

УДК 614.876:630\*8

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ РАДИАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСА И ЕЕ ВКЛАД  
В ДОЗОВУЮ НАГРУЗКУ НАСЕЛЕНИЯ**

В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на формирование доз внутреннего облучения населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях. Приоритетными задачами по минимизации и преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС является реализация комплекса защитных мероприятий, направленных на снижение дозовых нагрузок на население и совершенствование системы проведения данных мероприятий. Нельзя полностью отказаться от ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях, поскольку снижается роль лесов в предотвращении миграции радионуклидов на сопредельные территории, ухудшается их состояние из-за болезней и отпада деревьев при отсутствии систематического ухода. Следует отметить, что, согласно прогнозам, к 2046 г. произойдет снижение радиоактивного загрязнения территорий Беларуси, но площадь загрязнения более 37 кБк/м<sup>2</sup> по-прежнему будет обширной – 829,3 тыс. га. В зону радиоактивного загрязнения территории по-прежнему будет попадать большая площадь лесных массивов, следовательно, проблема повышенного содержания <sup>137</sup>Cs в грибах будет актуальна и в 2046 г. В связи с тем, что грибы являются одним из традиционных источников питания, население вплоть до 2046 г. будет получать дополнительную дозу внутреннего облучения от их потребления.

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

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

**RESEARCH OF THE DEGREE OF RADIOACTIVE POLLUTION  
OF FOOD FOREST PRODUCTS AND ITS CONTRIBUTION  
TO THE LOAD POPULATION LOAD**

The article considers the main factors influencing the formation of doses of internal irradiation of the population living in areas contaminated with radionuclides. Priority tasks for minimization and overcoming the consequences of the Chernobyl catastrophe are the implementation of a set of protective measures aimed at reducing the dose loads on the population and improving the system for carrying out these activities. It is impossible to completely abandon forest management on radionuclide contaminated areas, as the role of forests in preventing radionuclides migration to adjacent territories decreases, their condition worsens due to diseases and trees falling apart in the absence of systematic care. It should be noted that, according to the forecasts of radioactive contamination of the territories of the of Belarus in 2046, there will be a decrease in surface contamination levels, but the contamination area of more than 37 kBq/m<sup>2</sup> will still be extensive – 829.3 thousand hectares. In the zone of radioactive contamination of the territory there will still be a large area of forest areas, therefore, the problem of increased <sup>137</sup>Cs in mushrooms will also be relevant in 2046. Due to the fact that fungi are one of the traditional sources of nutrition, the population up to 2046 will receive an additional dose of internal radiation from their consumption.

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

**Введение.** Авария на Чернобыльской АЭС заставила в корне изменить взгляды на проблемы радиационной безопасности населения. Она привела к увеличению числа людей, вовлеченных в сферу воздействия радиационных факторов на организм человека и условия его жизни. В настоящее время в результате катастрофы радиоактивное загрязнение снизилось с 23 (в 1986) до 16% (2017) лесных угодий Беларуси, в различной степени загрязнены 45 лесхозов. После распада короткоживущих радионуклидов и

включения основных долгоживущих дозообразователей <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в биологический круговорот веществ радиационная обстановка в лесах изменяется медленно, так как самоочищение происходит только за счет радиоактивного распада, продолжающегося многие десятилетия [1]. Леса прочно удерживают выпавшие радионуклиды, препятствуют выносу их за пределы территорий. В то же время загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения (табл. 1).

Таблица 1  
Загрязнение территории лесного фонда  $^{137}\text{Cs}$

Наименование ПЛХО	Общая площадь лесного фонда	Площадь загрязнения цезием-137, тыс. га	
		на 01.01. 2016 г.	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
<i>Итого</i>	8349,8	1392,2	829,3

**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 [2]. Это стало возможным благодаря разработке комплекса защитных мероприятий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности населения, который включает шесть групп:

1) *организационно-технические* – 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/м<sup>2</sup> в соответствии с ТКП 240-2010 [3].

Радиационный мониторинг лесного фонда осуществляется на постоянных пунктах наблюдения, которые и образуют первичную сеть радиационного мониторинга леса (РМЛ) [4].

