

УДК 614.8.084:[630+674]

В. В. Перетрухин, доцент (БГТУ); Г. А. Чернушевич, ст. науч. сотрудник (БГТУ)

ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Авария на Чернобыльской АЭС заставила в корне пересмотреть наши взгляды на проблемы безопасности жизнедеятельности работников лесопромышленного комплекса. Сегодня основными дозообразующими элементами, определяющими радиоактивное загрязнение окружающей среды в регионах Беларуси, являются долгоживущие радионуклиды стронция, цезия и плутония. Действие этих источников связано с внешним и внутренним облучением человека.

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.

Введение. Особую остроту в Республике Беларусь в связи с аварийными выбросами на Чернобыльской АЭС приобрела проблема использования лесохозяйственной продукции, заготовленной в зоне радиоактивного загрязнения. Радиоактивное загрязнение лесов резко ограничило использование многих видов лесных ресурсов, оказало негативное влияние на социально-экономическое развитие предприятий лесного комплекса. В результате аварии на ЧАЭС в зоне радиоактивного загрязнения оказалось 1,73 млн. га лесов, или 25% лесных угодий Республики Беларусь, из которых в зоны с уровнем 555 кБк/км² и выше попало 170 тыс. га (около 10% от загрязненных лесов), что заставило пересмотреть многие подходы к лесопользованию на загрязненных территориях. Радиоактивное загрязнение имеется на территории 53 из 88 лесхозов, причем степень загрязнения их территорий не одинакова. После распада короткоживущих радионуклидов и включения основных дозообразователей ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в биологический круговорот веществ радиационная обстановка в лесах изменяется крайне медленно, так как самоочищение происходит только за счет естественного распада, продолжающегося многие десятилетия. В этот период леса прочно удерживают выпавшие радионуклиды, препятствуя выносу их за пределы загрязненных территорий, выполняя тем самым защитную функцию окружающих ландшафтов от вторичного загрязнения. В то же время загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения и работников лесохозяйственной отрасли [1].

Нынешнее состояние окружающей среды, несмотря на время, прошедшее с момента катастрофы на Чернобыльской АЭС, оказывает существенное влияние на здоровье населения, проживающее в экологически неблагоприятных регионах Республики Беларусь. До настоящего

времени, несмотря на процессы физического распада цезия-137 и стронция-90, загрязнение этими радионуклидами древесины и пищевой продукции леса в загрязненных регионах Беларуси за последние годы существенно не уменьшается. Такая ситуация характеризуется рядом факторов: местонахождением радионуклидов преимущественно в прикорневом слое почв, биофизическими и физико-химическими процессами в системе почва – радионуклиды – растения, обуславливающих высокую усвояемость радионуклидов растениями.

Основная часть. Приоритетными задачами по минимизации и преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС является реализация комплекса защитных мероприятий, направленных на снижение дозовых нагрузок на население и совершенствование системы проведения данных мероприятий.

Нельзя полностью отказаться от ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях, поскольку снижается роль лесов в предотвращении миграции радионуклидов на сопредельные территории, ухудшается их состояние из-за болезней и отпада деревьев при отсутствии систематического ухода. Продукция лесного хозяйства, получаемая на загрязненных территориях, также весьма дифференцирована по содержанию радионуклидов.

Опасна и другая крайность – снять все запреты на ведение экономической деятельности и на использование лесной продукции во всех зонах радиоактивного загрязнения, поскольку это может увеличить дозы внешнего и внутреннего облучения населения.

Доза внешнего облучения формируется главным образом за счет воздействия гамма-излучающих радионуклидов, находящихся в объектах окружающей среды.

В отличие от внешнего облучения опасность радионуклидов, попавших внутрь организма

с воздухом, пищей, через кожу обусловлена тем, что их действие продолжается в течение всего промежутка времени, и пока радионуклиды не будут выведены из организма в результате физиологических обменных процессов или естественного радиоактивного распада, они будут увеличивать дозу общего облучения.

В процессе выполнения на кафедре безопасности жизнедеятельности научно-исследовательской работы ГБ 37–06 проведен анализ влияния степени радиоактивного загрязнения продукции в Ветковском и Ельском лесхозах на формирование доз внешнего и внутреннего облучения (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения.

В лесах Беларуси произрастает около 200 типов грибов, из которых 35 хорошо известны и традиционно используются в питании населения, наряду с грибами используются и лесные ягоды. Потребление пищевой продукции в доаварийный период в среднем на одного жителя лесных регионов Беларуси составляло 4 кг/год грибов и столько же ягод. Употребление в пищу грибов и лесных ягод приводит к увеличению дозы внутреннего облучения на 0,3 мЗв/год при плотности загрязнения 185 кБк/м². Очевидно, что при более высоких плотностях загрязнения эта доза будет больше.

