

ОЦЕНКА ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ ЦЕЗИЯ-137 НА ТЕРРИТОРИИ
«ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО СЛЕДА» КИНГИСЕППСКОГО РАЙОНА
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИВ.П. Куценко¹, Д.Д. Ковалева², А.В. Власенко^{3,4}¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ, г. Санкт-Петербург, Россия² ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия³ Медицинский институт непрерывного образования ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва, Россия.⁴ ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения г. Москвы, Россия

АННОТАЦИЯ

Радиоактивному загрязнению подверглась западная часть Ленинградской области, Кингисеппский, Волосовский, Лужский, Ломоносовский и Гатчинский районы. Вследствие радиоактивного загрязнения территорий несколько населенных пунктов Волосовского, Кингисеппского и Лужского районов отнесены к зонам проживания со льготным социально-экономическим статусом (постановление правительства РФ от 28.12.1991 г., № 237).

Самоочищение территории, помимо процессов радиоактивного распада, вызвано процессами вертикального и горизонтального перемещения цезия, сорбированного на почвенных частицах, и отчуждения его с урожаем. Вертикальная миграция за счет естественных процессов протекала на различных ландшафтах с разной скоростью в зависимости от типов почв и степени их увлажнения, но заметную роль процессы конвекции и диффузии играли в первые 10–15 лет после аварии.

Основываясь на полученных результатах исследований, можно утверждать, что, несмотря на период полураспада ¹³⁷Cs после аварии на ЧАЭС, на территории «Чернобыльского следа» определяется активность радионуклида в пределах до 2,05 кБк/кг на глубине почвы до 1 метра, при этом активность на глубине 60–100 см больше, чем на поверхности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цезий, загрязнение, Чернобыльский след, миграция, почва

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ: Куценко Валерий Петрович, эл.почта: val9126@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: В.П. Куценко, Д.Д. Ковалева, А.В. Власенко, Оценка вертикальной миграции цезия-137 на территории «Чернобыльского следа» Кингисеппского района Ленинградской области // Вестник Медицинского института непрерывного образования. — 2023. — Т. 3, № 4. — С. 87–92. — DOI 10.36107/2782-1714_2023-3 -4-87-92.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ASSESSMENT OF VERTICAL MIGRATION OF CESIUM-137 ON THE
TERRITORY OF THE "CHERNOBYL FOOTPRINT" OF THE KINGISEPP
DISTRICT OF THE LENINGRAD REGIONV.P. Kutsenko¹, D.D. Kovaleva², A. Vlasenko^{3,4}¹ St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia.² National Medical Research Center named after V.A. Almazov, Saint Petersburg, Russia.³ Medical Institute of Continuing Education, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia.⁴ Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The western part of the Leningrad region, Kingisepp, Volosovsky, Luzhsky, Lomonosov and Gatchina districts were exposed to radioactive contamination. Due to the radioactive contamination of the territories, several settlements of Volosovsky, Kingisepp and Luzhsky districts are classified as residential areas with special social and economic status (Decree of the Government of the Russian Federation of 12/28/1991, № 237). The self-purification of the territory, in addition to the processes of radioactive decay, is caused by the processes of vertical and horizontal movement of caesium sorbed on soil particles and its alienation with the crops. The vertical migration due to natural processes took place on different landscapes at different rates, depending on soil types and the

degree of their moisture, but convection and diffusion processes played a significant role in the first 10–15 years after the accident. Based on the obtained research results, it can be stated that, despite the half-life of ^{137}Cs after the Chernobyl accident, the activity of the radionuclide in the “Chernobyl footprint” territory is determined in the range of up to 2.05 kBq/kg in the soil depth of up to 1 meter, while the activity in the depth of 60–100 cm is higher than on the surface.

KEYWORDS: cesium, pollution, Chernobyl footprint, migration, soil

CORRESPONDENCE: Kutsenko Valery Petrovich, e-mail: val9126@mail.ru

FOR CITATIONS: Kutsenko V.P., Kovaleva D.D., Vlasenko A. Assessment of Vertical Migration of Caesium-137 on the Territory of the “Chernobyl Footprint” of the Kingisepp District of the Leningrad Region // Bulletin of the Medical Institute of Continuing Education. 2023. — V. 3. — N. 4. — P. 87–92. — DOI 10.36107/2782-1714_2023-3-4-87-92.

