

**РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ,
ПРОИЗВЕДЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ,
ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ**

И. Т. ЕРМАК, канд. биол. наук, доцент
А. К. ГАРМАЗА, канд. техн. наук, доцент
А. В. ДОМНЕНКОВА, канд. с.-х. наук

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Авария на Чернобыльской АЭС привела к поступлению в окружающую среду большого количества радионуклидов и долгосрочному загрязнению территории Республики Беларусь. Радиоактивному загрязнению цезием-137 подверглось более 1,8 млн. га сельскохозяйственных земель. Из них более 260 тыс. га (около 15 %) с 1986 г. были выведены из хозяйственного оборота (радиационно опасные земли) [3, 12].

К большому сожалению, радиоактивное загрязнение – это не краткосрочное явление. Нескольким поколениям людей придется жить при условиях наличия техногенных радиоактивных веществ в окружающей природной среде.

Основная часть. На 01.01.2022 вследствие естественного распада радионуклидов площадь загрязненных радионуклидами земель уменьшилась, и сельское хозяйство ведется на площади 836,6 тыс. га земель с плотностью загрязнения цезием-137 более 37 кБк/м² (более 1 Ки/км²), из которых 281,5 тыс. га одновременно загрязнены стронцием-90 более 5,55 кБк/м² (более 0,15 Ки/км²). Основные площади сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием-137, сосредоточены в Гомельской (59,9 % общей площади) и Могилевской (29,8 %) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязненных земель невелика и составляет соответственно 4,3 %, 1,6 % и 4,4 %. 96 % сельскохозяйственных земель, загрязненных стронцием-90, находятся в Гомельской области. В Могилевской и Брестской областях доля их незначительна и составляет соответственно 3,5 % и 0,03 %.

С 1993 г. в хозяйственное пользование возвращено 19,6 тыс. га земель, ранее выведенных из оборота после катастрофы на

Чернобыльской АЭС, в том числе в Брестской области – 0,1 тыс. га, в Гомельской – 16,7 тыс. га, в Могилевской области – 2,8 тыс. га.

По состоянию на 01.01.2022 площадь радиационно опасных земель составляет 248,6 тыс. га, в том числе в Гомельской области – 201,7 тыс. га, в Могилевской области – 46,9 тыс. га [8].

Экологические последствия радиоактивного загрязнения почв многообразны и представляют опасность для человека. Включаясь в биологический круговорот, радионуклиды через растительную и животную пищу попадают в организм человека и, накапливаясь в нем, вызывают радиоактивное облучение. Радионуклиды, подобно многим другим загрязняющим веществам, постепенно концентрируются в пищевых цепях [2, 4–6, 9, 10, 13].

В экологическом отношении наибольшую опасность представляет стронций-90 и цезий-137. Это обусловлено длительным периодом полураспада, высокой энергией излучения и способностью легко включаться в биологический круговорот, в цепи питания. Искусственные радионуклиды закрепляются в основном в верхнем 10–15 см слое почвы. Скорость естественного самоочищения почв от радиоизотопов зависит от скорости их радиоактивного распада, вертикальной и горизонтальной миграции. Миграция (накопление) радионуклидов из почвы в растения зависит от комплекса факторов. Основными из них являются: физико-химические формы радионуклидов, агрохимические свойства почв, биологические особенности растений, агротехника выращивания культур.

Радионуклиды в растения могут поступать через вегетативные органы – наземную часть (стебель, листья) и корневую систему – корневой путь поступления [7].

Поступление искусственных радионуклидов в организм человека возможно через пищеварительный тракт вместе с продуктами питания и водой, через легкие с загрязненным воздухом, через кожу и слизистые оболочки.

Радионуклиды, попавшие в организм с продуктами питания, включаются в основные процессы обмена веществ – всасывание в кровь, далее продвижение с кровью по организму, поступление и накопление в органах и тканях организма. Задерживаясь в организме, а со временем накапливаясь в нем при продолжающемся поступлении с пищей, может создаваться высокая концентрация со значительным разрушительным эффектом [1, 17].

Стронций-90 концентрируется в костной ткани, а цезий-137 распределяется по всему организму почти равномерно, больше аккумулируется в мышечной ткани, печени и почках.

