

# ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

---

УДК 621.039.553–027.45

**Н. О. Азовская, В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич**  
Белорусский государственный технологический университет

## **РИСКИ ОБЛУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ РЕСУРСОВ**

Исследования последствий воздействия ионизирующих излучений на здоровье людей показывают, что даже небольшие дозы излучения повышают риски появления врожденных дефектов и генетических болезней у населения и, как правило, приводят к развитию острой лучевой болезни. Отрицательное воздействие ионизирующих излучений на организм человека определяется главным образом величиной дозы, поглощенной конкретным органом, и возникшими вследствие этого нарушениями его функционирования.

Поглощенная доза от внешнего облучения и радионуклидов, абсорбированных при дыхании, инкорпорированных с пищей, зависит от интенсивности, времени воздействия ионизирующего излучения, вида и энергии излучения, периода полураспада, физико-химических свойств радионуклидов, распределения по органам и тканям человека и скорости выведения из организма. Стратегия реабилитации загрязненных радионуклидами территорий заключается в снижении доз облучения до величин, обеспечивающих достижение приемлемого уровня радиационного риска.

Безопасные условия труда в лесном комплексе Беларуси обеспечиваются проведением радиационного мониторинга работающих и потребителей продукции. Отсюда основной задачей радиационной безопасности населения является осуществление комплекса защитных мероприятий, направленных на исключение всякого необоснованного облучения и снижение индивидуальных и коллективных доз облучения.

**Ключевые слова:** риски облучения, ионизирующее излучение, лесные ресурсы, поглощенная доза, радиоактивное загрязнение, радиационный контроль

**N. O. Azovskaya, V. V. Peretrukhin, G. A. Chernushevich**  
Belarusian State Technological University

## **RADIATION RISKS OF WORKERS IN THE FOREST COMPLEXES OF BELARUS WHEN USING RADIOACTIVELY POLLUTED RESOURCES**

Studies of the effects of ionizing radiation on human health show that even small doses of radiation increase the risk of birth defects and genetic diseases in the population and, as a rule, leads to the development of acute radiation sickness. The negative impact of ionizing radiation on the human body is mainly determined by the amount of dose absorbed by a particular organ, and the resulting violations of its functioning.

The absorbed dose from external irradiation and radionuclides absorbed during respiration, incorporated with food, depends on the intensity, time of exposure to ionizing radiation, type and energy of radiation, half-life, physical and chemical properties of radio nuclides, the distribution of human organs and tissues and the rate of excretion from the body. The strategy for the rehabilitation of radionuclide-contaminated areas is to reduce radiation doses to levels that achieve an acceptable level of radiation risk. Safe working conditions in the forest complex of Belarus are provided by radiation monitoring of workers and consumers of products. Hence, the main task of radiation safety of the population is the implementation of a set of protective measures aimed at eliminating any unjustified exposure and reducing individual and collective radiation doses.

**Key words:** radiation risks, ionizing radiation, forest resources, absorbed dose, radioactive contamination, radiation control.

**Введение.** Проблема радиоактивного загрязнения лесных экосистем и использования лесохозяйственной продукции, заготовленной

в загрязненных лесах, актуальна и по истечении 33 лет после аварийных выбросов на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

Исследования последствий воздействия ионизирующих излучений на здоровье людей, выполненные до чернобыльской аварии, показывают, что радиация является самым мощным канцерогенным фактором по уровню воздействия на людей. Более того, даже небольшие дозы ионизирующей радиации повышают риски появления врожденных дефектов и генетических болезней [1].

Данные о связи между повреждениями в генетическом аппарате и целым рядом тяжелых болезней позволяют сделать вывод, что не существует безопасной дозы облучения и что при любой, даже самой малой дозе облучения риск возникновения целого ряда заболеваний пропорционален дозе облучения. При низких дозах облучения риск ракового заболевания на единицу поглощенной дозы выше, чем при средних и высоких дозах.