FUNDING SOURCE: The authors declare that there was no funding for the study.

DECLARATION OF COMPETING INTEREST: The authors declare that there are no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что в сфере промышленной деятельности не существует абсолютно безопасных производств и технологических процессов. Не является исключением и использование атомных электростанций. Опыт эксплуатации ядерных энергетических установок, аварии и аварийные ситуации на атомных электростанциях, атомных подводных и надводных кораблях, заводах по переработке ядерного топлива и других объектах, халатное или преступное обращение с источниками ионизирующего излучения, ведущее к их утрате, показывают, что проблема радиационной безопасности в целом, и радиационного контроля, в частности, еще далека от окончательного разрешения [1, 2].

Радиационное загрязнение любой территории формируется за счет двух основных факторов — естественного природного фона и техногенной радиоактивности [3, 4].

Среди техногенных источников радиоактивной опасности в первую очередь выделяют как прямое загрязнение территорий Ленинградской области от двух радиационных аварий: 1975 года на ЛАЭС и 1986 года на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), так и вклад различных предприятий атомно-технологического цикла (ядерный реактор в Гатчине и Сосновом бору) [5–7]. После аварии на ЧАЭС на многих территориях России, в том числе в Ленинградской области, образовался Чернобыльский радиоактивный след, и в этих местах до сих пор проживают люди, которые получают субсидию от государства. Поэтому актуальность вопроса оценки безопасности данных территорий для проживания бесспорна на государственном уровне. Период полураспада ^{137}Cs составляет 30 лет, поэтому 2016 год считается поворотным в проблеме загрязнения, а вопрос об остаточном радиоактивном фоне поднимается все чаще, так как уже теперь можно судить о скорости и характере распада радионуклида. С учетом периода полураспада ^{137}Cs и миграции его в нижележащие слои почвы был выпущен Атлас радиоактивных загрязнений территорий Российской Федерации, который позволяет определить, что Ленинградская область является далеко не самой загрязненной территорией.

Данные о характере и степени загрязнения ^{137}Cs территорий Ленинградской области, а также поражения населения в настоящее время находятся под грифом «секретно», и судить о характере загрязнения мы можем только по данным аварии на ЧАЭС. На территорию области было дважды зафиксировано выпадение радиоактивных осадков: 1 и 10–11 мая 1986 г. Общая площадь фактического техногенного радиоактивного загрязнения почв составило 5711 км², в том числе — с плотностью поверхностного загрязнения изотопом ^{137}Cs свыше 1 Ки/км² составила около 705,9 км². Удельная активность ^{137}Cs колебалась от <1 до 1101 Бк/кг, составляя в среднем 115,9 Бк/кг [6–8].

Радиоактивному загрязнению подверглась западная часть Ленинградской области, Кингисеппский, Волосовский, Лужский, Ломоносовский и Гатчинский районы (рис. 1). Вследствие радиоактивного загрязнения территорий несколько населенных пунктов Волосовского, Кингисеппского и Лужского районов отнесены к зонам проживания с льготным социально-экономическим статусом (постановление правительства РФ от 28.12.1991 г. №237) [9, 10].

Общепринято подразделять уровни загрязнения территорий ^{137}Cs на «низкие», «средние» и «высокие» (табл. 1) [4, 11, 12].

С 2006 года принято считать, что Ленинградская область относится к районам с «низким» уровнем загрязнения ^{137}Cs , не принимая во внимание феномен «пятнистости» чернобыльского радиоактивного загрязнения этих территорий [1, 13–15].

Концентрация радионуклида в поверхностном слое почвы может значительно меняться в зависимости от неоднородности выпадения, особенностей микрорельефа и распределения растительности на расстоянии всего нескольких метров (Краснов и др., 1997; Линник, 2008) [3, 16–18].

