

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Today the main close-forming elements determining radioactive contamination in the Chernobyl area of Belarus are long-living radionuclides of strontium, cesium and plutonium. They lead to internal and external irradiation of people. In order to estimate the medical aftermath of irradiation and to substantiate the efficiency of protective measures it is necessary to use the dose equivalent to the total effect of organism irradiation.

Спустя 20 лет после Чернобыльской катастрофы, несмотря на процессы физического распада цезия-137 и стронция-90, степень загрязнения этими радионуклидами древесины и даров леса в Чернобыльской зоне Беларуси за последние годы существенно не уменьшается. Такая ситуация обуславливается рядом факторов: местонахождением радионуклидов преимущественно в прикорневом слое почв, биофизическими и физико-химическими процессами в системе почва – радионуклиды – растения, обуславливающими высокую усвояемость радионуклидов растениями.

В Государственной программе Республики Беларусь по минимизации и преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на период до 2010 года дальнейшее развитие получает разработка и реализация комплекса защитных мероприятий, направленных на снижение дозовых нагрузок на население, совершенствование системы проведения данных мероприятий [1].

На загрязненных радионуклидами территориях лесного фонда в соответствии с «Правилами ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения» организована особая система ведения лесохозяйственной деятельности, обеспечивающая в течение длительного времени эффективное проведение лесохозяйственных мероприятий, безопасные условия труда и получение нормативно чистой продукции. Правилами, в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения, предусмотрен большой объем защитных мероприятий, направленных на обеспечение радиационной безопасности работников леса и населения, пользующегося продукцией леса, предотвращение переноса радионуклидов на более чистые территории [2].

В соответствии с действующими в отрасли регламентами ведения лесохозяйственной деятельности на территориях, загрязненных радиоактивными веществами, перед началом работ проводится радиационное обследование местности, результаты которого заносятся в технологическую карту (при плотности загрязнения цезием-137 до 15 Ки/км²) или санитарный паспорт (при плотности загрязнения 15–40 Ки/км²), в которых указывается: плотность загрязнения, мощность дозы, требуемые

условия и средства обеспечения радиационной безопасности, предельно допустимая продолжительность работы на конкретном участке.

В зонах с плотностью загрязнения почв цезием-137 до 15 Ки/км² заготовка и обработка древесины может осуществляться без ограничений на технологию и оборудование, в зоне 15–40 Ки/км² заготовка, обработка и использование древесины допускается при условии соблюдения определенных требований к технологии, оборудованию, охране труда, радиационной безопасности и нормативам на лесопroduкцию.

В этих условиях научное исследование проблем, связанных с ведением лесного хозяйства в зонах с повышенным радиационным фоном, приобретает большую актуальность. С учетом высокой опасности радиации для человека в решении проблемы защиты работников лесной и деревообрабатывающей промышленности от воздействия ионизирующих излучений важное место отводится строгому соблюдению основных принципов и норм радиационной безопасности:

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения;
- исключение всякого необоснованного облучения;
- поддержание на возможно низком уровне индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц.

Если опасность больших доз облучения ни у кого не вызывает сомнения, то по поводу облучения малыми дозами единого мнения нет. Дело в том, что радиационный риск при малых дозах настолько мал, что стохастические эффекты наступают через длительное время после облучения и могут быть неопределенными. В норме клетки делятся, в точности воспроизводя самих себя. Но в какой-то момент одно деление на миллион нарушается, и возникает измененная (атипичная) клетка.

При малых дозах облученная клетка не гибнет, а изменяется. Атипичная, но живая клетка может дать в результате деления целый клон измененных клеток. Обычно иммунная система быстро обнаруживает и уничтожает атипичную клетку. Но, если этого не произошло, то после продолжительного периода времени, называе-

мого латентным периодом, может развиваться злокачественное образование, при котором размножение измененных клеток становится неконтролируемым. Клетки в таком состоянии обычно группируются и приводят к возникновению злокачественной опухоли – канцерогенезу (раку).

