

ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ALL-ENGINEERING QUESTIONS OF TIMBER PROCESSING COMPLEX

УДК 614.876:630*8

Г. А. Чернушевич, Н. О. Азовская, А. В. Домненкова, С. В. Киселев
Белорусский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ «ДАРОВ ЛЕСА» НА ВНУТРЕННЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ

Проведен анализ ряда факторов, влияющих на формирование доз внутреннего облучения населения Беларуси, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях. После аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в 1986 г. радиоактивное загрязнение лесных угодий Республики Беларусь составляло 23, а сейчас снизилось до 16%. В настоящее время в различной степени загрязнены радионуклидами территории 44 лесхозов Беларуси, а по прогнозам, к 2046 г произойдет постепенное снижение степени радиоактивного загрязнения территории республики и площадь загрязнения с плотностью более 37 кБк/м² (1 Ки/км²) будет составлять около 830 тыс. га. Таким образом, в зоне радиоактивного загрязнения лесхозов еще останется большая площадь лесных массивов. В связи с высоким уровнем остаточного радиоактивного загрязнения значительных территорий Республики Беларусь после аварии на ЧАЭС долгосрочный прогноз радиоактивного загрязнения лесных пищевых продуктов, вносящих вклад в дозу внутреннего облучения населения, проживающего на этих территориях, является актуальной задачей.

На землях лесного фонда Беларуси биологические ресурсы ягод и плодов составляют около 50 тыс. т, среди них наиболее хозяйственно значимыми являются ягодные растения: черника, клюква, голубика, брусника. Потребление лесных ягод на одного жителя Беларуси составляет в среднем 3–10 кг ягод в год, что приводит к увеличению дозы внутреннего облучения на 0,3–0,6 мЗв/год при плотности загрязнения 185 кБк/м². По данным исследований пищевые продукты леса, составляющие всего несколько процентов от массы ежедневного рациона сельских жителей Белорусского Полесья, определяют поступление в их организм до 50% общей активности цезия-137, содержащейся в рационе питания.

Ключевые слова: ягоды, радионуклиды, цезий-137, радиометр-дозиметр, удельная активность.

Для цитирования: Чернушевич Г. А., Азовская Н. О., Домненкова А. В., Киселев С. В. Анализ влияния радиоактивного загрязнения «даров леса» на внутреннее облучение населения // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 298–305.

G. A. Chernushevich, N. O. Azovskaya, A. V. Domnenkova, S. V. Kiselev
Belarusian State Technological University

IMPACT ANALYSIS OF THE RADIOACTIVE CONTAMINATION OF NON-TIMBER FOREST RESOURCES ON THE INTERNAL RADIATION OF LOCAL PEOPLE

The paper gives the review of some factors influencing the radiation exposure dose of Belarusian people dwelling in the radioactively contaminated areas. Today, the proportion of Belarusian forest areas contaminated by the Chernobyl nuclear disaster has reduced from 23% to 16%, with 44 forestry enterprises being located in affected areas. It has been estimated that the radioactive contamination level will further decrease by 2046; the areas with more than 37 kBq/m² (1Ci/km²) will amount to approximately 830 thousand ha. Thus, the larger proportion of national forests will still be within radioactive contamination zone. The level of the remaining radioactive contamination is still high and considerable areas of

the Republic of Belarus are still contaminated. Therefore, a long-range estimation of the contamination of non-timber forest resources (food products) is a pressing issue as this has an immediate impact on the internal radiation of local people.

Biological resources of fruits and berries in Belarusian forests amount to 50 thousand t. The most commercially valuable berries are blueberries, cranberries, bog whortleberries, red bilberries. The average annual per capita consumption of berries ranges from 3 to 10 kg, which increases the internal radiation exposure dose by 0.3-0.6 m³/year, the contamination density being 185 kBq/m². Studies show that food products of forest make only a minor proportion of the daily diet of rural population of Belarusian Polesye, so about 50% of the cesium-137 total activity enters the human body.

Key words: berries, radionuclides, cesium-137, radiometer-dosimeter, specific activity.

For citation: Chernushevich G. A., Azovskaya N. O., Domnenkova A. V., Kiselev S. V. Impact analysis of the radioactive contamination of non-timber forest resources on the internal radiation of local people. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable resources*, 2021, no. 2 (246), pp. 298–305 (In Russian).

