

УДК 355.58:539.16:630

В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич, В. Н. Босак, А. К. Гармаза, И. Т. Ермак
Белорусский государственный технологический университет

СИСТЕМА ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ БЕЛАРУСИ

Проблема радиоактивного загрязнения лесных экосистем и использования лесных ресурсов не потеряла актуальности по истечении 30 лет после аварийных выбросов на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Несмотря на процессы физического распада цезия-137 и стронция-90, загрязнение этими радионуклидами древесины и пищевой продукции леса в пострадавших от аварии регионах Беларуси за последние годы уменьшается крайне медленно. Такая ситуация объясняется рядом факторов: местонахождением радионуклидов преимущественно в прикорневом слое почв, биофизическими и физико-химическими процессами в системе почва – радионуклиды – растения, что обуславливает высокую усвояемость радионуклидов растениями. Загрязненный лесной фонд является источником опасности для населения.

Использование радиоактивно загрязненной древесины экономически целесообразно при условии, что при этом будет обеспечиваться получение конкурентной продукции, соответствующей требованиям потребителя и радиационной безопасности. Основой 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. В контексте данной концепции для целей реабилитации производится оценка доз, формируемых только за счет Чернобыльских выпадений. Создание безопасных условий труда в лесном комплексе Беларуси решается проведением радиационного мониторинга, который направлен на повышение безопасности работающих, также потребителей продукции. На основании этого основными задачами радиационной защиты населения на современном этапе развития поставарийной ситуации является осуществление комплекса защитных мероприятий, направленных на исключение всякого необоснованного облучения, снижение индивидуальных и коллективных доз облучения.

Ключевые слова: лесной фонд, древесина, радиоактивное загрязнение, радиационный контроль, радионуклиды.

V. V. Peretrukhin, G. A. Chernushevich, V. N. Bosak, A. K. Garmaza, I. T. Yermak
Belarusian State Technological University

SYSTEM OF PROTECTIVE MEASURES FOR THE RADIATION SAFETY IN THE FOREST COMPLEX OF BELARUS

The problem of radioactive contamination of forest ecosystems and use of forest resources has not lost its relevance even 30 years after the accident at Chernobyl Nuclear Power Plant in 1986. Despite the processes of physical decay of cesium-137 and strontium-90, contamination of timber and forest food production with these radionuclides in regions affected by the accident in Belarus has been reducing very slowly in recent years. This situation is caused by several factors: location of radionuclides mainly in the basal layer of the soil, biophysical and physico-chemical processes in the soil – radionuclides – plants system, causing high radionuclides digestibility of plants. Contaminated forest fund is a source of danger to population.

The use of radioactively contaminated wood is economically feasible in case of obtaining competitive products corresponding to consumer requirements and radiation safety standards. The basis of radiation rehabilitation strategy for the territories exposed to radiation contamination as a result of the Chernobyl accident is to reduce the radiation doses to values that provide an acceptable level of public radiation risk. Values of an annual dose as well as a target dose for the whole life can be used as the dose criteria. Doses generated only by the Chernobyl fallout are assessed in the context of this concept for rehabilitation. Creation of safe working conditions in the forest complex of Belarus is based on radiation monitoring, which is aimed at improving the safety of workers and consumers.

On this basis, the main tasks of the radiation protection of population at the present stage of development of post-accident situation is the implementation of protective measures aimed at the exclusion of any unwarranted exposure and reduction of both individual and collective exposure doses.

Key words: forest fund, timber, radiation contamination, radiation control, radionuclides.

Введение. Проблема радиоактивного загрязнения лесных экосистем и использования лесохозяйственной продукции, заготовленной в загрязненных лесах, не потеряла актуальности по истечении 30 лет после аварийных выбросов на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Радиоактивное загрязнение лесов резко ограничило использование многих видов лесных ресурсов, оказало негативное влияние на социально-экономическое развитие предприятий лесного комплекса.

В настоящее время площадь лесного фонда республики составляет 9,5 млн га, из них в зонах радиоактивного загрязнения находится 1,66 млн га (17,6% от общей площади) (табл. 1). 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/м². Результаты прогноза показывают, что радиоактивное загрязнение древесного сырья, ограничивающее его использование, следует ожидать и в последующие 30 лет на территориях с плотностью радиоактивного загрязнения земель лесного фонда более 150 кБк/м² (табл. 2).