Подавляющее большинство данных по радиоактивному чернобыльскому загрязнению территорий относятся к площадным загрязнениям ^{137}Cs , при этом высокорadioактивные пятна загрязнения поверхности размером до нескольких тысяч квадратных метров мо-

гут оставаться незамеченными. Существенная неоднородность и пятнистость распределения радионуклидов характерна и для вертикального загрязнения почв [6–8, 19, 20].

Еще одна принципиальная сложность в оценке уровней чернобыльского радиоактивного загрязнения — проблема так называемых «горячих частиц» («чернобыльской пыли»). В горячих частицах содержалось, по-видимому, около 10 % всей радиоактивности, выброшенной из реактора. Существуют горячие частицы двух основных типов. Первые содержат сложный комплекс радионуклидов (^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{137}Cs , ^{134}Cs , плутоний, другие α -, β - и γ -излучатели). Активность вторых определяется, в основном, ^{103}Ru и ^{106}Ru . Горячие частицы могут вторично попадать в атмосферу и поражать животных, растения и человека, в частности, при проведении различных сельскохозяйственных (вспашка земли) и строительных работ, связанных с пылеобразованием, а также в результате природных пожаров и смерчей, которые могут поднимать в атмосферу радиоактивные аэрозоли и мелкодисперсные частицы [7, 17, 21–23].

Активность отдельных горячих частиц достигает 10 кБк, они не учитываются при определении уровня радиоактивного загрязнения территории. В случае попадания внутрь тела человека с водой, пищей или с вдыхаемым воздухом такие частицы обеспечивают получение высоких доз облучения. Так по данным ряда авторов (Эйзенбад, 1987; Malachanko, Goluenko, 1990; Иванов и др., 1990; IAEA, 1994) мелкие частицы (менее 5 мкм) легко проникают внутрь легких, крупные (20–40 мкм) — задерживаются в верхних дыхательных путях. Закономерности образования и распада горячих частиц, их свойства, и, главное — влияние на здоровье человека в настоящее время изучены мало [14, 24–27].

Данное загрязнение территорий вносит вклад в дозу облучения среднестатистического жителя области с учетом всех источников ионизирующего излучения и составило, по данным проведенной в 2018 году радиационно-гигиенической паспортизации за отчетный 2017 год, 3,4 мЗв/год, что ниже среднероссийского показателя (3,87 мЗв/год) [табл. 2], и повторяет аналогичные сравнительные характеристики за истекший 5-летний период [28].

Динамика исследований проб почвы на содержание природных и техногенных радионуклидов по данным ГУ «Санкт-Петербургский Центр гидрометеороло-

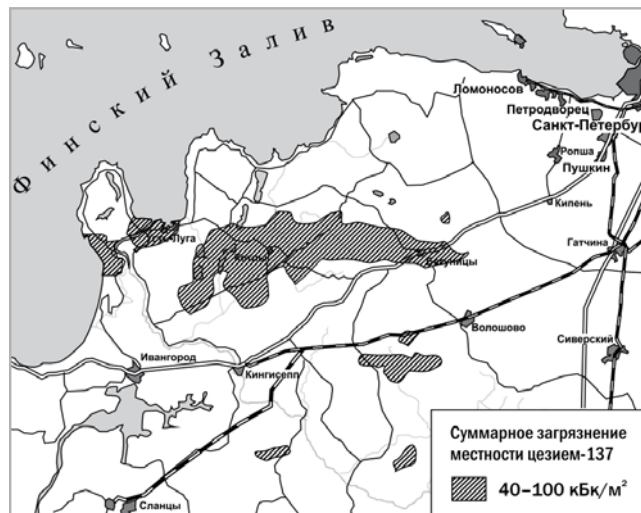


Рис. 1. Карта выпадения Чернобыльского следа на территории Ленинградской области. [Атлас загрязнения Европы цезием после чернобыльской аварии. 1998. карта 41]

гии и мониторинга окружающей среды с региональными функциями» подтверждает ежегодную стабильность показателей, в том числе удостоверяя наличие территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Кингисеппский район) [Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2018 году»], в которых ежегодные результаты плотности загрязнения почвы выше среднеобластных в 2,5–3,5 раза, и являются определяющими значениями как для средних величин, так и в максимальных значениях по области (табл. 3).