Введение. Авария на Чернобыльской АЭС заставила в корне пересмотреть взгляды на проблемы радиационной безопасности населения. Авария привела к увеличению числа людей, вовлеченных в сферу воздействия радиационных факторов на организм человека и условия его жизни [1].

После аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. радиоактивное загрязнение лесных угодий Республики Беларусь составляло 23, а сейчас снизилось до 16%. В настоящее время в различной степени загрязнены территории 44 лесхозов (206 лесничеств). После распада короткоживущих радионуклидов и включения основных долгоживущих дозообразователей ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в биологический круговорот веществ радиационная обстановка в лесах изменяется медленно, т. к. самоочищение происходит только за счет радиоактивного распада, продолжающегося многие десятилетия [2–4]. Леса прочно удерживают выпавшие радионуклиды, препятствуют выносу их за пределы территорий. В то же время загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения.

Загрязнение территории лесного фонда Республики Беларусь представлено в табл. 1.

Таблица 1
Загрязнение территории лесного фонда ¹³⁷Cs

Наименование ПЛХО	Площадь загрязнения цезием-137, тыс. га		
	на 01.01.2016	на 01.01.2021	прогноз на 2046 г.
Брестское	93,4	77,3	26,3
Витебское	0,1	0,1	0,0
Гомельское	826,3	766,0	536,4
Гродненское	29,8	14,6	2,2
Минское	31,7	28,3	8,3
Могилевское	411,9	376,1	256,1
<i>Итого</i>	1392,2	1262,4	829,3

Основными целями исследований, приведенных в статье, является анализ факторов, влияющих на формирование доз внутреннего облучения населения Беларуси, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях.

В настоящее время основной вклад в дозу внутреннего облучения вносят лесные пищевые продукты, главным образом ягоды.

В качестве объектов исследований взяты образцы ягод черники, собранных в Гомельской, Могилевской, Гродненской областях и в Минском районе.

Основная часть. Для рационального использования природных ресурсов 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 чистые территории [1]. Это стало возможным благодаря разработке комплекса защитных мероприятий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности населения, которое состоит из шести групп.

Первая группа включает *организационно-технические* мероприятия. Это 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 при плотности загрязнения почв цезием-137 более 37 кБк/м² в соответствии с ТКП 240-2010 [5].

Радиационный мониторинг лесного фонда осуществляется на постоянных пунктах наблюдения, которые и образуют первичную сеть радиационного мониторинга леса (РМЛ) [6].

Объектами радиационного мониторинга являются лесная подстилка, почва, растения и их части, грибы, ягоды. Контролируемыми параметрами являются 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.

Организация и проведение радиационного мониторинга возлагается на специалистов службы радиационного контроля, прошедших специальную подготовку в области радиационной безопасности [1]. Радиационное обследование лесосек проводится в лесных кварталах с плотностью загрязнения почв цезием-137 более 37 кБк/м². Радиационный контроль на объектах лесохозяйственного назначения, рабочих местах проводится по ТКП 250-2010 [7].

Вторая группа включает *технологические защитные мероприятия*. Сюда относят малолюдные технологии, соблюдение сезонности при производстве лесохозяйственных работ, их механизация, охрана лесов от пожаров. Эти меры требуют дополнительных финансовых затрат. Обусловлено это тем, что работники, привлекаемые к работам в зонах радиоактивного загрязнения, должны пройти обучение 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 [1, 7–9].

Третья группа включает *ограничительные мероприятия*, т. е. 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-2001 [10] и РДУ-99 [11].

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.

Четвертая группа содержит *информационные мероприятия* и включает 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.

Пятую группу представляют *социально-экономические мероприятия*, которые включают охрану труда, производственную санитарную, улучшение качества жизни и медико-санитарное обслуживание работающих.

В шестую группу входят *предупредительные защитные мероприятия*, включающие зонирование территорий вокруг атомных электростанций (АЭС) и других радиационно-опасных объектов [12].

В связи с высоким уровнем остаточного радиоактивного загрязнения значительных территорий Республики Беларусь после аварии на ЧАЭС долгосрочный прогноз радиоактивного загрязнения лесных пищевых продуктов, вносящих вклад в дозу внутреннего облучения населения, проживающего на этих территориях, является актуальной задачей. В лесных экосистемах абсолютными концентраторами ¹³⁷Cs и одним из основных дозообразующих компонентов в трофической цепи являются ягоды (особенно для критических групп населения, в первую очередь жителей загрязненных территорий, работников лесного хозяйства, охотников и членов их семей) [13–15].