Вероятность появления рака, вызванного облучением, зависит от числа возникших первоначально клонов измененных клеток, так как их число будет влиять на вероятность выживания по меньшей мере одного клона. Поэтому вероятность проявления канцерогенеза под влиянием радиации возрастает по мере увеличения дозы.

Если поражена клетка, функция которой заключается в передаче генетической информации последующим поколениям (половая клетка), то последствия будут выражаться в воздействии на потомство пострадавшего лица в виде наследственных эффектов.

Радиоактивное излучение является лишь одним из большого числа химических, физических и биологических факторов, которые могут вызвать заболевание человека. Попытки количественно и достоверно определить радиационный канцерогенез при малых дозах сталкивается с рядом объективных трудностей, таких, как естественное распространение рака, большое количество других канцерогенных факторов, недостаток информации о механизмах возникновения раковых заболеваний, неизбежное облучение от естественного радиационного фона и чрезвычайно малая расчетная вероятность ракового заболевания при малых дозах облучения.

Дефицит достоверных данных в мировой науке о действии малых доз на состояние здоровья населения, длительное время проживающего в реальных условиях хронического внешнего и внутреннего облучения, при одновременным действием на организм гамма-излучения, альфа- и бета-частиц и их комплексного влияния с другими вредными факторами окружающей среды, а также отсутствие профилактических мер по защите населения Беларуси в первый месяц после Чернобыльской катастрофы требует определения более жестких критериев проживания и хозяйственной деятельности на территориях с повышенным радиационным фоном.

В республике сложилась уникальная радиационно-экологическая ситуация, когда среда обитания человека оказалась насыщенной открытыми радиоактивными источниками. Если в первые месяцы, годы после аварии главная часть дозовой нагрузки для южных регионов формировалась за счёт внешнего облучения, то сейчас большую часть дозовой нагрузки население получает за счет потребления продуктов питания местного производства и даров приро-

ды со значительным содержанием в них радионуклидов [3].

В Чернобыльских регионах население попадает под комплексное влияние радионуклидов, тяжелых металлов и нитратов. Они негативно влияют на процессы адаптации, антиоксидантной защиты и иммунобиологической резистентности, что приводит к неспецифической интоксикации и повышению заболеваемости бронхо-легочной, сердечно-сосудистой и других систем организма.

Международная комиссия по радиационной защите приняла положение о том, что любая, даже самая малая дополнительная доза радиации, сверх естественного радиационного фона, не является безопасной для живого организма и требует обязательного принятия мер по ее снижению. Для предупреждения неблагоприятного действия ионизирующих излучений осуществляется гигиеническая регламентация облучения человека, являющаяся важнейшим мероприятием в системе обеспечения радиационной безопасности работающих и населения.

Уровень техногенного радиационного воздействия ионизирующих излучений на человека подлежит нормированию. Нормирование – это определение количественных показателей радиационного воздействия, характеризующих безопасные уровни их влияния на состояние здоровья и условия жизни населения. Нормативы не могут быть установлены произвольно, они разрабатываются на основе всестороннего изучения взаимодействия организма человека с различными источниками ионизирующих излучений. Вместе с тем регламентация радиоактивного облучения малыми дозами не исключает вероятности возникновения неблагоприятных изменений в организме человека. В связи с этим следует говорить не об абсолютной безопасности, а о приемлемом риске.

Работы, проводимые предприятиями и организациями на загрязненных радионуклидами территориях лесного фонда, должны осуществляться с соблюдением правил охраны труда и обеспечения радиационной безопасности, и контроль возлагается на руководителей предприятий.

