

И. Т. Ермак, канд. биол. наук, доц.,
А. В. Домненкова, канд. с.-х. наук, доц.,
Д. М. Кузьменков, канд. техн. наук, ст. препод.,
Н. О. Азовская, канд. с.-х. наук, ст. преп. (БГТУ, г. Минск);
В. Н. Босак, д-р с.-х. наук, проф.

ТРАНСФОРМАЦИЯ РАДИОИЗОТОПА ПЛУТОНИЯ-241 В АЛЬФА-ИЗЛУЧАЮЩИЙ АМЕРИЦИЙ-241 И ЕГО ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

39 лет назад произошла самая масштабная и страшная техногенная катастрофа в истории ядерной энергетики – взорвался один из реакторов Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС).

В первые дни после аварии на ЧАЭС самая большая опасность для населения исходила от изотопа йода-131 (^{131}I) с периодом полураспада всего 8,04 суток, который явился впоследствии причиной различных патологий щитовидной железы [1].

В последующие десятилетия основной угрозой для здоровья населения стали радионуклиды цезий-137 (^{137}Cs – основной дозообразующий радионуклид для Республики Беларусь) и стронций-90 (^{90}Sr). Период полураспада данных радионуклидов составляет около 30 лет. В 2016 году был первый период полураспада, это значит, что половина ядер радионуклидов цезия-137 и стронция-90 распалась и не представляет больше угрозы. Для практически полного распада цезия-137 и стронция-90 нужно чтобы прошло десять периодов полураспада, т.е. около 300 лет.

Кроме указанных выше радионуклидов в процессе чернобыльской аварии в окружающую среду были выброшены трансурановые элементы, в основном это изотопы плутония (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu). Три из этих изотопов: ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu являются источниками альфа-излучения, которое по силе своего воздействия на живые организмы в 20 раз опаснее, чем бета- и гамма-излучение [1].

Характерной особенностью чернобыльского выброса является относительно высокое содержание плутония-241 – бета излучающего радионуклида с периодом полураспада 14 лет. Из данного радионуклида, в результате естественного радиоактивного распада образуется альфа-излучающий америций-241 (^{241}Am) с периодом полураспада 432 года. Америций-241 концентрируется преимущественно в верхних слоях почвы. Однако, в отличие от изотопов плутония, по-

движность которых составляет 4-15%, подвижность америция-241 существенно выше, около 30%, что увеличивает его вероятность переходить из почвы в растения [1-5].

Плутоний-241 во время чернобыльской аварии выпало больше всего, что связано с техническими характеристиками реактора. Плутоний – элемент тяжелый и поэтому выпал он лишь в основном на территории 30-километровой чернобыльской зоны. И вот теперь он превращается в америций-241, и все больше обнаруживается за пределами этой зоны.

От плутония уберечься легко: главное, соблюдать правила личной гигиены и хозяйственной деятельности.

Америций-241 – высоко токсичен. По радиационной токсичности америций-241 аналогичен плутонию-239, но, в отличие от последнего, имеет достаточно хорошую растворимость и, следовательно, более биологически доступен. Он имеет большую, чем плутоний способность переходить из почвы в растения.

Прогнозные расчеты показывают, что к 2058 году активность америция-241 в почвах превысит суммарную активность всех изотопов плутония в 1,8 раза, причем радиоактивность и период полураспада америция значительно выше, чем материнского нуклида [2-5].

Опасность альфа-излучающих нуклидов, к которым относится и америций-241, в окружающей среде обусловлена их высочайшей радио токсичностью. Большинство из них относится к группе «А» радиационной опасности (особо высоко радио токсичные) и отличаются максимально жесткими величинами предельно допустимых активностей в воде и пищевых продуктах [3].

Обладая большим периодом полураспада, трансурановые элементы включаются по трофическим цепям в круговорот веществ, и в течение тысячелетий будут представлять радиологическую опасность для человека. Учитывая большой период полураспада америция-241, проблемы его накопления в биологических цепочках будут актуальными для людей, проживающих на территориях подвергшихся радиоактивному загрязнению, на протяжении ближайших сотен лет. Как и другие трансурановые элементы, америций-241 в настоящее время преимущественно находится в верхнем слое почвы. Доля подвижных форм этого элемента составляет 32% (для плутония – 4-15%). Из-за постоянного распада плутония-241 и образования америция-241 ареал загрязнения поверхностного слоя почвы альфа-излучающими трансурановыми радионуклидами постоянно будет расширяться. На этой территории техногенно измененный радиоактивный фон будет сохра-

няться повышенным в течение нескольких тысяч лет [4].