Основной вклад в дозу внутреннего облучения в настоящее время вносят лесные пищевые продукты, главным образом ягоды, являющиеся продуктом потребления сельских жителей загрязненных районов [16].

Для долгосрочного прогноза поведения радионуклидов в лесных экосистемах необходимо знать динамику снижения активности лесных почв в зависимости от времени и других факторов, от которых может зависеть активность ягод. Основными параметрами, влияющими на накопление активности ¹³⁷Cs из почвы в ягодах, являются:

– плотность поверхностного загрязнения почвы;

– физико-химические свойства почвы (содержание обменного калия, рН, концентрация обменного калия (K₂O), концентрация органического вещества (С), сумма обменных оснований (S), емкость катионного обмена (ЕКО), содержание физической глины и увлажненности почвы);

– разновидность ягод [17, 18].

Поскольку ягоды в значительной степени определяют дозу внутреннего облучения человека и служат индикаторами биологической доступности ¹³⁷Cs, требуется уточнение параметров, характеризующих темп изменения аккумуляции ¹³⁷Cs в зависимости от времени, прошедшего с момента аварии на ЧАЭС. Такая

модель поможет предсказать ожидаемые средние уровни загрязнения ягод, диапазон наиболее вероятных значений для отдельных видов ягод, выделить территории, на которых уровни загрязнения ягод будут находиться в пределах установленных нормативов, дать более точную оценку вклада ягод в индивидуальные и коллективные дозы облучения.

На землях лесного фонда Беларуси биологические ресурсы ягод и плодов составляют до 50 тыс. т.

Наиболее хозяйственно значимыми являются ягодные растения: черника, клюква, голубика, брусника, а из плодовых – рябина обыкновенная.

Наибольшими запасами в целом по республике отмечается черника – 33 тыс. т (66% от биологического запаса всех основных видов) и клюква – 11,2 тыс. т (22,5%), наименьшими – рябина обыкновенная (1,1 тыс. т, или 2,2%) и голубика (1,3 тыс. т, или 2,6%).

Потребление «даров леса» в доаварийный период в среднем на одного жителя лесных регионов Беларуси составляло 4 кг/год ягод и столько же грибов. Употребление их в пищу 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.

По данным исследователей, пищевые продукты леса, составляющие всего несколько процентов от массы ежедневного рациона сельских жителей Белорусского Полесья, определяют поступление в их организм до 50% общей активности цезия-137, содержащейся в рационе питания (табл. 2).

Таблица 2

Уровни потребления пищевой продукции леса населением Беларуси

Пищевая продукция	Потребление г/день	
	Сельские жители, проживающие возле лесов	Городские жители
Лесные ягоды	3–10	<0,2
Грибы	6–55	<0,2

После аварии на Чернобыльской АЭС проблема изучения накопления радионуклидов в ягодах и других пищевых продуктах леса привлекла внимание исследователей. Все они отмечают существенные межвидовые различия в накоплении Cs-137 ягодами. На основе исследований предприняты попытки ранжирования ягод по величине коэффициента перехода радионуклида в их плодовые тела. Однако при этом следует принимать во внимание очень высокую неравномерность удельной активности ¹³⁷Cs

в ягодах, собранных даже на относительно малых площадях.

По способности накапливать цезий-137 ягоды условно можно разделить на три группы [18]:

- сильнонакапливающие: брусника, голубика, клюква, черника;
- средненакапливающие: земляника, рябина;
- слабонакапливающие: ежевика, калина, малина.

Объектом исследования явились образцы ягод черники (32 образца), собранных в 10 районах Гомельской области, 6 районах Могилевской области, Минском районе и Волковыском районе Гродненской области (табл. 3).