Под влиянием ионизирующих излучений в организме происходят торможение функций кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, расстройство деятельности желудочно-кишечного тракта, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям, увеличение числа лейкоцитов (лейкоцитоз), раннее старение [2].

В настоящее время наибольшая часть (70%) территорий радиоактивного загрязнения лесного фонда отнесена к зоне с периодическим радиационным контролем с плотностью загрязнения почв цезием-137 от 37 до 185 кБк/м<sup>2</sup>. Результаты прогноза показывают, что радиоактивное загрязнение древесного сырья, ограничивающее ее использование, следует ожидать до 2046 г. на территориях с плотностью радиоактивного загрязнения земель лесного фонда более 150 кБк/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Таблица 1  
Загрязнение территории лесного фонда цезием-137 по ПЛХО

Наименование ПЛХО	Общая площадь лесного фонда, тыс. га	Площадь загрязнения цезием-137, тыс. га	
		на 01.01.2019	прогноз на 2046 г.
Брестское	1282,8	72,5	26,0
Витебское	1634,3	0,1	0
Гомельское	1818,2	774,9	512,8
Гродненское	909,6	17,5	1,6
Минское	1492,4	28,4	8,43
Могилевское	1212,8	385,8	259,5
Итого	8349,8	1279,2	808,3

Загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения и работников леса [3]. 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 естественного физического распада цезия-137 и стронция-90, загрязнение этими радионуклидами древесины и пищевой продукции леса в пострадавших от аварии регионах Беларуси уменьшается крайне медленно, за 33 года после аварии площадь загрязнения лесов сократилась с 1,73 до примерно 1,27 млн. га. Такая ситуация обуславливается 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.** На загрязненных радионуклидами территориях лесного фонда в соответствии с «Правилами ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на ЧАЭС» организована особая система ведения лесного хозяйства, 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 чистые территории [4].

В свете данной проблемы необходимо учитывать, что работники лесного комплекса Беларуси подвергаются многофакторному радиационному воздействию (внешнему, внутреннему и контактному облучению), эффект которого может оказаться более значительным, чем при изолированном действии того или иного фактора.

При воздействии ионизирующих излучений на организм человека в тканях происходят сложные физические, химические и биологические процессы. Изменения, возникающие в организме под действием ионизирующего излучения, называются радиационными эффектами. Ионизирующие излучения при воздействии на организм человека могут вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты и стохастические беспороговые эффекты [5].

Детерминированные (предопределенные) пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог, катаракта, бесплодие, аномалии в развитии плода) наблюдаются при дозах более 1 Грей.

Возникают непосредственно после воздействия ионизирующих излучений на организм (в течение нескольких часов, дней) или через более продолжительный период времени, в зависимости от полученной дозы. При превышении порогового уровня дозы связь между облучением и возникшим заболеванием однозначна. При дальнейшем увеличении дозы возрастает тяжесть поражения. Чем больше величина дозы, тем больше нарушений возникает в организме человека и тем тяжелее протекает заболевание.

Стохастические (спонтанные, возникающие случайно при дозах менее 1 Грей) беспороговые эффекты возникают в том случае, когда облученная клетка не гибнет, а изменяется. Измененная клетка в результате последующих делений приводит к развитию злокачественной опухоли, лейкозу и наследственным болезням. Возникновение заболевания является случайным событием, которое может реализоваться по истечении продолжительного периода после облучения. Этот период называют скрытым или латентным. После завершения латентного периода человек может заболеть, однако может и не заболеть. Протекание заболевания (его тяжесть) не зависит от величины дозы. Полагают, что стохастические эффекты могут возникать при любых, даже при малых дозах облучения. Вероятность возникновения стохастических радиационных эффектов возрастает пропорционально увеличению дозы. Ионизирующие излучения вызывают в организме обратимые и необратимые изменения. Пусковым механизмом развития болезни являются процессы ионизации и возбуждения атомов и молекул в тканях. Повреждение клеточных структур формируется в результате ионизации атомов, молекул и макромолекул с образованием радикалов. Существенную роль в формировании биологических эффектов играют радиационно-химические изменения, обусловленные продуктами радиолитиза воды. Радикал водорода обладает восстановительными свойствами, а гидроксильные радикалы – сильные окислители. Обладая очень высокой химической активностью за счет наличия неспаренного электрона, свободные радикалы взаимодействуют друг с другом и с растворенными в воде молекулами других веществ, в результате чего возникают перекисные соединения и свободные радикалы других молекул. Возникшие соединения вступают в химические реакции с неповрежденными молекулами белка, ферментов и других элементов биоткани, образуя новые токсические соединения – радиотоксины, что приводит к нарушению биохимических процессов в организме, а при больших дозах – к развитию лучевой болезни.