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. Основные задачи РМЛ – изучение динамики и факторов, влияю-

щих 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/м<sup>2</sup> [7]. Радиационный контроль на объектах лесохозяйственного назначения, рабочих местах проводится по ТКП 250-2010 [8];

2) *технологические защитные мероприятия* включают малолюдные технологии, соблюдение сезонности при производстве лесохозяйственных работ, их механизацию, охрану лесов от пожаров [9]. Данные 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, имеют медицинское заключение о допуске по состоянию здоровья к работе [10];

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 РДУ/ЛХ-2001 [11] и РДУ-99 [12].

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.

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  $^{137}\text{Cs}$  и одним из основных дозообразующих компонентов в трофической цепи являются грибы [13–15] (особенно для критических групп населения, таких как жители загрязненных территорий, работники лесного хозяйства, охотники и члены их семей).

В настоящее время основной вклад в дозу внутреннего облучения вносят лесные пищевые продукты, главным образом грибы, являющиеся продуктом потребления сельских жителей загрязненных районов [16–18].

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 грибов. Основными параметрами, влияющими на накопление активности  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в грибы, являются:

- плотность поверхностного загрязнения почвы;
- физико-химические свойства почвы (содержание обменного калия, рН, концентрация обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ), концентрация органического вещества (С), сумма обменных оснований (S), емкость катионного обмена (ЕКО), содержание физической глины и увлажненности почвы);
- видовая специфичность грибов [19].

Поскольку грибы в значительной степени определяют дозу внутреннего облучения человека и служат индикаторами биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$ , требуется уточнение параметров, характеризующих темп изменения аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в зависимости от времени, прошедшего с момента аварии на ЧАЭС. Такая модель поможет предсказать ожидаемые средние уровни загрязнения грибов, диапазон наиболее вероятных значений для отдельных видов грибов, выделить территории, на которых уровни загрязнения грибов будут находиться в пределах установленных нормативов, дать более точную оценку вклада грибов в индивидуальные и коллективные дозы облучения.

В лесах Беларуси произрастает около 200 типов грибов, из которых 35 хорошо известны и традиционно применяются в питании населения, наряду с грибами используются и лесные ягоды. Все исследователи выделяют грибы как самый загрязненный компонент лесного био-

геоценоза, которому свойственно поглощение цезия-137 интенсивнее по сравнению со стабильным цезием и калием.

Потребление «даров леса» в доаварийный период в среднем на одного жителя лесных регионов Беларуси составляло 4 кг/год грибов и столько же ягод. Употребление их в пищу приводит к увеличению дозы внутреннего облучения на 0,3 мЗв/год при плотности загрязнения 185 кБк/м<sup>2</sup>. Очевидно, что при более высоких плотностях загрязнения эта доза будет больше. По данным исследователей [20], 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
Грибы	6–55	<0,2
Лесные ягоды	3–10	<0,2

После аварии на Чернобыльской АЭС проблема изучения накопления радионуклидов в грибах и других пищевых продуктах леса привлекла внимание исследователей. Все исследователи отмечают существенные межвидовые различия в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  грибами. На основе исследований предприняты попытки ранжирования грибов по величине коэффициента перехода радионуклида в их плодовые тела. Однако, при этом следует принимать во внимание очень высокую неравномерность удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в плодовых телах опасных грибов, собранных даже на относительно малых площадях.

По степени загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  грибы условно разделяют на 4 группы:

- аккумуляторы радиоцезия: гриб польский, масленок осенний, моховики, свинушка тонкая, горькушка, колпак кольчатый (курочка). В плодовых телах этих грибов даже при загрязнении почв, близких к фоновому значению (0,1–0,2 Ки/км<sup>2</sup>), содержание  $^{137}\text{Cs}$  может превышать допустимый уровень;
- сильнонакапливающие: груздь черный, сыроежки всех видов, зеленка, волнушка розовая, решетник, скрипица, ежовик пестрый, синяк. Сбирать грибы этой группы допускается при плотности загрязнения почв до 1 Ки/км<sup>2</sup> (37 кБк/м<sup>2</sup>) с обязательным радиометрическим контролем;

– средненакапливающие: лисичка настоящая, подберезовик, гриб белый, подосиновик, рядовка серая, подзеленка, сморчок конический, сморчок настоящий, строчок обыкновенный;

– слабонакапливающие: опенок осенний, опенок луговой, шампиньон лесной, гриб зончатый, дождевики.

Заготовку грибов, относящихся к слабо- и средненакапливающим цезий-137 группам, рекомендуется проводить в лесах с плотностью загрязнения почв до 2 Ки/км<sup>2</sup> с обязательным радиометрическим контролем.