Таблица 3

Результаты исследований загрязненности черники радионуклидом цезием-137 по районам

№ образца	Район	A _m Cs-137, Бк/кг	Превышение
Гомельская область			
6	Лельчицкий	140	
7	Лельчицкий	293	в 1,6 раза
8	Лельчицкий	170	
11	Милошевический	124	
15	Норовлянский	510	в 2,8 раза
12	Милошевический	286	в 1,5 раза
4	Мозырьский	60	
5	Мозырьский	112	
16	Ельский	350	в 1,9 раза
17	Гомельский	36	
9	Милошевический	232	в 1,3 раза
10	Милошевический	130	
18	Лоевский	74	
1	Хойникский	480	в 2,6 раза
2	Житковичский	116	
3	Житковичский	56	
13	Светлогорский	60	
14	Светлогорский	118	
Могилевская область			
1	Бельничский	112	
2	Бельничский	92	
5	Чериковский	216	в 1,2 раза
3	Чериковский	457	в 2,5 раза
4	Чериковский	126	
6	Краснопольский	340	в 1,8 раза
7	Краснопольский	84	
10	Быховский	240	в 1,3 раза
11	Быховский	146	
8	Краснопольский	168	
9	Бобруйский	42	
12	Горецкий	88	
Минская область			
1	Минский	157	
Гродненская область			
1	Волковысский	111	

При заготовке и переработке лесных ягод необходимо знать, что:

– приготовление варенья и компота из ягод не изменяют общего содержания цезия-137. Уменьшается только удельное содержание цезия-137 за счет увеличения объема при добавлении сахара и воды;

– при одинаковой плотности загрязнения почв содержание цезия-137 в ягодах больше во влажных условиях произрастания, чем в сухих;

– при одинаковой плотности загрязнения почв содержание цезия-137 в ягодах больше в чисто сосновых лесах, меньше – в смешанных с лиственными древесными породами сосновых лесах. Минимальное содержание цезия-137 в ягодах отмечается в лиственных лесах;

– собранные ягоды перед употреблением необходимо обязательно очистить от прилипших частиц лесной подстилки, мха, почвы и несколько раз промыть в проточной воде.

Заготовка дикорастущих ягод допускается в лесах с плотностью загрязнения почв до 2 Ки/км² с обязательной проверкой их на содержание радионуклидов.

Радиационный контроль ягод проводился дозиметрами МКС-АТ6130, МКС-АТ1117М, гамма-радиометрами РУГ-91М, РКГ-АТ1320А.

Исследования проводились в лаборатории кафедры безопасности жизнедеятельности на гамма-радиометре РКГ-АТ1320А (рис. 1).



Рис. 1. Гамма-радиометр РКГ-АТ1320А:

- 1 – блок детектирования; 2 – блок обработки информации с ЖКИ; 3 – блок защиты; 4 – крышка блока защиты; 5 – ножки с опорами; 6 – измерительный сосуд

В лесхозах, лесничествах установлены специальные стенды, содержащие информацию о радиоактивном загрязнении лесной продукции, действующих нормативах содержания в ней радионуклидов, адресах лабораторий и постов, где можно проверить продукцию. Приводятся также картосхемы радиоактивного загрязнения лесов с указанием уровней загрязнения отдельных лесных участков: неокрашенные лесные кварталы – сбор дикорастущих ягод и грибов проводятся без ограничений; окрашенные в бирюзовый (37–74 кБк/м²) и синий цвета (74–185 кБк/м²) – сбор дикорастущих ягод и грибов разрешен с обязательным радиометрическим контролем; окрашенные в желтый цвет (185–555 кБк/м²) – сбор дикорастущих ягод и грибов, сенокошение и выпас скота запрещены; окрашенные в зеленый (555–1480 кБк/м²) и красный цвет (1480 кБк/м² и более) – посещение лесов запрещено [1].

Уровни допустимого содержания ¹³⁷Cs в дикорастущих ягодах и консервированных продуктах из них не должны превышать 185 Бк/кг.

Черника собиралась в рекомендованной I зоне (37–185 кБк/м²).

Анализ полученных результатов удельной активности показал превышение допустимых значений, установленных РДУ-99 (185 Бк/кг), в 10 образцах (5 районах Гомельской области и 3 районах Могилевской области). Удельный вес проб с превышением допустимых уровней составил 25%.

Исследуемые образцы проб из Минского и Волковысского районов не превысили допустимый уровень радиоактивного загрязнения 185 Бк/кг. Так, в Минском районе удельная активность черники составила 157 Бк/кг, в Волковысском районе – 111 Бк/кг.

Образцы черники с наибольшим превышением допустимых значений удельной активности были собраны в Хойникском районе (480 Бк/кг) – превышение в 2,6 раза и Наровлянском районе (510 Бк/кг) – превышение в 2,8 раза.

