиовертеры-дефибрилляторы, имплантируемые циклические самописцы, инфузионные лекарственные помпы, нейростимуляторы, программируемые шунты для лечения гидроцефалии, ортониксические системы, стоматологические медицинские изделия (материалы) и т.п. К загрязняющим окружающую среду веществам, выделяемым при их сжигании, относят газообразные продукты сгорания (дымовые

газы), тяжелые металлы, полихлорированные дибензо-п-диоксины, дибензофураны и т.п., выбросы которых могут приводить к биоаккумуляции и потенциальному риску для здоровья человека.

Отдельную категорию потенциальных опасностей составляют радиоэкологические угрозы, обуславливаемые ростом масштабов внедрения в практику здравоохранения современных достижений ядерной медицины. Как отмечают Mahesh M. и соавторы (Mahesh et al., 2023), обобщившие данные по состоянию на 2023 г., совокупная численность диагностических и терапевтических процедур ядерной медицины, ежегодно выполняемых во всем мире с применением закрытых и открытых источников ионизирующего излучения (ИИИ), превышает 45 млн. Закрытые ИИИ наиболее широко применяются в онкологической практике для внутритканевой, внутрисполостной и аппликационной лучевой терапии злокачественных новообразований («брахитерапия»). Для каждой анатомической локализации злокачественного новообразования разработаны и утверждены соответствующие медицинские технологии, порядки, стандарты, клинические рекомендации по установке вводимых в пораженные ткани герметичных источников в виде медицинских изделий различной конфигурации (цилиндры, микросферы, иглы, гранулы, проволоки и др.), активность которых может различаться в значительных пределах. Так, для радиоисточников иглообразной формы ее показатели определяются величинами порядка 18.5-370 МБк, сферической формы («микросферы») – 34-370 МБк, цилиндрической формы – до 740-1480 МБк.

Открытые ИИИ, применяемые в настоящее время в диагностических целях, представлены преимущественно короткоживущими и ультракороткоживущими изотопами, в связи с чем в отношении них вопросы, обсуждаемые в настоящей статье, не представляются актуальными. Так, периоды полураспада ($T_{1/2}$) радионуклидов для диагностической визуализации гамма-камерами ОФЭКТ (одnofотонная эмиссионная компьютерная томография) составляют: технеций (Tc-99m) – 6.6 ч; йод-123 – 13.2 ч; индий-111 – 2.8 сут. На ПЭТ-сканерах (позитронная эмиссионная томография, или двухфотонная эмиссионная томография) чаще всего применяют позитрон-излучающие изотопы элементов второго периода Периодической системы: фтор-18 ($T_{1/2} = 109.8$ мин), углерод-11 ($T_{1/2} = 20.4$ мин), азот-13 ($T_{1/2} = 9.96$ мин), галлий-68 ($T_{1/2} = 68$ мин) и др. Большие периоды полураспада имеют открытые ИИИ, используемые для внутритканевой и внутрисполостной лучевой терапии. Они вводятся перорально (йод-131 – 8.04 сут; стронций-89 – 50.5 сут, фосфор-32 – 14.3 сут), внутривенно (лютеций-177 – 6.65 сут; радий-223 – 11.43 сут) либо непосредственно в ткань опухоли или лимфатические узлы (золото-198 – 2.69 сут, иттрий-90 – 2.67 сут). Суммарные величины вводимой активности при этом могут достигать значений порядка 3700-5000 МБк и более.

Для предотвращения потенциальных радиоэкологических угроз, связанных с кремацией тел пациентов, скончавшихся до окончания периода активности инкорпорированных при жизни радиоактивных материалов, наилучшей стратегией полагается проведение обязательных аутопсийных процедур с изъятием на вскрытии имплантированных радионуклидных источников либо

органов, содержащих наибольшую остаточную радиоактивность (Квачева, Ковалев, 2023). Одновременно обозначенная стратегия представляется самостоятельным элементом обеспечения радиационной безопасности персонала крематориев, случаи профессионального переоблучения которого были описаны в литературе ранее (Yu et al., 2019).