Поступление радионуклидов в почву происходит из лесной подстилки по мере ее минерализации. Лесная подстилка является биогеохимическим горизонтом, удерживающим радионуклиды [1].

Таблица 1

**Площади лесного фонда Беларуси
с учетом радиоактивного загрязнения
по состоянию на 01.01.2016**

Наименование организации	Общая площадь, тыс. га	Всего загрязнено, тыс. га
Министерство лесного хозяйства	8349,8	1392,2
Управление делами Президента	756,1	60,4
Министерство обороны	89,7	0
Министерство по чрезвычайным ситуациям	216,1	216,1
Национальная академия наук	41,4	0
Исполкомы	15,0	0
Министерство образования	27,5	0
Всего	9495,6	1668,7

Радиоактивное загрязнение имеется на территории 47 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 про-

исходит только за счет естественного распада, продолжающегося многие десятилетия.

Таблица 2

**Загрязнение территории лесного фонда
цезием-137 по ПЛХО**

Наименование ПЛХО	Общая площадь лесного фонда	Площадь загрязнения цезием-137, тыс. га	
		на 01.01.16	прогноз на 2046 г.
Брестское	1282,8	93,4	26,3
Витебское	1634,3	0,1	0
Гомельское	1818,2	826,3	536,4
Гродненское	909,6	29,8	2,2
Минское	1492,4	31,7	8,3
Могилевское	1212,8	411,9	256,1
Итого	8349,8	1392,2	829,3

В этот период леса прочно удерживают выпавшие радионуклиды, препятствуя выносу их за пределы загрязненных территорий. В то же время загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения и работников лесохозяйственного комплекса [2]. Нынешнее состояние окружающей среды, несмотря на время, прошедшее с момента катастрофы на Чернобыльской АЭС, оказывает существенное влияние на здоровье населения, проживающего 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 30 лет площадь загрязнения лесов сократилась с 1,73 до 1,39 млн га. Такая ситуация обуславливается рядом факторов: местонахождением радионуклидов преимущественно в прикорневом слое почв, биофизическими и физико-химическими процессами в системе почва – радионуклиды – растения, что способствует высокой усвояемости радионуклидов растениями.

Основная часть. В результате реализации государственных программ по увеличению доли местных видов сырья в экономике Республики Беларусь ежегодно происходит рост объема использования древесных ресурсов, поэтому экономическая ситуация требует проведения рубок леса и в регионах с повышенным радиационным фоном. Это стало возможным благодаря разработке комплекса защитных мероприятий, обеспечивающих охрану труда.

Защитные мероприятия по обеспечению радиационной безопасности работающих включают шесть групп.

1. *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/м² [3].

Радиационный мониторинг лесного фонда осуществляется на постоянных пунктах наблюдения (ППН), которые и образуют первичную сеть радиационного мониторинга леса (РМЛ) [4]. Объектами радиационного мониторинга являются лесная подстилка, почва, растения и их части, грибы, ягоды. Среди контролируемых параметров выделяют мощность дозы гамма-излучения, активность цезия в объектах радиационного мониторинга леса. Основными задачами РМЛ являются изучение динамики и факторов, влияющих на накопление цезия-137 в контролируемых объектах [5].

Организация и проведение радиационного мониторинга возлагается на специалистов службы радиационного контроля, прошедших специальную подготовку в области радиационной безопасности [6]. Радиационное обследование лесосек проводится в лесных кварталах с плотностью загрязнения почв цезием-137 более 37 кБк/м² [7]. Радиационный контроль на объектах лесохозяйственного назначения и рабочих местах проводится по ТКП 250-2010 [8].

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 [9]. Дозиметрический и радиометрический контроль осуществляется аккредитованной лабораторией при поступлении древесного сырья на склад. 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 [10]. Для радиационного контроля сырья и готовой продукции используются дозиметры МКС-АТ6130, МКС-АТ1117М, гамма-радиометры РУГ-91М, РКГ-АТ1320А и спектрометры.

2. *Технологические защитные мероприятия* включают малолюдные технологии, соблюдение сезонности при производстве лесохозяйственных работ, их механизацию, охрану лесов от пожаров [11]. Эти меры требуют дополнительных финансовых затрат. Это обусловлено тем,

что 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 [12].

Радиационное воздействие на работающих может быть снижено за счет использования техники с высоким коэффициентом защиты от гамма-излучения, а также сезонного фактора. 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 [13]. 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.

3. *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 с РДУ/ЛХ-2000 [14] и РДУ-99 [15].