Также необходимо отметить, что в пределах одного района (Лельчицкий, Милошевичский, Светлогорский, Чериковский, Краснопольский, Быховский) одни образцы соответствуют допустимым значениям, а в других удельная активность превышает значения РДУ-99. Это говорит о необходимости обязательной проверки собранных «даров леса» на содержание радионуклидов.

Опять же следует уточнить, что данные на одном и том же участке леса могут меняться, т. к. загрязненность зависит от многих факторов (время сбора, состав насаждения и пр.).

Потребление ягод может быть оценено уровнями ожидаемых доз внутреннего облучения. Оценка эффективных доз внутреннего

облучения, обусловленного поступлением радионуклидов с грибами, включает ряд параметров: удельную активность радионуклидов, массу потребленных продуктов, дозовые коэффициенты, связывающие поступление радионуклидов в организм человека и эффективную дозу внутреннего облучения.

При хроническом потреблении загрязненных цезием-137 продуктов питания расчет ожидаемой дозы внутреннего облучения осуществляется по формуле [17]

$$H = k \cdot m \cdot A_s \cdot Q,$$

где k – дозовый коэффициент для пищевого пути поступления цезия-137 в организм человека, равный $1,3 \cdot 10^{-5}$ мЗв/Бк; m – годовое потребление продукта питания, кг/год; A_s – поверхностная активность загрязнения почвы, Бк/м²; Q – коэффициент перехода цезия из почвы в грибы, принят равным 0,01 м²/кг.

При постоянном потреблении загрязненных цезием-137 ягод индивидуальная доза внутреннего облучения может составить 0,3–0,6 мЗв при плотности загрязнения до 185 кБк/м². Очевидно, что при более высоких плотностях загрязнения эта доза будет больше. В соответствии с ГН № 213 «Критерий оценки радиационного воздействия» (2012 г.) [3], индивидуальная предельно допустимая доза от техногенных источников, которую человек может получить за весь период жизни, составляет 70 мЗв, или 1 мЗв/год.

Действие от малых доз облучения может суммироваться или накапливаться. Суммирование доз происходит скрытно. Если в организм человека систематически будут поступать радиоактивные вещества, то со временем это приведет к развитию лучевой болезни.

Результаты расчетов возможных доз облучения при среднестатистическом потреблении населением 10 кг ягод в год, собранных на загрязненных территориях, представлены в табл. 4.

Из данных, приведенных в табл. 4, видно, что доза внутреннего облучения населения за счет потребления ягод может составить 2 мЗв и более в год.

Таблица 4

Результаты оценки ожидаемых доз за счет потребления ягод

Поверхностное загрязнение ¹³⁷ Cs, Ки/км ² (кБк/м ²)	Доза за счет потребления ягод, 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
>40 (>1480)	>2

Цезий во внутренних органах человека распределяется неравномерно.

Уровни накопления цезия-137 в органах при среднем содержании 50 Бк/кг на все тело: почки – 3000–4000 Бк/кг, печень – 2000–3000 Бк/кг, сердце – более 1000 Бк/кг.

Также накапливается в мышечных тканях, лимфоузлах, селезенке, мышцах. Согласно методике, предложенной Минздравом Республики Беларусь, пределу в 1 мЗв/год соответствует удельная активность цезия-137 в теле от 361 до 433 Бк/кг в зависимости от возрастной группы.

Заключение. Основные мероприятия по снижению дозовых нагрузок на человека: строгое соблюдение санитарно-гигиенических условий труда, радиационный контроль сырья и готовой продукции, радиометрический контроль продуктов питания и питьевой воды, использование технологий, снижающих активность пищевой продукции, использование для контроля радиационной нагрузки спектрометров излучения человека, применение энтеросорбентов для выведения радионуклидов из организма.

Проверить продукцию, выращенную (собранную) самостоятельно или купленную на рынках, можно в центрах гигиены и эпидемиологии, в лабораториях радиационного контроля лесхозов, расположенных на загрязненных радионуклидами территориях, которые занимаются измерением содержания радионуклидов в лесной продукции. Также это можно сделать в лабораториях радиационного контроля Белкоопсоюза, размещенных на обслуживаемых рынках, в местных центрах радиационного контроля.