Общая площадь территории, пострадавшей в результате аварии на ЧАЭС, в Ленинградской области составляет 680,3 км². При этом в Кингисеппском районе количество населенных пунктов, относящихся к зоне льготного социально-экономического статуса, составляет 22 с общей численностью населения 3319 человек. На протяжении последних лет (по данным мониторинговых исследований за 2005–2017 гг.) радиационная обстановка в зоне льготного социально-экономического статуса продолжает оставаться достаточно стабильной [10, 17].

В 2018 году была продолжена работа по постоянному мониторингу доз внутреннего облучения насе-

Таблица 1. Уровни (плотность) радиационного загрязнения ^{137}Cs

Загрязнение	Ки/ км ²	кБк/м ²	Официальная градация
«слабое»	<1	<37	Нет
«низкое»	1–5	37–185	Зона проживания с льготным статусом
«среднее»	5–15	185–555	Зона проживания с правом на отселение
«высокое»	15–40	555–1480	Зона отселения
«очень высокое»	>40	>1480	Зона отчуждения («30 км зона»)

Таблица 3. Динамика средних и максимальных уровней плотности загрязнения почвы техногенными радионуклидами на территории Ленинградской области в 2013–2017 гг.

Год	Площадь загрязнения почвы ^{137}Cs , кБк/м ²		Площадь загрязнения почвы ^{90}Sr , кБк/м ²	
	Средняя	Максимальная	Средняя	Максимальная
2013	28,0	50,0	0,43	0,49
2014	28,0	50,0	0,43	0,49
2015	27,0	50,0	0,43	0,49
2016	27,0	50,0	0,42	0,49
2017	27,14	50,4	0,434	0,49

ления на пострадавших территориях. Выполнен расчет средних годовых эффективных доз облучения (СГЭД90) жителей населенных пунктов, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения. Проведен анализ основных демографических параметров населения, проживающего в данных населенных пунктах в сравнении с аналогичными сведениями по населению Ленинградской области в целом, на основе статистических форм данных, подлежащих включению в Российский государственный медико-дозиметрический регистр. Исследования дозовой зависимости неонкологической заболеваемости среди населения, пострадавшего в результате аварии на ЧАЭС, не выявили статистически значимую связь показателей заболеваемости и дозовой нагрузки для всех классов. Индивидуальный риск для населения указанной группы в отчетном году составил $6,9 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹, что является, безусловно, приемлемым риском (менее $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹).

За истекший 5-летний период с 2013 года превышений гигиенического критерия содержания ^{137}Cs в пробах местной продукции, в том числе, лесной (грибы, ягоды), не регистрировалось. Заготовительные хозяйства на территориях Кингисеппского и Волосовского районов, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, отсутствуют.

При содействии ФБУН НИИ радиационной гигиены им. проф. П.В.Рамзаева в 2018 году выполнен очередной расчет доз облучения населения (СГЭД90) на пострадавших территориях. На основании данных расчетов Управлением в составе межведомственной рабочей группы под председательством заместителя председателя правительства Ленинградской области по социальным вопросам и включающей Главное управление МЧС России по Ленинградской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, Петростат, органы исполнительной власти Ленинградской области, администрации муниципальных образований Кингисеппского и Волосовского районов утверждены ежегодные паспорта безопасности 29-ти населенных пунктов, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС и относящихся к зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом [28].

Радиационный фон на территории Ленинградской области в течение последних лет стабилен и находится в пределах $<0,05-0,32$ мкЗв/ч, что соответствует многолетним среднегодовым естественным значениям радиационного фона в Ленинградской области [10, 17].

В 2009 г. была завершена работа по созданию книги «Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси», однако Ленинградская область там не представлена [7, 29].

Многолетние исследования показали, что характер изменения радиационной обстановки в результате аварии на ЧАЭС на территории Российской Федерации предсказуем и стабилен. На изменение радиационной обстановки в основном влияют: естественный распад ра-

дионуклидов; заглубление радионуклидов под действием природно-климатических процессов; фиксация радионуклидов в геохимических и почвенных структурах; перераспределение радионуклидов в почвенном слое за счет антропогенного воздействия [4, 9, 18, 30, 31].