Эффект от дозы облучения отдельного человека зависит от биологических и химических факторов (от возраста и общего состояния здоровья, содержания кислорода в биологических тканях). Поэтому у разных людей наблюдается неодинаковая чувствительность к радиации.

Очень высокие дозы радиации на все тело могут нанести значительные повреждения органам тела, значительно повлияв на их функционирование, что может в конечном итоге привести к смерти [11].

Радиоактивное загрязнение почв повлекло за собой проблемы, связанные с обеспечением населения продуктами питания не загрязненных радионуклидами или в пределах республиканских допустимых уровней. Поэтому на начальном этапе преодоления последствий катастрофы было ликвидировано 54 колхоза и совхоза, закрыто 9 перерабатывающих заводов агропромышленного комплекса. Из сельскохозяйственного оборота были исключены 264 тыс. га.

За прошедший период времени после аварии на Чернобыльской АЭС на загрязненных территориях произошли изменения в радиационной обстановке: радиоактивный распад короткоживущих и миграция вглубь почвы долгоживущих изотопов привели к значительному снижению уровня гамма-излучения. В то же время проникновение радионуклидов в зону корневого питания растений привело к увеличению их содержания в самих растениях.

Растения, содержащие больше кальция, накапливают в повышенных количествах стронций-90, а растения, отличающиеся высоким содержанием калия, легче накапливают и цезий-137. Накопление этих радионуклидов в товарной части сельскохозяйственных растений наиболее интенсивно происходит в корнеплодах (столовая свекла, морковь) и бобовых культурах (горох, соя, вика), более слабо – в картофеле, плодах томатов и особенно в зерновых злаках. Более низкое содержание в клубнях картофеля по сравнению с корнеплодами объясняется тем, что клубень – это видоизмененный стебель, а корнеплод – видоизмененный корень [15, 20].

Коэффициент перехода радионуклидов в лесные ягоды (землянику, малину, голубику, чернику, клюкву) зависит от типа почв, на которых они произрастают. Растения, которые поглощают питательные вещества из лесной подстилки (черника, голубика, брусника) накапливают большее количество радионуклидов, чем малина, рябина, калина, ко-

торые имеют более глубокие корни, а в этих горизонтах меньшая концентрация радиоактивных веществ [7].

С целью уменьшения накопления радионуклидов в продуктах питания и попадания их в организм человека рекомендуются агротехнические, лечебно-профилактические и санитарно-гигиенические мероприятия, которые сводятся к следующему:

- консервация почвы (залужение, мульчирование, посадка леса и др.). Мероприятие обеспечивает уменьшение миграционной способности радионуклидов и консервирование почвы до тех пор, когда появится техническая возможность дезактивации;

- дезактивация (удаление верхнего загрязненного слоя почвы или дернины). Мероприятие является чрезвычайно затратным, но дает возможность кардинальным образом решить проблему радиоактивного загрязнения почвы;

- обычная или мелиоративная вспашка (уменьшает концентрацию радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы, что достигается перемешиванием «чистыми» слоями почвы или глубокое запахивание верхних, «грязных» слоев почвы на глубину до 70 см);

- внесение органических удобрений в комплексе с сорбентом (сапропель) улучшает почвенные условия и приводит к резкому увеличению почвенных микроорганизмов, как существовавших ранее в почве, так и привнесенных с навозом. При активном размножении в органическом субстрате, микроорганизмы накапливают в своей биомассе значительное количество биологически доступного цезия-137, что приводит к изоляции биологически доступной формы нуклида от корневых систем растений [21];

- внесение минеральных удобрений с микроэлементами, что способствует снижению концентрации радионуклидов в растениях и повышают их урожайность;

- с целью исключения или уменьшения попадания радионуклидов в организм человека с продуктами питания, концентрирующихся на поверхности продуктов, рекомендуется их мытье или ополаскивание. В ситуации, когда радиоактивные вещества содержатся непосредственно внутри продукта, то наиболее эффективным методом очистки (выведения) радионуклидов является варка в растворе соли;

- важным являются знания накопления радионуклидов в различных продуктах питания, радиационный контроль этих продуктов и соблюдение норм радиационной безопасности [10, 14, 16, 18, 19, 21].