Список литературы

1. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Минск, 2016. 16 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. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиенический норматив. Введ. 01.01.2013. Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2012. 232 с.
4. Переволоцкий А. Н. Распределение ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в лесных биогеоценозах. Гомель: Ин-т радиологии, 2006. 255 с.
5. Радиационный контроль. Обследование земель лесного фонда. Порядок проведения: ТКП 240-2010. Введ. 01.06.2010. Минск, 2010. 24 с.

6. Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП 498-2013. Введ. 03.10.2013. Минск, 2013. 28 с.
7. Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства, рабочие места. Порядок проведения: ТКП 250-2010. Введ. 28.06.2010. Минск, 2010. 27 с.
8. Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения: ТКП 251-2010. Введ. 28.06.2010. Минск, 2010. 24 с.
9. Правила пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь: постановление Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь, 19 декабря 2016 г., № 70 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 04.02.2017, 8/31562.
10. 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, 2001. URL: radbez.bsmu.by (дата обращения: 20.02.2021).
11. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН 10-117-99. Минск, 1999. URL: tra.by/#!/FileText/ (дата обращения: 20.02.2021).
12. 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 хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2018. № 2 (210). С. 251–258.
13. Роль грибов и ягод в формировании дозы внутреннего облучения населения России после Чернобыльской аварии / В. Н. Шутов [и др.] // ЗНиСО. М.: ФЦГСЭН Минздрава России. 1998. № 2. С. 19–23.
14. Динамика радиоактивного загрязнения природных пищевых продуктов после аварии на Чернобыльской АЭС / В. Н. Шутов [и др.] // ЗНиСО. М.: ФЦГСЭН Минздрава России. 2003. № 4. С. 9–12.
15. Роль грибов в формировании дозы внутреннего облучения населения после аварии на ЧАЭС. Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий / М. В. Кадука [и др.] // Труды Междунар. конф., Москва, 5–6 декабря 2005 г. СПб.: Гидрометеоиздат, 2006. Т. 3. С. 230–239.
16. Переволоцкий А. Н., Переволоцкая Т. В. Прогнозная оценка содержания ^{137}Cs в лесных грибах и ягодах в зоне штатных выбросов Белорусской АЭС // Радиация и риск. 2013. Т. 22, № 2. С. 61–66.
17. Байрашевская Д. А. Формирование дозы внутреннего облучения населения, употребляющего продукты загрязненных лесных экосистем. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2005. 330 с.
18. Карбанович Л. Н., Востокова Ж. И., Кунцевич Н. Н. Памятка «Вы собираетесь в лес...». Рекомендации для населения по пользованию лесами на территории Краснопольского лесхоза. Минск, 2012. 32 с.

References

1. *Pravila vedeniya lesnogo khozyaystva na territoriyakh, podvergshikhsya radioaktivnomu zagryazneniyu v rezul'tate katastrofy na Chernobyl'skoy AES* [Forest management rules in the areas affected by radioactive contamination as a result of the Chernobyl accident]. Minsk, 2016. 16 p.
2. Ipatiev V. A., Baginskiy V. F., Bulavik I. M. *Lesnyye ekosistemy posle avarii na Chernobyl'skoy AES: sostoyaniye, prognoz, reaktsiya naseleniya, puti rehabilitatsii* [Forest ecosystems after the Chernobyl accident: state, forecast, public reaction, ways of rehabilitation]. Gomel, Institut lesa Publ., 1999. 454 p.
3. *Kriterii otsenki radiatsionnogo vozdeystviya: gigiyenicheskiy normativ* [Evaluation criteria of radiation exposure: health standard]. Minsk, Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus' Publ., 2012. 232 p.
4. Perevolotskiy A. N. *Raspredeleniye ^{137}Cs i ^{90}Sr v lesnykh biogeotsenozakh* [Distribution of ^{137}Cs and ^{90}Sr in forest biogeocenoses]. Gomel, Institut radiologii Publ., 2006. 255 p.
5. ТКП 240-2010. *Radiatsionnyy kontrol'. Obsledovaniye zemel' lesnogo fonda. Poryadok provedeniya* [Radiation control. Examination of forest lands. Procedure]. Minsk, 2010. 24 p. (In Russian).
6. ТКП 498-2013. *Radiatsionnyy monitoring lesnogo fonda. Zakladka postoyannogo punkta nablyudeniya* [Radiation monitoring of forest fund. Laying of permanent point of observation. Procedure]. Minsk, 2013. 28 p. (In Russian).
7. ТКП 250-2010. *Radiatsionnyy kontrol'. Ob"yekty lesnogo khozyaystva, rabochiye mesta. Poryadok provedeniya* [Radiation control. Forestry objects, workplaces. Procedure]. Minsk, 2010. 27 p. (In Russian).
8. ТКП 251-2010. *Radiatsionnyy kontrol'. Otbor i podgotovka prob lesnoy produktsii. Poryadok provedeniya* [Radiation control. Selection and preparation of samples of forest products. Procedure]. Minsk, 2010. 24 p. (In Russian).
9. *Pravila pozharной bezopasnosti v lesakh Respubliki Belarus'* [Fire safety rules in the forests of the Republic of Belarus]. Minsk, 2016. 24 p. (In Russian).
10. *Respublikanskiye dopustimyye urovni soderzhaniya tseziya-137 v drevesine, produktsii iz drevesiny i drevesnykh materialov i prochey nepishchevoy produktsiyi lesnogo khozyaystva* [Republican permissible limits of cesium-137 content in the wood, wood products and wood-based materials and other non-food