Самоочищение территории, помимо процессов радиоактивного распада, вызвано процессами вертикального и горизонтального перемещения цезия, сорбированного на почвенных частицах, и отчуждения его с урожаем. Экспериментальные наблюдения и исследования подтверждают, что значимость горизонтальной миграции радионуклидов весьма мала — в большинстве случаев она не приводила к измеряемому переносу радионуклидов между ландшафтными комплексами. Вертикальная миграция за счет естественных процессов протекала на различных ландшафтах с разной скоростью в зависимости от типов почв и степени их увлажнения, но заметную роль процессы конвекции и диффузии играли в первые 10-15 лет после аварии. На пахотных угодьях, в личных подсобных хозяйствах и населенных пунктах основной вклад в процессы вертикальной миграции оказывали механические перемещения цезия с почвой и грунтом [22, 32, 33].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение динамики вертикальной миграции ^{137}Cs на территории «Чернобыльского следа» Кингисеппского района Ленинградской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели исследования были отобраны 5 проб почвы с поверхности и из глубины при помощи бурильной установки с шагом в 0-20-40-60-80-100 см в соответствии с установленными методиками пробоподготовки для проведения радиологического исследования. Каждая проба маркировалась в соответствии с глубиной забора, которая определялась по насечкам на буре. Населенные пункты для анализа были выбраны, исходя из доступности и наибольшей топографической загрязненности почвы: Вердия, Матовка, Падоба и Кайболово. Максимальная глубина отбора почвы составила около 1 метра. Точки отбора проб выбирались с учетом предварительной гамма-съемки обследуемой территории. Также было отобрано 4 пробы воды с реки Луга и озера Глубокое, по две с объекта у края воды и с дистанцией от берега 3 метра.

Определение активности проб и объемной активности ^{137}Cs (кБк/кг) в пробе проводилось методом толстослойных препаратов аппаратурой радиационного контроля: ДРГБ-01 и ДРГБ-04Н, с последующей статистической обработкой результатов (относительная и абсолютная погрешность измерений) [11, 13, 18, 22, 24, 26, 35–37]. Для контроля содержания ^{137}Cs в водоемах использовался бассейновый метод.

Точки отбора проб привязывались к местности при помощи спутниковой радиопеленгации навигатора JPS. Точка № 1 и 2 — район и поселок Кайболово (59.567508,

28.872814, 59.567060, 28.871956); № 3 — поселок Вердия (59.658346, 28.639088); № 4 — поселок Матовка (59.647392, 28.664922); № 5 — поселение Падоба (59.410074, 28.563804). Для более комплексной оценки определяли кислотность почвы при помощи рН-метра ZD06.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведенной работы были получены следующие результаты измерений удельной активности ^{137}Cs (кБк/кг): для точки № 1 и 2 — 0–20 — $0,35 \pm 0,05$; 20–40 — $1,33 \pm 0,05$; 40–60 — $0,45 \pm 0,07$; 60–80 — $1,55 \pm 0,23$; 80–100 — $1 \pm 0,15$. Точка № 3 — 0–20 — $0,83 \pm 0,4$; 20–40 — $0,6 \pm 0,09$; 40–60 — $0,95 \pm 0,14$. Точка № 4 — 0–20 — $1,5 \pm 0,23$; 20–40 — $1,23 \pm 0,18$; 40–60 — $0,7 \pm 0,1$; 60–80 — $0,8 \pm 0,12$; 80–100 — $0,33 \pm 0,05$. Точка № 5 — 0–20 — $0,2 \pm 0,02$; 20–40 — $0,42 \pm 0,06$; 40–60 — $0,8 \pm 0,16$; 60–80 — $1,02 \pm 0,15$; 80–100 — $2,05 \pm 0,04$.

Кислотность почвы убывала с увеличением глубины отбора пробы (0–60 рН=7, 60–100 рН=6,4).

Результаты гамма-съемки показали незначительные колебания фона от 0,12 до 2,6 мкЗв/ч.

При анализе проб воды активности ^{137}Cs обнаружено не было.