Заключение. Применение специальных агрохимических, агротехнических и агромелиоративных мероприятий наряду с процессами самоочищения почв сельскохозяйственных земель ввиду распада радионуклидов позволили существенно снизить переход радионуклидов в продукцию растениеводства и животноводства.

Проживание людей на загрязненных радионуклидами территориях сопряжено с опасностью не только внешнего, но и внутреннего облучения. Употребляя продукты питания, произведенные на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, существует потенциальная опасность нанести серьезный урон своему организму. Учитывая особенности накопления радионуклидов в различных видах пищевой продукции и соблюдая предварительную обработку перед употреблением таких продуктов, появляется возможность избежать радиоактивного облучения органов и тканей организма человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабок, А. В. Организация рационального питания населения на территориях, загрязненных радионуклидами / А. В. Бабок, А. В. Домненкова // Обеспечение безопасности населения на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 12–14.
2. Босак, В. М. Забяспячэнне радыяцыйнай бяспекі ў аграпрамысловым комплексе / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 20.
3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.
4. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека: практикум / В. Н. Босак, А. В. Домненкова. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 192 с.
5. Босак, В. Н. Обеспечение продовольственной безопасности регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Развитие агропромышленного производства и сельских территорий. – Новосибирск, 2016. – С. 70–74.
6. Босак, В. Н. Обеспечение радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Дальневосточная весна-2016. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2016. – С. 131–133.
7. Босак, В. Н. Радиационная безопасность в лесном хозяйстве / В. Н. Босак, Л. А. Веремейчик. – Минск: РИПО, 2018. – 277 с.
8. В сельском хозяйстве – Новости Госчернобыля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chernobyl.mchs.gov.by/zashchitnye-meropriyatiya/v-selskom-khozyaystve/>. – Дата доступа 20.11.2022.
9. Домненкова, А. В. Радиационная обстановка в лесах Республики Беларусь / А. В. Домненкова, В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Наслідки аварії на ЧАЕС: реалії сьогодення. – Житомир: ІСГП НААН, 2019. – С. 34–36.
10. Использование радиационных технологий в сельском хозяйстве / А. В. Домненкова [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 86–89.
11. Козлов, В. Ф. Справочник по радиационной безопасности / В. Ф. Козлов. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 326 с.

12. Погребницкая, А. Г. Динамика загрязнения радионуклидами сельскохозяйственных земель / А. Г. Погребницкая, Т. В. Сачивко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 38–41.

13. Распределение территории лесного фонда Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь по зонам радиоактивного загрязнения / А. В. Домненкова [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 61–62.

14. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН 10-117-99: постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26.04.1999 № 16.

15. Сачивко, Т. В. Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности в сельском хозяйстве / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 46–49.

16. Сачивко, Т. В. Новые рекомендации по ведению сельского хозяйства на территории радиоактивного загрязнения / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, А. В. Домненкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 78–79.

17. Сачивко, Т. В. Нормирование содержания радионуклидов / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, А. В. Домненкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2021. – С. 69–70.

18. Сачивко, Т. В. Особенности мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / Т. В. Сачивко, Ю. В. Азаренко, В. Н. Босак // 30 лет после Чернобыльской катастрофы. Роль союзного государства в преодолении ее последствий. – Горки: БГСХА, 2015. – С. 189–193.

19. Сачивко, Т. В. Усовершенствование мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 47–50.

20. Сельскохозяйственное производство на землях, загрязненных цезием-137 / А. В. Явтошук [и др.] // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 130–133.

21. Снижение накопления Cs-137 растениями при внесении в почву минеральных сорбентов в условиях конденсационно-топливного радиоактивного загрязнения / Н. П. Архипов [и др.] // Съезд по радиационным исследованиям. – Москва: 1997. – С. 429–430.

Аннотация. Растениеводство как отрасль сельскохозяйственного производства является определяющим звеном в загрязнении продуктов питания и поступлении радионуклидов в организм человека. На основании имеющихся научных исследований предлагаются агротехнические, санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия по снижению накопления радионуклидов в продуктах растениеводства и уменьшению их присутствия в пищевых продуктах.

Ключевые слова: радионуклиды, радиоактивное загрязнение почв, экологические последствия, продукты питания, радиационная безопасность.