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 промышленной переработки. Дозы внешнего облучения работников лесного хозяйства в 2–3 раза выше по сравнению с остальным сельским населением, работниками других отраслей экономики республики. 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 научное исследование проблем, связанных с ведением лесного хозяйства в зонах с повышенным радиационным фоном, приобретает большую актуальность.

Учитывая высокую опасность ионизирующих излучений для человека, для решения проблемы защиты работников лесного комплекса от их воздействия 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.

Системная работа по снижению риска облучения работников лесного комплекса и населения, проживающего на загрязненных территориях, обеспечивается комплексом защитных мероприятий.

*Организационно-технические мероприятия* – организация системы радиационного контроля земель лесного фонда, мониторинг радиационной обстановки в лесном фонде, контроль содержания радионуклидов в лесных ресурсах.

Радиационное обследование земель лесного фонда осуществляется в соответствии с ТКП 240-2010 при плотности загрязнения почв цезием-137 более 37 кБк/м<sup>2</sup> [6].

Радиационный мониторинг лесного фонда осуществляется на постоянных пунктах наблюдения (ППН), которые и образуют первичную сеть радиационного мониторинга леса (РМЛ) [7]. Объектами радиационного мониторинга являются лесная подстилка, почва, растения и их части, грибы, ягоды. К контролируемым параметрам относят мощность дозы гамма-излучения, активность цезия в объектах радиационного мониторинга леса. Основные задачи РМЛ – изучение динамики и факторов, влияющих на накопление цезия-137 в контролируемых объектах [8].

Организация и проведение радиационного мониторинга возлагается на специалистов

службы радиационного контроля, прошедших специальную подготовку в области радиационной безопасности [9]. Радиационное обследование лесосек проводится в лесных кварталах с плотностью загрязнения почв цезием-137 более 37 кБк/м<sup>2</sup> [10]. Радиационный контроль на объектах лесного хозяйства, на рабочих местах проводится по ТКП 250-2010 [11].

На деревоперерабатывающих предприятиях, использующих сырье из загрязненных лесхозов, проводится обязательный радиационный контроль, который включает проверку содержания цезия-137 в каждой партии произведенной продукции и оформление радиационного паспорта, подтверждающего безопасность отгружаемой партии [12].

Дозиметрический и радиометрический контроль осуществляется аккредитованной лабораторией при поступлении древесного сырья на склад. Необходимость радиационного контроля обусловлена тем, что складирование больших объемов древесины, содержащей радионуклиды даже в пределах допустимых норм, приводит к локальному повышению радиационного фона, норма которого находится в пределах 0,1–0,2 мкЗв/ч [13]. Для радиационного контроля сырья и готовой продукции используются дозиметры МКС-АТ6130, МКС-АТ1117М, гамма-радиометры РУГ-91М, РКГ-АТ1320А и спектрометры.

*Технологические защитные мероприятия* включают малолюдные технологии, соблюдение сезонности при производстве лесохозяйственных работ, их механизацию, охрану лесов от пожаров [14]. Эти меры требуют дополнительных финансовых затрат, так как работники, привлекаемые к работам в зонах радиоактивного загрязнения, должны пройти обучение по правилам радиационной безопасности, использования средств индивидуальной защиты и личной гигиены, все работающие обеспечиваются средствами индивидуальной защиты и индивидуальными дозиметрами, должны иметь медицинское заключение о допуске по состоянию здоровья к работе.