forest products (RDU\ЛH-2001): GN 2.6.1.10-1-01-2001]. Minsk, 2001 (In Russian). Available at: rad-bez.bsmu.by (accessed 20.02.2021).

11. *Respublikanskiye dopustimyye urovni sodержaniya radionuklidov tseziya-137 i strontsiya-90 v pishchevykh produktakh i pit'yevoy vode* [Republican permissible limits of cesium-137 and strontium-90 radionuclides content in food and drinking water (RDU-99): GN 10-117-99]. Minsk, 1999 (In Russian). Available at: tpa.by/#!/FileText/ (accessed 20.02.2021).

12. Azovskaya N. O., Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A. Research of the degree of radioactive pollution of food forest products and its contribution to the load population load. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2 (210), pp. 251–258 (In Russian).

13. Shutov V. N., Bruk G. J., Kaduka M. V. The role of mushrooms and berries in the formation of the internal dose of the population of Russia after the Chernobyl accident. *ZNiSO* [ZNiSO], 1998, no. 2, pp. 19–23 (In Russian).

14. Shutov V. N., Kaduka M. V., Bruk G. J. Dynamics of radioactive contamination of natural food products after the accident at the Chernobyl NPP. *ZNiSO* [ZNiSO], 2003, no. 4, pp. 9–12 (In Russian).

15. Kaduka M. V., Shutov V. N., Bruk G. J. The role of mushrooms in the formation of the internal dose of the population after the Chernobyl accident. Radioactivity after nuclear explosions and accidents. *Trudy Mezhdunar. konf., Moskva, 5–6 dekabrya 2005* [Proceedings of the international conference], Moscow, 5–6 December 2005]. St. Petersburg, 2006, vol. 3, pp. 230–239 (In Russian).

16. Perevolotsky A.N., Perevolotskaya T. V. Predicting assessment of ^{137}Cs in forest mushrooms and berries in the area of the regular fallouts of the Belarusian NPP. *Radiatsiya i risk* [Radiation and risk], 2013, vol. 22, no. 2, pp. 61–66 (In Russian).

17. Bayrashevskaya D. A. *Formirovaniye dozy vnutrennego oblucheniya naseleniya, upotrebyayushchego 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.

18. Karbanovich L. N., Vostokova Zh. I., Kuntsevich N. N. *Pamyatka "Vy sobiraetes' v les..."*. *Rekomendacii dlya naseleniya po pol'zovaniyu lesami na territorii Krasnopol'skogo leskhoza* [Memo "You are going to the forest ...". Recommendations for the population on the use of forests on the territory of the Krasnopol'skii leskhodz]. Minsk, 2012. 32 p. (In Russian).

Информация об авторах

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

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

Доменкова Алеся Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: domnenkova@belstu.by

Киселев Сергей Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kiselev@belstu.by

Information about the authors

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

Azovskaya Natal'ya Olegovna – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: azovskaya_natasha@tut.by

Domnenkova Alesia Vladimirovna – PhD (Agriculture), Assistant Professor, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: domnenkova@belstu.by

Kiselev Sergey Vladimirovich – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kiselev@belstu.by

Поступила 22.03.2021