

ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В АЭРОЗОЛЯХ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

С.А. Калиниченко¹, В.Н. Калинин², С.А. Тагай¹, О.А. Шуранкова¹, П.Н. Короткевич¹, Н.В. Блинова¹, С.С. Воробей¹, М.В. Руденок¹, Ю.Е. Бурковский¹, И.С. Кудак¹, Е.Д. Черникова¹, А.А. Черняк¹, А.А. Суднеко³

¹ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Беларусь;

²УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь;

³УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ) в Республике Беларусь расположен на территории зон отселения и отчуждения Чернобыльской АЭС, в его состав входят участки земель трёх наиболее загрязнённых радионуклидами районов Гомельской области – Брагинского, Хойникского и Наровлянского. Общая площадь ПГРЭЗ в современных границах состоит их заповедной зоны 149 тыс. га и экспериментально-хозяйственной зоны 68 тыс. га. Для контроля загрязнения радионуклидами приземного слоя воздушной среды на территории ПГРЭЗ проводится отбор проб аэрозолей воздуха. Особое внимание уделяется местам работы персонала заповедника при осуществлении пылеобразующих операций экспериментально-хозяйственной, лесохозяйственной деятельности, а также в рабочих зонах хозяйственно-производственных помещений и в случае обнаружения участков возгораний.

Отбор проб аэрозолей выполнялся в период март–сентябрь 2021–2025 путём аспирации воздуха со скоростью потока 100–130 м³/ч через тонковолокнистый фильтр размером 270×230 мм с использованием устройства VOPV-12 VF Nuclear. Всего было 82 локации отбора, которые находились: в рабочих помещениях котельных при чистке котлов, зерноскладе и шишкосушилке при сушке зерна и семян, цехах по переработке древесины, открытой территории научного корпуса, реперных участках ненарушенной структуры почвы, противопожарных разрывах, посевах и уборке культур, на участках горельников. Измерение активности ¹³⁷Cs (E_γ=661 кэВ) и ²⁴¹Am (E_γ=59,6 кэВ) в аэрозольных фильтрах и сопряженных пробах почвы проводилось на γ-спектрометре BE2020 Canberra с использованием полупроводникового детектора и программного обеспечения Genie-2000. Расчёт эффективности регистрации выполнялся методом математического моделирования с применением программного обеспечения LabSOCS. Определение A₀ ^{238,239+240}Pu и ⁹⁰Sr методом радиохимического анализа было выполнено для зольных остатков отдельных фильтров, где наблюдались самые высокие уровни массы пыли и содержания γ-излучателей.

Результаты показали, что присутствие трансуранового элемента ²⁴¹Am в аэрозолях воздуха отмечено только в тех пробах, которые отбирались на самых загрязнённых участках почвенного покрова на территории заповедника. Мероприятия, связанные с механическим воздействием на почвенный слой, оказывают наибольшее влияние на увеличение поступления радионуклидов в воздушную среду при проведении лесохозяйственных и экспериментальных работ. Использование технических средств для обработки почвы разрушает почвенный покров, повышая подверженность пылевидных частиц почвы ветровой эрозии. Максимальные уровни объёмной активности A₀ ¹³⁷Cs на 1–2 порядка величины превышают аналогичные параметры A₀ ⁹⁰Sr, ²⁴¹Am, изотопов Pu. Самые высокие уровни содержания техногенных радионуклидов в аэрозолях воздуха получены при работе на противопожарных разрывах: ¹³⁷Cs – 516, ⁹⁰Sr – 49, ²⁴¹Am – 2,3 и ²³⁸⁺²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 1,3 мБк/м³. Вдыхание 2400 м³ такого воздуха за рабочий год приведёт к дополнительному поступлению в организм работника: – 1240 Бк ¹³⁷Cs, 29 Бк ⁹⁰Sr, 5,6 Бк ²⁴¹Am и 3,2 Бк суммы изотопов плутония. Установлено, что максимальным содержанием радионуклидов в зоне дыхания работников при выполнении операции – чистка котлов, характеризуются помещения котельных, где объёмная активность ¹³⁷Cs достигает 40 мБк/м³. При этом уровень объёмной активности ⁹⁰Sr в аэрозолях котельных сопоставим или превышает уровень ¹³⁷Cs. Данный факт является следствием присутствия высоких уровней загрязнения как ¹³⁷Cs, так и ⁹⁰Sr в материале топливной древесины. В то же время результаты свидетельствуют, что за 5-летний период наблюдений объёмная активность ¹³⁷Cs в приземном слое воздуха на реперных участках заповедника с развитым травяным покровом не превышала 20 мБк/м³.