Использование техники с высоким коэффициентом защиты от гамма-излучения при производстве лесохозяйственных работ, сезонный фактор снижают радиационное воздействие на работающих. Зимой мощность дозы гамма-излучения снижается на 30–40% за счет снежного покрова и промерзания грунта. При снежном покрове не образуется пыль, снижается загрязнение техники и поступление радионуклидов внутрь организма [15].

Использование средств индивидуальной защиты работающими исключает радиационное воздействие через органы дыхания и кожные покровы. Плотность загрязнения радионуклидами

кожи человека и одежды составляет примерно 17% от плотности загрязнения местности.

*Ограничительные мероприятия* включают нормирование содержания радионуклидов в лесных ресурсах, ограничение доступа населения в загрязненные леса, ограничение времени работы в зонах с повышенным радиационным фоном для снижения дозовых нагрузок.

Нормирование содержания радионуклидов в лесных ресурсах осуществляется в соответствии РДУ/ЛХ-2001 [16] и РДУ-99 [17].

Радиоактивное загрязнение создало ряд ограничений на использование древесных ресурсов. Так, допустимые уровни содержания цезия-137 в древесном топливе, используемом в промышленных котельных и мини-ТЭЦ, ограничено 200 Бк/кг [18]. При удельной активности древесного топлива более 200 Бк/кг получают зольные отходы с активностью более 10 кБк/кг, которые требуют захоронения. Поэтому большие объемы древесных ресурсов не могут использоваться на топливо из-за опасности загрязнения окружающей среды высокоактивными зольными отходами.

Для исключения облучения работников лесхозов сверхнормативными дозами на загрязненной территории правилами вводится ограничение времени работы на ней и обеспечивается соблюдение предельно допустимой продолжительности работы (ПДПР) в часах за год. При плотности загрязнения почв цезием-137 до 555 кБк/м<sup>2</sup> в диапазоне мощности дозы (МД) 0,61–1,76 мкЗв/ч ПДПР для работающих на открытой территории составит от 1700 до 600 часов в год. За это время среднегодовая эффективная доза внешнего облучения работников не должна превышать 1 мЗв [19].

Расчет предельно допустимой продолжительности работы ( $T_d$ ) в зонах с мощностью дозы более 1,76 мкЗв/ч проводится по формуле

$$T_d = E / H - H_0, \quad (1)$$

где  $E$  – допустимый предел годовой эффективной дозы внешнего облучения работников, отнесенных к категории персонала, за счет радиоактивного загрязнения (1000 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 оно принимается равным 0,095 мкЗв/ч.

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, обусловлена тем, что происходит их концентрация

в критических органах и тканях, их действие продолжается в течение всего промежутка времени, пока радионуклиды не будут выведены из организма в результате физиологических обменных процессов и естественного радиоактивного распада.

В лесах Беларуси произрастает около 200 видов грибов, из которых 35 хорошо известны и традиционно используются в питании населения, наряду с грибами собираются и лесные ягоды.

При хроническом потреблении загрязненных цезием-137 продуктов [20] расчет индивидуальной дозы внутреннего облучения  $H_{вн}$  осуществляется по формуле

$$H_{вн} = k \cdot \sum(m_i \cdot A_{mi}), \quad (2)$$

где  $k$  – пересчетный коэффициент, равный  $1,3 \cdot 10^{-5}$  мЗв/Бк;  $m_i$  – годовое потребление  $i$ -го продукта питания, кг;  $A_{mi}$  – удельная активность  $i$ -го продукта, Бк/кг.