Радиоактивное загрязнение создало ряд ограничений на использование древесных ресурсов. Так, допустимые уровни содержания цезия-137 в древесном топливе, используемом в промышленных котельных и на мини-ТЭЦ, ограничено 200 Бк/кг [16]. 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, которое обеспечивается соблюдением предельно допустимой продолжительности работы (ПДПР) в часах за год. При плотности загрязнения почв цезием-137 до 555 кБк/м² в диапазоне мощности дозы (МД) 0,61–1,76 мкЗв/ч ПДПР для работающих на открытой территории составит от 1700 до 600 ч/год. В течение этого времени среднегодовая эффек-

тивная доза внешнего облучения работников не должна превышать 1 мЗв [17].

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

$$T_d = \frac{E}{H} - H_0, \quad (1)$$

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 радиоактивного распада.

Потребление пищевой продукции в доаварийный период в среднем на одного жителя лесных регионов Беларуси составляло 4 кг/год грибов и столько же ягод [18]. 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 постоянном употреблении загрязненных цезием-137 продуктов [19] расчет индивидуальной дозы внутреннего облучения осуществляется по формуле

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

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

Нормирование содержания радионуклидов в древесном сырье и пищевой продукции леса дает эффект снижения доз облучения, не требует дополнительных затрат, но ограничительные мероприятия приводят к экономическим потерям за счет сокращения объемов использования лесных ресурсов.

4. *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.

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

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

Закключение. Таким образом, система 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 и работоспособности работников лесного комплекса Беларуси.

Использование радиоактивно загрязненной древесины экономически целесообразно при условии, что при этом будет обеспечиваться получение конкурентной продукции, соответствующей требованиям потребителя и радиационной безопасности.

Литература

1. Перволоцкий А. Н. Распределение ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в лесных биогеоценозах. Гомель: Ин-т радиологии, 2006. 255 с.
2. Ипатьев В. А., Багинский В. Ф., Булавик И. М. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации. Гомель: Ин-т леса, 1999. 454 с.
3. Радиационный контроль. Обследование земель лесного фонда. Порядок проведения: ТКП 240-2010. Введ. 01.06.2010. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2010. 24 с.
4. Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП 498-2013. Введ. 03.10.2013. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2013. 28 с.
5. Радиационный мониторинг лесного фонда. Обследование постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП 499-2013. Введ. 03.10.2013. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2013. 28 с.

6. Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения: ТКП 251-2010. Введ. 28.06.2010. Минск: М-во лесного хозяйства Респ. Беларусь, 2010. 24 с.
7. Радиационный контроль. Обследование лесосек. Порядок проведения: ТКП 239-2010. Введ. 22.02.2010. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2010. 20 с.
8. Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства, рабочие места. Порядок проведения: ТКП 250-2010. Введ. 28.06.2010. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2010. 27 с.
9. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А., Босак В. Н. Обеспечение радиационной безопасности работающих при производстве продукции из древесины // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревооб-аб. пром-сть. С. 233–235.
10. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Дозиметрическое и радиометрическое обеспечение радиационной безопасности на ОАО «Ивацевичдрев» // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревооб-аб. пром-сть. С. 135–139.
11. Правила пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь. Минск, 2016. 24 с.
12. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Минск, 2016. 16 с.
13. Радиоактивное загрязнение древесины Чернобыльской зоны / И. В. Турлай [и др.] // Лесной журнал. 2001. № 2. С. 25–29.
14. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001): ГН 2.6.1.10-1-01-2001. Минск, 2001. 7 с.
15. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН 10-117-99. Минск, 1999. 4 с.
16. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А., Босак В. Н. Радиационный контроль древесного топлива для энергетических установок (на примере ОАО «Ивацевичдрев» // Труды БГТУ. 2015. №2: Лесная и деревооб-аб. пром-сть. С. 202–205.
17. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиенический норматив. Введ. 01.01.2013. Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2012. 232 с.
18. Байрашевская Д. А. Формирование дозы внутреннего облучения населения, употребляющего продукты загрязненных лесных экосистем. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2005. 330 с.
19. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Приоритетные задачи по обеспечению безопасности жизнедеятельности работников лесопромышленного комплекса // Труды БГТУ. 2010. № 2: Лесная и деревооб-аб. пром-сть. С. 299–304.