Для исключения облучения работников сверхнормативными дозами на загрязненной территории Правилами [2] вводится ограничение времени работы на ней, которое обеспечивается соблюдением предельно допустимой продолжительности работы (ПДПР), в часах за год. При плотности загрязнения почв цезием-137 до 15 Ки/км^2 в диапазоне мощности дозы (МД) $0,67\text{--}2,85 \text{ мкЗв/ч}$ ПДПР для работающих на открытой территории составит от 1170 до 570 часов, для работающих на технике от 1760 до 850 ч. В течение этого времени среднегодовая эффективная доза внешнего облучения работни-

ков не должна превышать 1 мЗв. В случае достижения установленного предела дозы проводится контроль доз внутреннего облучения работников на счетчиках излучения человека (СИЧ) и анализ ситуации по месту проживания, после чего осуществляется оперативное вмешательство, в частности, работники переводятся на работы, не связанные с воздействием ионизирующих излучений.

Экономическая ситуация требует проведения значительных рубок леса с плотностью загрязнения почв цезием-137 15 Ки/км² и более. В местах, где облучение работников может превысить 5 мЗв/год, создаются специализированные подразделения.

Работники специализированных подразделений на период проведения работ приравниваются к персоналу, подвергающемуся производственному облучению, на которых распространяются требования НРБ-2000 и ОСП-2002.

Охрана труда и радиационная безопасность при проведении рубок леса с плотностью радиоактивного загрязнения 15 Ки/км² и более обеспечиваются:

- соблюдением требований правил по охране труда, санитарных правил, норм радиационной безопасности, правил ведения лесного хозяйства и других нормативных правовых актов Республики Беларусь;

- использованием средств индивидуальной защиты;

- организацией контроля соблюдения требований по охране труда и радиационной безопасности.

Ответственность за организацию радиационного контроля возлагается на администрацию предприятия, а его проведение – на руководителя работ.

При проведении контроля радиационной обстановки следует руководствоваться установленными значениями ПДПР и допустимыми уровнями радиационных факторов.

Предельно допустимая продолжительность работы для персонала специализированных подразделений при мощности дозы от 3,03 до 5,7 мкЗв/ч соответственно составит от 1700 до 890 часов.

Расчет предельно допустимой продолжительности работы (T_d) в зонах с плотностью загрязнения почв цезием-137 15 Ки/км² и более проводится по формуле

$$T_d = E / H - H_0,$$

где E – допустимый предел годовой эффективной дозы внешнего облучения работников, отнесенных к категории персонала за счет радиоактивного загрязнения, (5000 мкЗв/год); H – мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на рабочем месте, мкЗв/ч; H_0 – мощность эквивалентной дозы от природных источников из-

лучения в данной местности до аварии. При неизвестном значении мощности дозы оно принимается равным 0,095 мкЗв/ч.

При выполнении работ в зонах радиоактивного загрязнения необходимо учитывать все виды лучевого воздействия на работающих:

- внешнего облучения всего организма;
- контактного облучения кожных покровов;
- внутреннего облучения за счет поступления радионуклидов через органы дыхания и с продуктами питания.

При осуществлении комплекса защитных мер следует учитывать, что главную дозовую нагрузку от воздействия радиации (по различным оценкам от 70 до 90%) жители загрязненных районов Беларуси получают за счет потребления продуктов питания, произведенных в частном секторе, и даров леса, не прошедших промышленную переработку [3]. Дозы внешнего облучения работников лесного хозяйства в 2–3 раза выше по сравнению с остальным сельским населением, работниками других отраслей экономики республики [2].

Существенная особенность поражений от внутреннего облучения состоит в том, что особую опасность при нем приобретают радиоактивные изотопы тяжелых элементов, испускающие не только бета-, но и альфа-частицы. Обладая высокой относительной биологической эффективностью, эти излучения, несмотря на малую проникающую способность, вызывают тяжелые повреждения эпителия воздухоносных путей и кишечника, в которых они оставляют весь запас своей энергии.

В организме взрослого человека массой 70 кг содержится в среднем: урана-238 – $7 \cdot 10^{-4}$ г, урана-235 – $5 \cdot 10^{-6}$ г, тория-232 – 0,7 г, радия-226 – $2,5 \cdot 10^{-10}$ г, а также в незначительных количествах радиоактивные изотопы углерода-14, полония-210, свинца-210. Они непрерывно поступают в организм и частично выводятся из него, поэтому изменение содержания долгоживущих радионуклидов в продуктах питания, воде и воздухе нарушает уровень установившегося равновесия в организме человека.