При хроническом потреблении загрязненных цезием-137 продуктов питания расчет индивидуальной дозы внутреннего облучения осуществляется по формуле

$$H_{\text{внутр}} = k \sum_i m_i \cdot A_{m_i}, \quad (1)$$

где k – пересчетный коэффициент, равный $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк; m_i – годовое потребление i продукта питания, кг; A_{m_i} – удельная активность i продукта, Бк/кг.

В публикации [2] на основе статистической информации о годовом потреблении основных продуктов питания городскими жителями Республики Беларусь за 2007 год приведены результаты расчетов возможной годовой дозы внутреннего облучения при употреблении данного пищевого рациона, соответствующего республиканским допустимым нормам, которая составит около 1 мЗв/год [3].

Малые дозы ионизирующего излучения вызывают нарушения, подчиняющиеся зависимости «доза – эффект» уже на уровне клетки. Малые дозы «запускают» цепь событий, приводящих к гинетическим повреждениям, создают на клеточных мембранах большое электрическое поле, притягивающее отрицательно заряженные молекулы высокотоксичных свободных радикалов и запускают цепную реакцию химических превращений молекул мембраны клетки, в результате чего они разрушаются.

Таблица 1

Степень радиоактивного загрязнения продукции в различных лесхозах

Наименование лесхоза	Площадь радиоактивного загрязнения, тыс. га	Процент загрязнения территории	Средняя плотность радиоактивного загрязнения почвы, Ки/км ²	Средняя эквивалентная доза, мЗв/год	Наименование продукции	Превышение допустимых уровней, %	Максимальное значение удельной активности, Бк/кг	$A_{уд}/A_{РДУ}$, в кол-во раз
Ветковский	95,2	96,7	16,8	0,88	Лесоматериалы круглые прочие	3,4	2370	1,6
					Топливо древесное	22,0	2521	3,4
					Мясо диких животных	62,5	6570	13,1
					Грибы свежие	78,8	40260	108,8
					Грибы сушеные	100,0	2500	1,0
					Ягода черника	85,7	2762	14,9
					Дикорастущая ягода	29,2	411	2,2
Сок березовый	33,3	701	1,9					
Ельский	84,9	98,6	5,50	0,69	Лесоматериалы круглые прочие	9,8	2296	1,6
					Топливо древесное	5,3	2274	3,1
					Мясо диких животных	88,9	5688	11,4
					Грибы свежие	100,0	11210	30,3
					Грибы сушеные	100,0	6008	2,4
					Ягода черника	100,0	1015	5,5
					Дикорастущая ягода	57,1	747	4,0

Ионизирующие излучения при воздействии на организм человека могут вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты наблюдаются при дозах более 1 Грей и стохастические беспороговые эффекты – при малых дозах. Вероятность возникновения стохастических, беспороговых эффектов пропорциональна дозе облучения.

Кроме продуктов пищевого рациона жители лесных регионов Беларуси употребляют грибы, ягоды лесные, мясо диких животных, рыбу местного улова в гораздо большем объеме, чем городские жители. Поэтому они получают дополнительную дозу радиации (табл. 2).

Повышенная опасность радионуклидов, попавших внутрь организма, и дозы внутреннего облучения обусловлены несколькими причинами.

Одна из них – повышенные дозы облучения органов и тканей обусловлены избирательным концентрированием в них радионуклидов и созданием «контактного облучения» критического органа. Образующиеся при распаде радионуклидов химические элементы не характерны для жизнедеятельности клетки и являются клеточными ядами. Клеточными ядами становятся Ва при распаде Cs-137, Zr при распаде Sr-90, Хе при распаде I-131. Под их влиянием происходит разрыв химических связей и перестройка молекул организма человека.

Вторая причина – значительная продолжительность облучения до момента выведения радионуклида из органа в результате обменных

процессов или уменьшения активности вследствие естественного радиоактивного распада.

Мощность эквивалентной дозы в критическом органе человека определяют по соотношению:

$$H = A f E_{\text{эф}} 1,6 \cdot 10^{-13} / m, \quad (2)$$

где A – равновесная активность нуклида во всем теле, Бк; f – доля нуклида в критическом органе относительно общего содержания во всем теле; $E_{\text{эф}}$ – эффективная энергия излучения, МэВ/распад; $1,6 \cdot 10^{-13}$ – энергетический эквивалент 1 МэВ, Дж/МэВ; m – масса органа, кг.

Ионизирующее излучение вызывает в организме обратимые и необратимые изменения. Пусковым механизмом воздействия являются процессы ионизации и возбуждения атомов и молекул в тканях. Любые столь угодно малые дозы дополнительного радиационного воздействия увеличивают риск развития различных заболеваний у работников.