В отношении ряда наиболее широко используемых в медицинской практике радионуклидов Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) были рекомендованы следующие уровни остаточной радиоактивности тел умерших, допустимые для проведения кремации: для фосфора-32 – 30 МБк, стронция-89 – 20 МБк, иттрия-90 – 70 МБк, йода-131 – 400 МБк. Также МАГАТЭ были установлены уровни остаточной радиоактивности трупов, не требующие получения специального разрешения на производство аутопсии и захоронение тел (см. табл. 1).

Таблица 1. Допустимые уровни остаточной радиоактивности (МБк) тел умерших людей при применении в медицинских целях отдельных радионуклидов (по данным МАГАТЭ)

Table 1. Permissible levels of residual radioactivity (MBq) in the bodies of deceased individuals when certain radionuclides are used for medical purposes (according to the IAEA)

Радионуклид	Допустимый уровень остаточной радиоактивности, МБк		
	Аутопсия	Захоронение	Кремация
³² P (фосфор-32)	100	2000	30
⁸⁹ Sr (стронций-89)	50	2000	20
⁹⁰ Y (иттрий-90)	200	2000	70
¹³¹ I (йод-131)	10	400	400

Согласно отечественному нормативному правовому документу «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при внутритканевой лучевой терапии (брахитерапии) методом имплантации закрытых радионуклидных источников: Методические указания МУ 2.6.1.2712-10» в случаях исследования наступления смерти пациентов после проведения указанного медицинского вмешательства необходимо выполнить следующие мероприятия (МУ 2.6.1.2712-10, 2011).

1. В случае смерти пациента с имплантированными ИИИ во время его пребывания в медицинской организации, где проводилась брахитерапия, при патологоанатомическом исследовании имплантированные источники извлекаются из тела и передаются на пункт захоронения радиоактивных отходов в установленном порядке.

2. В случае смерти пациента с имплантированными ИИИ вне медицинской организации, патологоанатомическое исследование, захоронение и кремация тела разрешаются только после того, как общая остаточная активность уменьшится до уровня менее 4 ГБк, либо, если мощность эквивалентной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от тела умершего не будет превышать 10 мкЗв·ч⁻¹.

Вместе с тем, в действующих на сегодняшний день нормативных правовых актах (Приказ Минздрава РФ № 354н..., (2013); Приказ Минздрава РФ № 491н..., (2023)), регламентирующих проведение аутопсий в Российской Федерации, положения об особенностях исследований тел умерших людей с инкорпорированными при жизни радиоактивными материалами медицинского назначения, включая их дозиметрическое сопровождение, отсутствуют, что настоятельно диктует необходимость в создании единого нормативного правового документа.

Список литературы

Квачева, Ю.Е., Ковалев, А.В. (2023) Порядок проведения патологоанатомического и судебно-медицинского исследований тел умерших с инкорпорированными при жизни радиоактивными материалами медицинского назначения, *Медицинский вестник МВД*, т. 115, № 4, с. 74-79, doi: 10.52341/20738080_2023_125_4_74.

МУ 2.6.1.2712-10. (2011) *Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при внутритканевой лучевой терапии (брахитерапии) методом имплантации закрытых радионуклидных источников: методические указания*, Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 15 с.

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 06.06.2013 г. № 354н (2013) «*О порядке проведения патолого-анатомических вскрытий*».

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 25.09.2023 г. № 491н (2023) «*Об утверждении порядка проведения судебно-медицинской экспертизы*».

Franco, D.S., Georgin, J., Villarreal Campo, L.A., Mayoral, M.A., Goenaga, J.O., Fruto, C.M., Neckel, A., Oliveira, M.L., Ramos, C.G. (2022) The environmental pollution caused by cemeteries and cremations: A review, *Chemosphere*, vol. 307 (Pt 4), 136025, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.136025.

Mahesh, M., Ansari, A.J., Mettler Jr., F.A. (2023) Patient exposure from radiologic and nuclear medicine procedures in the United States and worldwide: 2009-2018, *Radiology*, vol. 307(1), e221263, doi: 10.1148/radiol.221263.