Оценка коэффициента ресуспензии K_p техногенных радионуклидов чернобыльского генезиса на различных участках территории ПГРЭЗ в течение 2021–2025 гг. показала, что основное влияние на величину этого коэффициента оказывает: состояние подстилающей поверхности почвенного покрова; механические воздействия на почву; характер распределения радионуклидов в почве, метеорологические условия (влажность почвы, влажность и температура воздуха, наличие и сила ветра). Установлено, что диапазон варьи-

рования значений Кр радионуклидов на территории заповедника составил: ^{137}Cs в пределах трёх порядков величины; ^{90}Sr , ^{241}Am и изотопов плутония в пределах двух порядков величины. На участках территории заповедника, где не проводилось хозяйственной деятельности по обслуживанию зоны отчуждения, отмечены самые низкие показатели коэффициента ресуспензии со средним значением Кр ^{137}Cs $5,4 \times 10^{-10}$ 1/м. На участках проведения лесохозяйственных и экспериментально-хозяйственных работ установлены наиболее высокие значения Кр. Подтверждено, что Кр ^{137}Cs кратно увеличиваются с понижением влажности почвы. Кр ^{137}Cs не превышает $1,1 \times 10^{-8}$ 1/м, если лесохозяйственные и экспериментально-хозяйственные работы выполняются на участках территории, где показатели влажности почвы составляют 10% и более.

Полученные результаты показывают важность учёта фактора влажности почвы для уменьшения пылеобразования при проведении любых работ, связанных с воздействием на почвенный слой для территории радиоактивного загрязнения заповедника. Установленные параметры объёмной активности техногенных радионуклидов в аэрозолях воздуха при выполнении рабочих операций на территории ППРЭЗ являются важными показателями для оценки вклада этих радионуклидов в годовую ожидаемую дозу внутреннего облучения путем ингаляционного поступления в организм работников. Для минимизации вреда здоровью персонала, занятого при выполнении пылеобразующих операций, необходимо строгое и обязательное применение средств защиты органов дыхания работников.

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИИ, СПУСТЯ 40 ЛЕТ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

**Д.Б. Куликович¹, Н.Г. Власова², А.Н. Матарас², Ю.В. Висенберг¹,
Б.К. Кузнецов¹, А.И. Савицкий¹**

¹УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь;

²ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Беларусь

Даже спустя 40 лет после аварии на Чернобыльской атомной электростанции оценка доз облучения населения, проживающего на территориях, подвергшегося радиоактивному загрязнению, является актуальной. Индивидуальные накопленные за весь послеаварийный период дозы как внутреннего, так и внешнего облучения необходимы для проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости «доза-эффект» и оценки рисков развития радиационно-индуцированных заболеваний [ВНО, 2006]. В целях выявления и контроля развития радиационно-индуцированных заболеваний в Республике Беларусь была создана система сбора и обработки персонифицированной информации о лицах, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС, их численности, территориальном распределении, миграции, результатах диспансерных осмотров, выявленной заболеваемости, причинах смерти, а также о дозах облучения населения. Вышеуказанная система была организована в рамках Белорусского регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, возведенного в ранг Государственного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 5 мая 1993 г. № 283 «О создании Белорусского Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий», в базе данных которого содержится информация о гражданах Республики Беларусь (свыше 292 тыс. человек), подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии на ЧАЭС.

Но, в виду того, что данных индивидуального дозиметрического контроля лиц, включенных в Госрегистр, в большинстве случаев недостаточно, их лишь 2% от всей численности, или они отсутствуют, возникает проблема оценки индивидуализированных годовых и накопленных за послеаварийный период доз внешнего и внутреннего облучения. С другой стороны, зарегистрированные методы оценки доз внешнего облучения как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации несовершенны, последние не учитывают социально обусловленного поведения индивида, что приводит к большой ошибке оценки доз, нами был разработан и предложен новый методический подход реконструкции индивидуализированных доз внешнего облучения, который позволил снизить ошибку оценки в 4 раза, что в свою очередь позволило повысить точность оценки доз на 75% в сравнении с зарегистрированными аналогичными методиками [Д.Б. Куликович и соавт., 2024].

В ходе проведенного нами исследования с помощью разработанного программного обеспечения «rDose» были реконструированы индивидуализированные годовые и индивидуализированные накоплен-