References

1. Pervolotskiy A. N. *Raspredeleniye ^{137}Cs i ^{90}Sr v lesnykh biogeotsenozakh* [Distribution of ^{137}Cs и ^{90}Sr in forest biogeocenoses]. Gomel, Institut of Radiologii Publ., 2006. 255 p.
2. Ipat'yev V. A., Baginskiy V. F., Bulavik I. M. *Lesnye ekosistemy posle avarii na Chernobyl'skoy AES: sostoyaniye, prognoz, reaktsiya naseleniya, puti reabilitatsii* [Forest ecosystems after the Chernobyl accident: state, forecast, public reaction, ways of rehabilitation]. Gomel, Institut lesa Publ., 1999. 454 p.
3. ТКП 240-2010. Radiation control. Examination of forest lands. Procedure. Minsk, Ministerstvo lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' Publ., 2010. 24 p. (In Russian).
4. ТКП 498-2013 Radiation monitoring of forest fund. Laying of permanent point of observation. Procedure. Minsk, Ministerstvo lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' Publ., 2013. 28 p. (In Russian).
5. ТКП 499-2013. Radiation monitoring of forest fund. Examination of permanent point of observation. Procedure. Minsk, Ministerstvo lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' Publ., 2013. 28 p. (In Russian).
6. ТКП 251-2010. Radiation control. Selection and preparation of samples of forest products. Procedure. Minsk, Ministerstvo lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' Publ., 2010. 24 p. (In Russian).
7. ТКП 239-2010. Radiation control. Examination of logging sites. Procedure. Minsk, Ministerstvo lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' Publ., 2010. 20 p. (In Russian)
8. ТКП 250-2010. Radiation control. Forestry objects, workplaces. Procedure. Minsk, Ministerstvo lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' Publ., 2010. 27 p. (In Russian).
9. Peretruxhin V. V., Chernushevich G. A., Bosak V. N. Radiation safety in the working environment of wood products industry. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 233–235 (In Russian).
10. Peretruxhin V. V., Chernushevich G. A. Dosimetric and radiometric guarantees of radiation safety at public corporation “Ivatsevichdrev”. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 135–139 (In Russian).
11. Fire safety rules in the forests of the Republic of Belarus. Minsk, 2016. 24 p. (In Russian).

12. Forest management rules in the areas affected by radioactive contamination as a result of the Chernobyl accident. Minsk, 2016. 16 p.

13. Turlyay I. V., Chernushevich G. A., Peretruchin V. V., Tereshko V. V. Radioactive contamination of the Chernobyl zone timber. *Lesnoy zhurnal* [Journal of Forestry], 2001, no. 2, pp. 25–29 (In Russian).

14. GN 2.6.1.10-1-01-2001. Republican permissible limits of cesium-137 content in the wood, wood products and wood-based materials and other non-food forest products (RDU/LH-2001). Minsk, Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus' Publ., 2001. 7 p. (In Russian).

15. GN 10-117-99. Republican permissible limits of cesium-137 and strontium-90 radionuclides content in food and drinking water (RDU-99). Minsk, Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus' Publ., 1999. 4 p. (In Russian).

16. Peretruchin V. V., Chernushevich G. A., Bosak V. N. Radiation control of fuelwood to be used at power plants (case of JSC "Ivatsevichdrev"). *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 202–205 (In Russian).

17. Evaluation criteria of radiation exposure: health standard. Minsk, Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus' Publ., 2012. 232 p. (In Russian).

18. Bayrashevskaya D. A. *Formirovaniye dosy vnutrennego oblucheniya naseleniya, upotreblyayushchego produkty zagryaznennykh lesnykh ekosistem* [Formation of internal exposure doses of the population consuming food products of contaminated forest ecosystems]. Minsk, MGEU imeni A. D. Sakharova Publ., 2005. 330 p.

19. Peretruchin V. V., Chernushevich G. A. Priorities to ensure the safety of workers in the timber industry. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2010, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 299–304 (In Russian).

Информация об авторах

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

Босак Виктор Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bosak1@tut.by

Гармаза Андрей Константинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: garmaza@belstu.by

Ермак Иван Тимофеевич – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ite2009@tut.by

Information about the authors

Peretruchin 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: gregory1946@rambler.ru

Bosak Viktor Nikolaevich – DSc (Agriculture), Professor, Head of the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bosak1@tut.by

Garmaza Andrey Konstantinovich – 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: garmaza@belstu.by

Yermak Ivan Timofeevich – PhD (Biology), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ite2009@tut.by

Поступила 10.04.2017