Результаты расчетов возможных доз облучения при среднестатистическом потреблении населением 10 кг грибов в год, собранных на загрязненных территориях, представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты оценки ожидаемых доз за счет потребления грибов**

Поверхностное загрязнение цезием-137, Ки/км <sup>2</sup> (кБк/м <sup>2</sup> )	Доза за счет потребления грибов, мЗв/год
1–5 (37–185)	0,05–0,25
5–15 (185–555)	0,25–0,75
15–45 (555–1480)	0,75–2,00
>40 (>1480)	>2

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что доза внутреннего облучения населения за счет потребления грибов может составить 2 мЗв и более в год.

Нормирование содержания радионуклидов в древесном сырье и пищевой продукции леса дает эффект снижения доз облучения, не требует дополнительных затрат, но ограничитель-

ные мероприятия приводят к экономическим потерям за счет сокращения объемов использования лесных ресурсов [21].

*Информационные мероприятия* включают научные исследования, подготовку и повышение квалификации специалистов лесного хозяйства, постоянное информирование населения через СМИ о радиационной обстановке в лесном фонде и возможности использования лесной продукции.

*Социально-экономические мероприятия* включают охрану труда, производственную санитарную, улучшение качества жизни и медико-санитарное обслуживание работающих.

*Предупредительные защитные мероприятия* включают зонирование территорий вокруг АЭС и других радиационно-опасных объектов.

**Заключение.** Таким образом, при хроническом облучении человека небольшими дозами в течение длительного времени, в том числе и от радионуклидов, попавших внутрь организма, происходят обратимые и необратимые изменения в организме, растянутые во времени. Наносимые организму повреждения частично восстанавливаются. Доза в 0,5 Зв, приводящая при однократном облучении к болезненным ощущениям, при хроническом облучении, растянутом во времени на 10 и более лет, к видимым явлениям не приводит [22].

Комплекс защитных мероприятий по охране труда, соблюдение норм, принципов и критериев радиационной безопасности, контроль за гигиеническим состоянием производственной среды на практике способствует созданию благоприятных условий труда, увеличению долголетия, работоспособности и снижению риска повреждения здоровья работников леса Беларуси.

Использование радиоактивно загрязненной древесины экономически целесообразно при условии, если не происходит загрязнение объектов окружающей среды, обеспечивается получение конкурентной продукции, соответствующей требованиям потребителя и радиационной безопасности.

### Литература

1. Гофман Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений / пер. с англ. Э. И. Волмянского. Минск: Выш. школа, 1994. 574 с.
2. Радиация. Дозы, эффекты, риск: пер. с англ. Москва: Мир, 1988. 79 с.
3. Ипатьев В. А., Багинский В. Ф., Булавик И. М. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации. Гомель: Институт леса, 1999.
4. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на ЧАЭС. Гомель: Ин-т радиологии, 2017. 48 с.
5. Радиационная безопасность после техногенных аварий / И. В. Ролевич [и др.]. Минск: Амалфея, 2013. 632 с.
6. Радиационный контроль. Обследование земель лесного фонда. Порядок проведения: ТКП 240-2010. Введ. 01.06.2010. Минск, 2010. 24 с.
7. Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП 498-2013. Введ. 03.10.2013. Минск, 2013. 28 с.