Противорадиационные защитные меры на сегодняшний день необходимо интенсифицировать. Комплекс мер, снижающих дозы облучения работающих в лесном секторе экономики, должен реализовываться в следующих направлениях:

- контроль доз облучения работающих;
- ограничение продолжительности работы – установление предельно допустимой продолжительности работы, использование технологических операций, требующих минимальных затрат времени;
- все работы, проводимые на загрязненных радионуклидами территориях, должны быть максимально механизированы и автоматизиро-

ваны, при этом должны использоваться технические средства, обладающие наибольшим экранирующим эффектом;

– все лица, допущенные к постоянной или временной работе на территории, загрязненной радионуклидами, должны пройти курсовое обучение и проверку знаний правил безопасного ведения работ и действующих на предприятии инструкций;

– доставка работающих к месту проведения работ и обратно должна производиться специально оборудованным крытым автотранспортом;

– доставка и хранение питьевой воды и продуктов питания должна производиться в закрытых емкостях;

– все работы, связанные с повышенным пылеобразованием, рекомендуется проводить при влажной погоде или при наличии снежного покрова с использованием индивидуальных средств защиты органов дыхания и специальной защитной одежды.

При проведении работ на загрязненных территориях лесхозов для обеспечения радиационной безопасности работников и оценки эффективности проводимых защитных мероприятий осуществляется контроль доз облучения, который включает:

– измерение мощности дозы (МД) гамма-излучения на рабочих местах;

– индивидуальный учет фактического времени, затраченного, на выполнение работ;

– индивидуальный контроль доз внешнего облучения с использованием дозиметров при работах на загрязненных территориях с уровнями МД более 0,67 мкЗв/ч (70 мкР/ч);

– определение содержания цезия-137 в организме человека с помощью счетчиков излучения человека (СИЧ);

– расчет доз внешнего облучения с учетом значений мощности дозы.

Контроль доз облучения и интерпретация его результатов проводится в соответствии с законодательством Республики Беларусь о правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, нормами радиационной безопасности (НРБ-2000) и основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002).

После аварии жители пострадавших Чернобыльских регионов Беларуси в течение 20 лет постоянно употребляют местные продукты, содержащие долгоживущие радионуклиды, прежде всего цезий-137, выше допустимых уровней. Имеет место хроническое воздействие малых доз радиации на организм человека.

Цезий растворим в воде и очень быстро распространяется в окружающей среде. Он легко всасывается растениями при попадании в почву. Основным путем проникновения цезия в

организм человека является пищевой путь, менее существенны ингаляционный (через органы дыхания) и контактный (через кожу и слизистые оболочки).

Особенностью радиационного воздействия цезия-137 является ярко выраженная неравномерность его накопления в различных жизненно важных органах человека (почки, печень, сердце). Например, при среднем содержании цезия-137 50 Бк/кг на все тело, накопление цезия-137 в почках достигает 3000–4000 Бк/кг, в сердечной мышце – более 1000 Бк/кг. При этом, наряду с ионизирующим действием, проявляется токсическое действие цезия-137 и синергизм действия цезия-137, свинца и нитратов.

При одних и тех же концентрациях радионуклидов внутреннее облучение во много раз более опасно, нежели внешнее облучение. Это, прежде всего, обусловлено тем, что при внутреннем облучении резко увеличивается время облучения тканей организма, поскольку это время определяется временем пребывания радионуклида в организме. Например, наиболее опасные радионуклиды, такие, как радий-226 и плутоний-239, из организма практически не выводятся, и облучение длится всю жизнь. Доза внутреннего облучения резко возрастает из-за контактного облучения, при этом радионуклиды распределяются по тканям организма неравномерно, а избирательно, концентрируются в отдельных органах, еще более усиливая их локальное облучение.