ВЫВОДЫ

Основываясь на полученных результатах исследований, можно утверждать, что, несмотря на период полураспада ^{137}Cs , после аварии на ЧАЭС на территории «Чернобыльского следа» определяется активность радионуклида в пределах до 2,05 кБк/кг на глубине почвы до 1 метра, при этом активность на глубине 60–100 см больше, чем на поверхности. Исходя из того, что Кингисеппский район достаточно обширно используется для садоводства, огородничества и выращивания плодово-ягодных культур, можно сделать вывод, что неблагоприятное состояние почвы при выращивании любых культур может сказываться на жизнедеятельности и состоянии здоровья людей, населяющих данную территорию. Принимая во внимание этот факт, людям, получающим компенсационные выплаты за проживание на территории Чернобыльского следа, следует продолжать выплачивать денежную компенсацию за вредность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин Р.М. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры // М.: ИздАТ. — 2001. — 752 с.
2. Военно-медицинская статистика: учебник / Под ред. В.И. Кувакина, В.В. Иванова. — С-Пб. // ВМедА. — 2005. — 528 с.
3. Гребеньков С.В., Махненко А.А. Ионизирующая радиация в современном мире и облучение человека. — СПб.: ВМедА, 1987. — 116 с.
4. Квасов В.А., Шульгин В.И. Загрязнение почвы Липецкой области цезием-137 // Липецк: ЛГПИ. — 1996. — С. 3-4.
5. Вакуловский С. М., Яхрушин В. Н. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+ 240 // Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». — 2020.
6. Сборник методик по радиохимическому анализу и радиометрическим измерениям // М.: Военное издательство. — 1985. — 184 с.
7. Сковородникова Н.А. Миграция ^{137}Cs в почвах различных экосистем Брянского полесья: автореф. канд. дис. // Брянск. — 2005. — 25 с.
8. Сборник методик по определению активности радионуклидов в объектах внешней среды и организме человека // М.: Военное издательство. — 1990. — 208 с.
9. Ефремов И. В. и др. Математическое моделирование миграции радионуклидов в почвенно-растительных комплексах Оренбуржья // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2005. — №. 9. — С. 129-133.
10. Катаев В.Г., Коптелов Е.И. Руководство к лабораторным работам по радиометрии // М. — 1967. — 198 с.
11. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Энергоатомиздат. — 1989. — 304 с.
12. Носов А. В. и др. Моделирование миграции радионуклидов в поверхностных водах // Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — 2010. — 253 с.
13. Куценко В.П. и др. Анализ путей загрязнения поверхностей радиоактивными веществами на судах ато. Актуальные проблемы обитаемости и медицинского обеспечения личного состава ВМФ // Материалы научно-практической конференции. — 1 ЦНИИ МО РФ. — СПб. — 2004. — С. 105-107.
14. Коваленко В. В., Исаев В. П., Бачурин А. В. Методика экспрессного радиометрического определения по гамма-излучению объемной и удельной активности радионуклидов цезия в воде, почве, продуктах питания, продукции животноводства и растениеводства // М.: ВАСХНИЛ. — 1990.
15. Радиационно-гигиенические аспекты радиационных аварий: Учебное пособие (ч.1) // СПб., МАПО. — 2009. — 180 с.
16. Бочкарев В. М., Антропова З. Г., Белова Е. И. Миграция стронция-90 и церия-144 в почвах различного механического состава // Почвоведение. — 1964. — №. 9. — С. 56-59.
17. Вакуловский С. М., Яхрушин В. Н. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+ 240 // Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». — 2020.
18. Рахимова Н.Н. Изучение миграции радионуклидов в почвах оренбургской области / Тезисы докладов междунар. науч. конференции: ч.5. Биология. Экология. Иваново // ИвГУ. — 2001. — С. 77-78.
19. Гришмановский В. И. Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений // М., Атомиздат. — 1980. — 272 с.
20. Гришмановский В.И. Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений // М., Атомиздат. — 1980. — 272 с.