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 иммунная система ослаблена, атипичные клетки не уничтожаются и после продолжительного периода времени, называемого латентным периодом, может развиваться злокачественное образование, при котором размножение измененных клеток становится не контролируемым. Клетки в таком состоянии обычно группируются и приводят к возникновению злокачественной опухоли.

Таблица 2

Возможная дополнительная дозовая нагрузка при употреблении населением пищевой продукции леса

Наименование лесхоза	Средняя эквивалентная доза, мЗв/год	Наименование продукции	Годовое потребление, кг или л	Максимальное значение удельной активности, Бк/кг	Годовая доза, мЗв/год	Суммарная годовая доза по лесхозу, мЗв/год
Ветковский	0,88	Мясо диких животных	4,0	6 570	0,342	2,767
		Грибы свежие	4,0	40 260	2,094	
		Грибы сушеные	4,0	2 500	0,130	
		Ягода черника	4,0	2 762	0,144	
		Дикорастущая ягода	4,0	411	0,021	
		Сок березовый	4,0	701	0,036	
Ельский		Мясо диких животных	4,0	5 688	0,296	1,283
		Грибы свежие	4,0	11 210	0,583	
		Грибы сушеные	4,0	6 008	0,312	
		Ягода черника	4,0	1 015	0,053	
		Дикорастущая ягода	4,0	747	0,039	

На загрязненных радионуклидами территориях лесного фонда организована особая система ведения лесохозяйственной деятельности, обеспечивающая безопасные условия труда и получение нормативно-чистой продукции [4].

В решении проблемы защиты работников лесопромышленного комплекса от воздействия ионизирующих излучений важное место отводится строгому соблюдению основных принципов и норм радиационной безопасности: не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения; исключение всякого необоснованного облучения; поддержание на возможно низком уровне индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц.

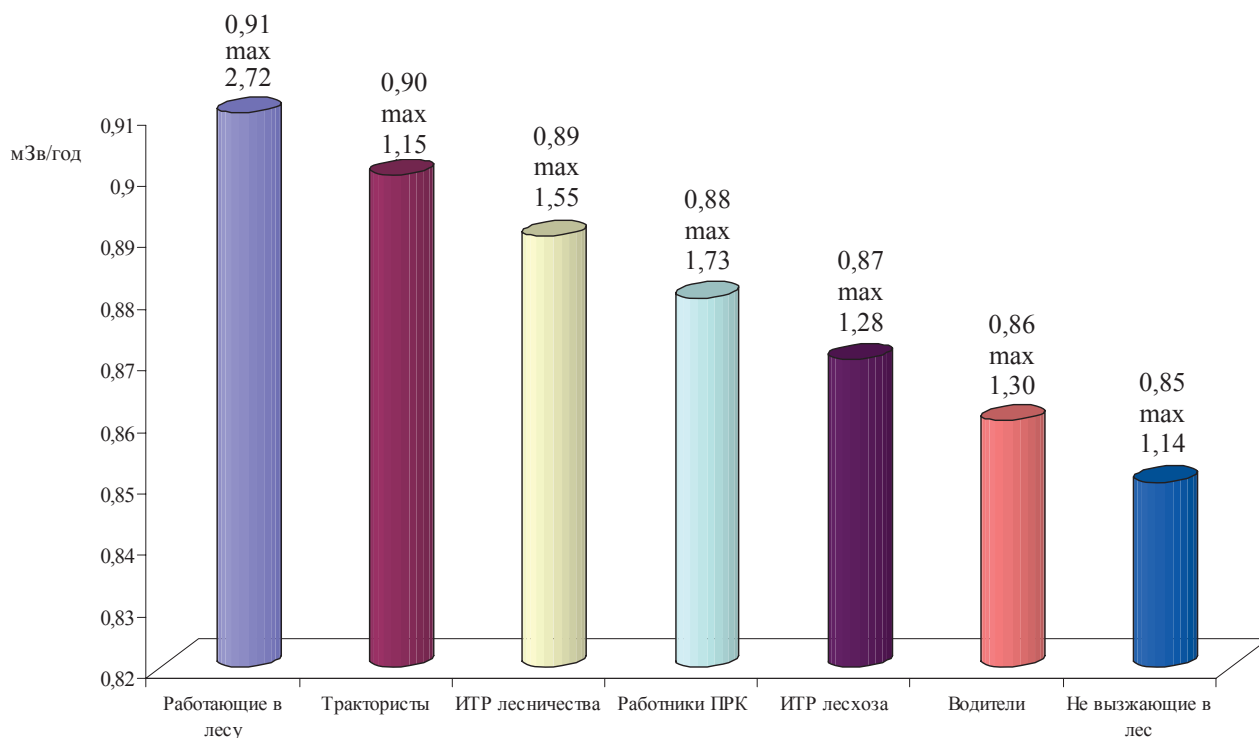
Для оценки доз внешнего облучения, воздействующих на работников, проведен анализ результатов индивидуального дозиметрического контроля в Ветковском и Ельском лесхозах по категориям профессий (рисунок):