По данным службы радиационного мониторинга Республиканского центра по гидрометеорологии изотопы плутония-241 и америция-241 сконцентрированы почти на 2% площади страны. Речь идет о Хойникском, Брагинском, Наровлянском, Добрушском, Лоевском и Речицком районах Гомельской области и Чериковском районе Могилевской области. Самые высокие уровни загрязнения зафиксированы на территории Полесского радиационно-экологического заповедника.

В таблице представлено распределение территории, загрязненных радионуклидом америцием-241, по зонам радиоактивного загрязнения в Полесском радиационно-экологическом заповеднике.

Таблица – Загрязнение территории Полесского радиационно-экологического заповедника альфа-излучающим америцием-241

Зоны радиоактивного загрязнения	Плотность радиоактивного загрязнения почвы, Ки/км ²	Площадь, га
I	менее 0,02	8925,84
II	0,02 – 0,05	58050,56
III	0,05-0,1	65738,51
IV	более 0,1	84458,89
Итого		217173,80

Радиоактивное воздействие определяет широкий диапазон потенциальных проблем для здоровья людей, поскольку оно происходит различными путями, и каждый радионуклид поражает разные органы.

Проникающая способность альфа-излучения не большая и не представляет серьезной угрозы для человека при условии, что излучение воздействует снаружи (внешнее облучение). Защиту человека от альфа-излучения обеспечивают одежда и верхние слои кожи.

Наибольшую опасность для человека представляет внутреннее облучение, когда радионуклиды попадают в организм с пищей и водой. 80–90% заболеваний связанных с воздействием радиоактивных излучений – это результат внутреннего облучения. Америций-241 в организме человека накапливается в таких жизненно важных органах, как кости, почки, печень, и может явиться причиной радиационных поражений [5].

Сегодня наблюдается тревожная ситуация: на территориях, расположенных в черновыльскай зоне с каждым годом растёт уровень альфа-излучения и отмечается увеличение площадей загрязнённых альфа-излучающими изотопами.

По подсчётам исследователей, пиком образования америция-241

(а значит, самой большой опасности) станет 2058 год [3-5].

В настоящее время не достаточно полно изучено поведение плутония и америция-241 в окружающей среде, что в свою очередь затрудняет оценку и прогноз их воздействия на живые организмы, а также возможность оценки риска загрязнения ими сельскохозяйственной продукции.

На территории Республики Беларусь в настоящее время нормативно-правовые акты не учитывают загрязненность окружающей среды америцием-241. Актуальным является исследование по выяснению вклада америция-241 в формирование дозы внутреннего облучения населения в районах пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, с разработкой научно обоснованных допустимых норм по их содержанию в почве, растениях и продуктах питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. 35 лет после Чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.

2. Радиобиология: современные проблемы 2020: материалы международной научной конференции (Гомель, 24–25 сентября 2020 г.) / редкол.: И. А. Чешик (главный редактор) [и др.]. – Минск, 2020. – 204 с.

3. Семененя, И.Н. Существует ли проблема облучения населения от америция-241 чернобыльского происхождения / И.Н. Семененя // Радиозэкологические и радиобиологические последствия чернобыльской катастрофы: материалы междунар. науч.-практ. конф., Хойники, 11–12 окт. 2017 г. / Полесский гос. рад.-экол. заповедник; под общ. ред. И.Н. Семенени. – Минск, 2017. – С. 113–118.

4. Никитин, А. Америций – след цивилизации / А. Никитин, С. Гриневич, Р. Король // Научно-практический журнал «Наука и инновации». – Минск: РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2013. – № 1(119). – С. 61-64.

5. Александрович, А.С. Динамика активности америция-241 в Республике Беларусь / А.С. Александрович, Т.И. Зиматкина, О.В. Мосин // Журнал «Госпитальная медицина: наука и практика». – Красногорск: ФГБУ «3 ЦВКГ им. А.А. Вишневского» Минобороны России, 2018. – Том 1, №2. – С. 4–8.