Smith, T.O., Gitsham, P., Donell, S.T., Rose, D., Hing, C.B. (2012) The potential dangers of medical devices with current cremation practices, *Eur. Geriatric Med.*, vol. 3 (2), pp. 97-102, doi: 10.1016/j.eurger.2012.01.013.

Yu, N.Y., Rule, W.G., Sio, T.T., Ashman, J.B., Nelson, K.L. (2019) Radiation contamination following cremation of a deceased patient treated with a radiopharmaceutical, *JAMA*, vol. 321 (8), pp. 803-804, doi: 10.1001/jama.2018.21673.

References

Kvacheva, Yu.E., Kovalev, A.V. (2023) Poryadok provedeniya patologoanatomicheskogo i sudebno-medicinskogo issledovaniy tel umershih s inkorporirovannymi pri zhizni radioaktivnymi materialami medicinskogo naznacheniya [The procedure for conducting pathoanatomic and forensic medical examinations of the bodies of the deceased with radioactive medical materials incorporated during their lifetime], *Meditsinskij vestnik MVD*, vol. 115, no. 4, pp. 74-79, doi: 10.52341/20738080_2023_125_4_74.

MU 2.6.1.2712-10. (2011) *Gigienicheskie trebovaniya po obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti pri vnutritkanevoj luchevoj terapii (brahiterapii) metodom implantacii zakrytyh radionuklidnyh istochnikov: metodicheskie ukazaniya* [Hygienic requirements for radiation safety during interstitial radiation therapy (brachytherapy) by implantation of closed radionuclide sources: guidelines], Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Moscow, Russia, 15 p.

Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii ot 06.06.2013 g. № 354n «*O poryadke provedeniya patologo-anatomicheskikh vskrytij*» [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 354n dated 06.06.2013 "On the procedure for conducting pathological and anatomical autopsies"].

Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii ot 25.09.2023 g. № 491n «*Ob utverzhdenii poryadka provedeniya sudebno-medicinskoj ekspertizy*» [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 491n dated 25.09.2023 "On approval of the procedure for conducting a forensic medical examination"].

Franco, D.S., Georgin, J., Villarreal Campo, L.A., Mayoral, M.A., Goenaga, J.O., Fruto, C.M., Neckel, A., Oliveira, M.L., Ramos, C.G. (2022) The environmental pollution caused by cemeteries and cremations: A review, *Chemosphere*, vol. 307 (Pt 4), 136025, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.136025.

Mahesh, M., Ansari, A.J., Mettler Jr., F.A. (2023) Patient exposure from radiologic and nuclear medicine procedures in the United States and worldwide: 2009-2018, *Radiology*, vol. 307(1), e221263, doi: 10.1148/radiol.221263.

Smith, T.O., Gitsham, P., Donell, S.T., Rose, D., Hing, C.B. (2012) The potential dangers of medical devices with current cremation practices, *Eur. Geriatric Med.*, vol. 3 (2), pp. 97-102, doi: 10.1016/j.eurger.2012.01.013.

Yu, N.Y., Rule, W.G., Sio, T.T., Ashman, J.B., Nelson, K.L. (2019) Radiation contamination following cremation of a deceased patient treated with a radiopharmaceutical, *JAMA*, vol. 321 (8), pp. 803-804, doi: 10.1001/jama.2018.21673.

Поступила в редакцию: 07.10.2025.

Доработана после рецензирования: 19.11.2025.

Для цитирования / For citation:

Шитова, А.А., Пафомова, Т.В., Квачева, Ю.Е. (2025) Радиоэкологические угрозы кремации тел умерших с инкорпорированными при жизни радиоактивными материалами медицинского назначения, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXVI, № 3-4, с. 57-63, doi:0.24412/2782-3237-2025-3-4-57-63.

Shitova, A.A., Pafomova, T.V., Kvacheva, Yu.E. (2025) Radio-ecological threats of cremation of the deceased patient bodies with medical radioactive materials incorporated during life, *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, vol. XXXVI, no. 3-4, pp. 57-63, doi:0.24412/2782-3237-2025-3-4-57-63.