- работающие в лесу – лесник, егерь, лесоруб, вальщик леса, обрубщик сучьев и т. д.;
- ИТР лесничеств – лесничий, помощник лесничего, мастер леса;
- ИТР лесхоза – директор, главный лесничий, инженер по охране леса, лесовосстановлению, лесным культурам и т. д.;
- работники ПРК – инженер-радиолог, техник-радиолог, водитель-дозиметрист;
- не выезжающие в лес – служащие и обслуживающий персонал (бухгалтер, сторож и т. д.) по роду работы не связанные с выездами в лес.

Анализ доз внешнего облучения по категориям профессий, представленный на рисунке, показывает, что наибольшие дозы облучения получают работающие непосредственно в лесу – лесники, лесорубы, вальщики леса, обрубщики сучьев, трактористы и т. д. и часто там бывающие – ИТР лесничеств.

Из всех категорий работников лесхозов, по данным дозиметрического контроля, наиболее высокие дозы облучения выявлены у лесников, рабочий день которых проходит в загрязненном лесу. Таким образом, загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения. Проживая на территории с одинаковой степенью загрязнения, работники лесного хозяйства получают превышающую в несколько раз полученную остальными жителями Беларуси дозу.

Для исключения облучения работников лесхозов сверхнормативными дозами на загрязненной территории правилами [3] 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 555 кБк/м^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 ч, для работающих на технике от 1760 до 850 ч. В течение этого времени среднегодовая эффективная доза внешнего облучения работников не должна превышать 1 мЗв .



Средняя и максимальная годовая эквивалентная доза по категориям профессий

Экономическая ситуация требует проведения значительных рубок леса с плотностью загрязнения почв цезием-137 555 кБк/м^2 и более, где облучение работников может превысить 5 мЗв/год , создаются специализированные подразделения.

Работники специализированных подразделений лесхозов на период проведения работ приравниваются к персоналу, подвергающемуся производственному облучению, на которых распространяются требования норм радиационной безопасности (НРБ-2000) и основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002).

Охрана труда и радиационная безопасность при проведении рубок леса с плотностью радиоактивного загрязнения 555 кБк/м^2 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.

Предельно допустимая продолжительность работы для персонала специализированных подразделений лесхозов при мощности дозы от $3,03$ до $5,7 \text{ мкЗв/ч}$ соответственно составит от 1700 до 890 ч.

Расчет предельно допустимой продолжительности работы (T_d) в зонах с плотностью загрязнения почв цезием-137 555 кБк/м^2 и более проводится по формуле

$$T_d = E / H - H_0, \quad (3)$$

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 излучения в данной местности до аварии. При неизвестном значении мощности дозы принимается равной $0,095 \text{ мкЗв/ч}$.

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.

Комплекс мер в лесном секторе экономики, снижающие дозы облучения работающих, реализуется 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;

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

- 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 одежды.

Для минимизации последствий ядерной аварии лесная отрасль экономики Беларуси проводит комплекс защитных мероприятий, который направлен на обеспечение безопасности жизнедеятельности людей в процессе хозяйственной деятельности. При проведении работ на загрязненных территориях лесхозов для обеспечения радиационной безопасности 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 $0,67 \text{ мкЗв/ч}$ (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.

Заключение. Основной стратегии радиационной реабилитации территорий, подвергшихся радиационному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, является снижение доз облучения до величин, обеспечивающих достижение приемлемого обществом уровня радиационного риска. В качестве дозовых критериев используется величина годовой дозы и прогнозируемая доза за жизнь. Исходя из этого, основными задачами

радиационной защиты населения на современном этапе развития поставарийной ситуации является осуществление комплекса оптимизированных мер, направленных на снижение индивидуальных и коллективных доз облучения.

Литература

1. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В. А. Ипатьев [и др.]; под ред. В. А. Ипатьева. – Гомель: ИЛ НАН, 1999. – 454 с.

2. Перетрухин, В. В. Оптимизация питания населения, проживающего в условиях повышенного риска / В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 268–273.

3. Статистический ежегодник Республики Беларусь / М-во статистики и анализа. – Минск: Главный вычислит. центр, 2008. – 760 с.

4. Правила ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения / Ком. лесного хоз-ва при Совмине Респ. Беларусь. – Минск, 2002.

Поступила 01.04.2010