8. Радиационный мониторинг лесного фонда. Обследование постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП-499-2013. Введ. 03.10.2013. Минск, 2013. 28 с.
9. Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения: ТКП 251-2010. Введ. 28.06.2010. Минск, 2010. 24 с.
10. Радиационный контроль. Обследование лесосек. Порядок проведения: ТКП 239-2010. Введ. 22.02.2010. Минск, 2010. 20 с.
11. Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства, рабочие места. Порядок проведения: ТКП 250-2010. Введ. 28.06.2010. Минск, 2010. 27 с.
12. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А., Босак В. Н. Обеспечение радиационной безопасности работающих при производстве продукции из древесины // Труды БГТУ. 2016. № 2 (184): Лесная и деревообрабатывающая промышленность. С. 233–235.
13. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Дозиметрическое и радиометрическое обеспечение радиационной безопасности на ОАО «Ивацевичдрев» // Труды БГТУ. 2014. № 2 (166): Лесная и деревообрабатывающая промышленность. С. 135–139.
14. Правила пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь: постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, 19 дек. 2016 г., № 70 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://www.pravo.by/upload/dcs/op/W21631562p1486155600.pdf> (дата обращения: 10.02.2019).
15. Радиоактивное загрязнение древесины Чернобыльской зоны / И. В. Турлай [и др.] // Лесной журнал. 2001. № 2. С. 25–29.
16. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей непищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001): ГН 2.6.1.10-1-01-2001. Минск, 2000. 5 с.
17. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН 10-117-99. Минск, 1999. 2 с.
18. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А., Босак В. Н. Радиационный контроль древесного топлива для энергетических установок (на примере ОАО «Ивацевичдрев») // Труды БГТУ. 2015. № 2 (175): Лесная и деревообрабатывающая промышленность. С. 202–205.
19. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиенический норматив. Введ. 01.01.2013. Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2012. 232 с.
20. Азовская Н. О., Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Исследование степени радиоактивного загрязнения пищевой продукции леса и ее вклад в дозовую нагрузку населения // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 2 (210). С. 251–257.
21. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Приоритетные задачи по обеспечению безопасности жизнедеятельности работников лесопромышленного комплекса // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2010. Вып. XVIII. С. 299–304.
22. Сивинцев Ю. В. Насколько опасно облучение? (Радиация и человек). 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИздАТ, 1991. 112 с.

## References

1. Hoffman G. *Chernobyl'skaya avariya: radiatsionnye posledstviya dlya nastoyaschego i buduschikh pokoleniy* [Chernobyl accident: radiation effects for present and future generations]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1994. 574 p.
2. Radiatsiya. *Dozyi, efektyi, risk* [Radiation. Dose, effects, risk]. Moscow, Mir publ., 1988. 79 p.
3. Ipatyev V. A., Baginsky V. F., Bulavik I. M. *Lesnyie ekosistemy posle avarii na Chernobyl'skoy AES: sostoyaniye, prognoz, reaktsiya naseleniya, puti rehabilitatsii* [Forest ecosystems after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: state, forecast, population reaction, ways of rehabilitation]. Gomel, Institut lesa Publ., 1999. 451 p.
4. *Pravila vedeniya lesnogo khozyaystva na territoriyakh, podverghshikhsya radioaktivnomu zagryazneniyu v rezul'tate katastrofy na ChAES* [Rules of conducting forestry in the territories subjected to radioactive contamination as a result of the Chernobyl NPP disaster]. Gomel, Institut radiologii Publ., 2017. 48 p.
5. Rolevich I. V. *Radiatsionnaya bezopasnost' posle tehnogennyikh avariyy* [Radiation safety after man-made accidents]. Minsk, Amalfeya Publ., 2013. 632 p.
6. *TKP 240-2010. Radiatsionnyy kontrol'. Obsledovanie zemel' lesnogo fonda. Poryadok provedeniya* [TKP 240-2010. Radiation control. Survey of forest land. Order of conduct]. Minsk, 2010. 24 p.

7. *TKP 498-2013. Radiatsionnyiy monitoring lesnogo fonda. Zakladka postoyannogo punkta nablyudeniya. Poryadok provedeniya* [TKP 498-2013. Radiation monitoring of the forest fund. Bookmark a permanent observation point. Order docking]. Minsk, 2013. 28 p.

8. *TKP 499-2013. Radiatsionnyiy monitoring lesnogo fonda. Obsledovanie postoyannogo punkta nablyudeniya. Poryadok provedeniya* [TKP 499-2013. Radiation monitoring of the forest fund. Survey of a permanent observation point. Procedure]. Minsk, 2013. 28 p.

9. *TKP 251-2010. Radiatsionnyiy kontrol'. Otbor i podgotovka prob lesnoy produktsii. Poryadok provedeniya* [TKP 251-2010. Radiation control. Sampling and sample preparation of forest products. The order of carrying out]. Minsk, 2010. 24 p.