Степень выраженности патологических процессов в жизненно важных органах находится в прямо пропорциональной зависимости от количества накопленного в организме цезия. Чем интенсивнее происходит процесс накопления, тем сильнее повреждаются органы.

Сердечно-сосудистая система наиболее чувствительна к накоплению радиоактивного цезия: прослеживается прямо пропорциональная зависимость между количеством накопленного в организме цезия-137 и частотой нарушений работы сердца. При содержании цезия-137 в организме до 5 Бк/кг нарушения работы сердца установлены у 18%, при 11–26 Бк/кг – у 65%, при накоплении цезия-137 более 74 Бк/кг – у 87% детей [4].

Поражение сосудистой системы под влиянием радиоактивного цезия проявляется в росте числа лиц с тяжелейшим патологическим процессом – повышенным артериальным давлением – гипертонией, формирование которой происходит уже в детском возрасте.

Почки и печень активно накапливают цезий. Причем чем больше радионуклидов накоплено в теле человека, тем большему разрушению подвергаются почки и печень. Значительно страдает от радиации иммунная система человека.

Медицинскими исследованиями доказано, что чем больше радиоактивных веществ содержится в организме человека и чем дольше они там находятся, тем больший вред они наносят человеку.

Из-за экономических трудностей ни государство, ни жители Беларуси не могут обеспечить производство и потребление чистых продуктов питания, поэтому необходима системная работа по осуществлению мер радиационной защиты.

Существенное снижение дозовой нагрузки населения происходит за счет выведения радионуклидов из пищевых продуктов при технологической и кулинарной обработке. Основными дозообразующими продуктами является молоко, грибы и лесные ягоды (дары леса). Соли цезия имеют тенденцию оставаться в водной фазе. Поэтому переработка молока в сливки, масло является эффективным способом снижения содержания радионуклидов в конечных молочных продуктах. Сбор грибов и лесных ягод допускается в случае, если плотность загрязнения территории цезием-137 не превышает 2 Ки/км^2 . Все местные продукты подлежат обязательному радиометрическому контролю на соответствие республиканским допустимым уровням (РДУ-99).

Способностью связывать и выводить из организма токсичные вещества (в т. ч. радионуклиды) обладают некоторые пищевые продукты, в частности пектины. В Беларуси выпускаются пектиновые пищевые добавки «Витапект», «Витапект-2» содержащие витамины и микроэлементы. Добавки эффективно связывают и стимулируют ускоренное выведение радионуклидов и солей тяжелых металлов из организма. Пектинсодержащие пищевые добавки рекомендуются применять взрослым – по 1 чайной ложке 3 раза в день, детям – по 1 чайной ложке 2 раза в день в течение 20–25 дней.

В свете данной проблемы необходимо учитывать, что работники лесного хозяйства подвергаются многофакторному радиационному воздействию (внешнему, внутреннему и контактному облучению), эффект которого может оказаться более значительным, чем при изолированном действии того или иного фактора. Оценка состояния радиационной безопасности должна основываться на характеристике загрязнения окружающей среды и анализе доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения. В этих условиях для оценки ожидаемых медицинских последствий облучения, обоснования защитных мероприятий и оценки их эффективности необходимо в качестве критерия радиационной безопасности работников лесного хозяйства использовать эффективную эквивалентную дозу, отражающую суммарный эффект облучения организма. Таким образом, комплекс защитных мероприятий по охране труда, соблюдение принципов и критериев радиационной безопасности на практике способствуют созданию благоприятных условий труда, увеличению долголетия и работоспособности работников лесохозяйственной отрасли.

Литература

1. Государственная программа Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2001–2005 годы и на период до 2010 года. – Мн., 2001.
2. Правила ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения / Ком. лесн. хоз-ва при Совмине РБ. – Мн., 2002.
3. Нестеренко В. Б. Рекомендации по мерам радиационной защиты населения и их эффективность. – Мн.: Белрад, 2001.
4. Бабенко В. И. Как защитить себя и своего ребенка от радиации. – Мн.: Знамение, 2003.