- ками ионизирующих излучений. — Т.2. — Индивидуальный контроль. Радиометрия проб // М., Атомиздат. — 1981. — 208 с.
21. Ефремов И. В., Рахимова Н. Н. Профильная миграция стронция-90 и цезия-137 в почвах естественных экосистем степных ландшафтов // III съезд биофизиков России. — 2004. — Т. 2. — С. 640-642.
22. Методика экспрессного определения объемной и удельной активности бета-излучающих нуклидов в воде, продуктах питания, продукции растениеводства и животноводства методом «прямого измерения «толстых» проб // М., 1987. — 20 с.
23. Радиационная обстановка на территориях России и сопредельных государств в 1996 году: Ежегодник // СПб., 1998. — С. 40-75.
24. Алиев Р. А. и др. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации. — 2012. — 336 с.
25. Рахимова Н.Н. Влияние поверхностных вод на миграционные процессы радионуклидов в почве / Н.Н. Рахимова // Материалы научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Оренбуржья. Ч. 3 // Оренбург, 2001. — С. 211-212.
26. Соболев И. А., Беляев Е. Н. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды // М.: Медицина. — 2002. — С. 297-303.
27. Сборник методик по определению активности радионуклидов в объектах внешней среды и организме человека // М., Военное издательство. — 1990. — 208 с.
28. Яблоков А.В. и др. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы // М.: Товарищество научных изданий КМК. — 2016. — 826 с.
29. Руководство по контролю за радиоактивным загрязнением внешней среды и внутренним облучением личного состава кораблей с атомными энергетическими установками // М.: Военное издательство. — 1991. — 96 с.
30. Соболев И. А., Беляев Е. Н. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды // М.: Медицина. — 2002. — С. 297-303.
31. Радиационно-гигиенические аспекты радиационных аварий: Учебное пособие (ч. 2) / Под ред. Т.Б. Балтруковой, В.А. Барина // СПб., МАПО. — 2009. — 168 с.
32. Черников В. А., Цыбулько Н. Н., Семененко И. Н. 30 лет чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий // Национальный доклад Республики Беларусь. — 2016.
33. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справ. изд. / В.А. Баженов, Л.А. Булдаков, И.Я. Василенко и др. // Л.: Химия. — 1990. — 464 с.
34. Руководство по контролю за радиоактивным загрязнением внешней среды и внутренним облучением личного состава кораблей с атомными энергетическими установками // М.: Военное издательство. — 1991. — 96 с.
35. Барин В.В., Куценко В.П., Проститенко В.М. и др. Внедрение средств индивидуального дозиметрического контроля на военно-морском флоте / Военная профилактическая медицина. Проблемы и перспективы. 1-й съезд военных врачей медико-профилактического профиля Вооруженных сил Российской Федерации // СПб., 2002. — С. 460-461.
36. Березкин А.А., Махненко А.А. Методические основы исследования радиоактивности в практике санитарного врача // Ленинград, 1983. — 32 с.
37. ОСТ 10071-95 Почвы. Методика определения Cs-137 в почвах сельскохозяйственных. Разработан ЦИНАО. Утвержден и введен в действие Министерством сельского хозяйства и продовольствия РФ 14.04.1995 г. — 4 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Куценко Валерий Петрович — кандидат медицинских наук, доцент кафедры современных методов диагностики и радиолучевой терапии им. профессора С.А. Рейнберга. Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, г.Санкт-Петербург, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9755-1906>, SPIN код: 5760-0218, AuthorID: 841498

Ковалева Дарья Дмитриевна — ординатор кафедры клинической лабораторной диагностики ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6236-4526>, SPIN код: 9878-4125, AuthorID: 1148509

Власенко Александр Владимирович — кандидат медицинских наук, доцент, член-корреспондент МАНЭБ, профессор кафедры терапии с курсом фармакологии и фармации Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». Врач-эпидемиолог ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4843-621X>, SPIN-код: 9401-4883, AuthorID: 740391

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Куценко В.П. — определение концепции, цели и задачи статьи, редактирование, одобрение окончательной версии статьи

Ковалева Д.Д. — сбор и обработка материала, анализ литературы, подготовка и написание текста статьи

Власенко А.В. — определение дизайна статьи, теоретическое обоснование, редактирование

ПОСТУПИЛА: 20.10.2023

ПРИНЯТА: 24.11.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 15.12.2023