10. *TKP 239-2010. Radiatsionnyiy kontrol'. Obsledovanie lesosek. Poryadok provedeniya* [TKP 239-2010. Radiation control. Inspection of cutting areas. The order of carrying out]. Minsk, 2010. 20 p.

11. *TKP 250-2010. Radiatsionnyiy kontrol'. Ob'ekty lesnogo khozyaystva, rabochie mesta. Poryadok provedeniya* [TKP 250-2010. Radiation control. Forestry facilities, jobs. The order of the conduct]. Minsk, 2010. 27 p.

12. Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A., Bosak V. N. Ensuring the radiation safety of workers in the manufacture of wood products. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 233–235 (In Russian).

13. Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A. Dosimetric and radiometric assurance of radiation safety at Ivatsevichdrev OJSC. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 135–139 (In Russian).

14. *Pravila pozharnoy bezopasnosti v lesakh Respubliki Belarus: postanovlenie Ministerstva lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus, 19 dek. 2016 g., no. 70* [Fire safety regulations in the forests of the Republic of Belarus: Decree of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus, December 19, 2016, no. 70]. Available at: <https://www.pravo.by/upload/dcs/op/W21631562p1486155600.pdf> (accessed: 10.02.2019).

15. Turlay I. V. Radioactive contamination of wood of the Chernobyl zone. *Lesnoy zhurnal* [Forest journal], 2001, no. 2, pp. 25–29 (In Russian).

16. *GN 2.6.1.10-1-01-2001. Respublikanskije dopustimye urovni sodержaniya tseziya-137 v drevesine, produktsii iz drevesiny i drevesnykh materialov i prochey nepischevoy produktsii lesnogo khozyaystva (RDU/LH-2001)* [GN 2.6.1.10-1-01-2001. Republican permissible levels of cesium-137 in wood, wood products and wood materials and other non-food forestry products (RDU / LH-2001)]. Minsk, 2000. 5 p.

17. *GN 10-117-99. Respublikanskije dopustimye urovni sodержaniya radionuklidov tseziya-137 i strontsiya-90 v pischevykh produktakh i pit'evoy vode (RDU-99)* [GN 10-117-99. Republican permissible levels of cesium-137 and strontium-90 radionuclides in food and drinking water (RDU-99)]. Minsk, 2000. 2 p.

18. Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A., Bosak V. N. Radiation control of wood fuel for power plants (on the example of Ivatsevichdrev OJSC). *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 202–205 (In Russian).

19. *Kriterii otsenki radiatsionnogo vozdeystviya: gigenicheskiy normative* [Criteria for assessing radiation exposure: hygienic standard]. Minsk, Ministry of health of the Republic of Belarus Publ., 2012. 232 p.

20. Azovskaya N. O., Peretrukhin V. V., Chernushevich, G. A. Study of the degree of radioactive contamination of forest food products and its contribution to the population dose. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], Issue 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, 2018, no. 2 (210), pp. 251–257 (In Russian).

21. Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A. Priority tasks to ensure the safety of the life of workers in the timber industry complex. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], Series II, Forest and Woodworking Industry, 2010, issue XVIII, pp. 299–304 (In Russian).

22. Sivintsev Yu. V. *Naskolko opasno obluchenie? (Radiatsiya i chelovek)* [How dangerous is exposure? (Radiation and man)]. Moscow, IzdAT Publ., 1991. 112 p.

#### Информация об авторах

**Азовская Наталья Олеговна** – кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: azovskaya\_natasha@tut.by

**Перетрухин Виктор Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Viktor@belstu.by

**Чернушевич Григорий Алексеевич** – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск. ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gregory1946@rambler.ru

#### **Information about the authors**

**Azovskaya Natallia Olegovna** – PhD (Agriculture), lecturer, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: azovskaya\_natasha@tut.by

**Peretrukhin Viktor Vasil'evich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Viktor@belstu.by

**Chernushevich Grigoriy Alekseevich** – Senior Lecturer, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gregory@rambler.ru

*Поступила 19.02.2019*