В связи с тем, что грибы не только являются продуктами личного потребления, но и распространяются через торговые сети, для них установлены определенные нормативы. Уровни допустимого содержания <sup>137</sup>Cs в грибах не должны превышать 370 Бк/кг в свежих и 2500 Бк/кг – в сушеных.

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

Исследования проводили в лаборатории кафедры безопасности жизнедеятельности. Вначале измеряли мощности эквивалентной дозы на приборе МКС - АТ6130 (рис. 1).

В ходе проведенных исследований с сентября по декабрь 2017 г. степени радиоактивности сухих грибов (70 образцов) из 43 районов Беларуси было выявлено, что превышение

РДУ-99 (2500 Бк/кг) наблюдается в 13 районах, преимущественно Гомельской области.



Рис. 1. МКС – АТ6130:

- 1 – мембранная панель управления  
2 – жидкокристаллический индикатор (ЖКИ);  
3 – светодиодный индикатор

Также наблюдается превышение степени загрязненности в грибах из Столбцовского и Несвижского лесов Минской области, Ивьевского и Новогрудского – Гродненской, в Брестской области превышение в Лунинецком районе, в Могилевской области – в Шкловском районе (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты исследований загрязненности грибов радионуклидом цезием-137 по районам**

№ образца	Район	$A_m$ Cs-137, Бк/кг	Превышение	№ образца	Район	$A_m$ Cs-137, Бк/кг	Превышение
<b>Гродненская область</b>				<b>Брестская область</b>			
6	Дятловский	1492		1	Барановичский	102,3	
32	Щучинский	400		49	Барановичский	1031	
38	Щучинский	113		13	Барановичский	900	
36	Островецкий	97		18	Ляховичский	160	
39	Лидский	236		4	Ляховичский	1166	
55	Ивьевский	8306	в 3,3 раза	22	Брестский	2100	
57	Новогрудский	7338	в 2,9 раза	26	Кобринский	1063	
52	Новогрудский	595		35	Ивановский	381	
71	Волковысский	500		37	Столинский	617	
<b>Могилевская область</b>				3	Пружанский	941,4	
66	Бобруйский	689		56	Ганцевичский	254	
20	Шкловский	674		58	Малоритский	935	
68	Шкловский	7495	в 3 раза	64	Лунинецкий	7824	в 3,1 раза
70	Кричевский	67		<b>Минская область</b>			
<b>Витебская область</b>				2	Борисовский	216,3	
7	Докшицкий	83		8	Борисовский	1110	
10	Докшицкий	245		12	Молодеченский	2249	
23	Россонский	408		15	Воложинский	300	
44	Толочинский	361		19	Логойский	339	

Окончание табл. 3

№ образца	Район	$A_m$ Cs-137, Бк/кг	Превышение	№ образца	Район	$A_m$ Cs-137, Бк/кг	Превышение
<b>Гомельская область</b>				9	Мядельский	535	
11	Светлогорский	2964	в 1,2 раза	30	Смолевичский	394	
17	Мозырский	6937	в 2,8 раза	40	Пуховичский	85	
21	Чечерский	298		59	Столбцовский	984	
25	Житковичский	9995	в 4 раза	67	Столбцовский	9238	в 3,7 раза
29	Калинковичский	998		53	Стародорожский	998	
42	Петриковичский	5705	в 2,3 раза	51	Минский	2033	
50	Речицкий	7116	в 2,8 раза	24	Несвижский	3994	в 1,6 раза
47	Ветковский	16282	в 6,5 раз	60	Узденский	26	
46	Гомельский	1410		62	Держинский	1968	
54	Гомельский	4561	в 1,8 раза	63	Слуцкий	715	

Пробы грибов исследовали на гамма-радиометре РКГ-АТ1320А (рис. 2).



Рис. 2. Гамма-радиометр РКГ-АТ1320А:  
1 – блок детектирования; 2 – блок обработки информации с ЖКИ; 3 – блок защиты; 4 – крышка блока защиты; 5 – ножки; 6 – измерительный сосуд

Неравномерность радиоактивного загрязнения наблюдается даже в пределах одного населенного пункта. Так, загрязнение грибов в Новогрудском районе, большинство проб оказались загрязнены менее 1000 Бк/кг, а на одном участке 7300 Бк/кг, в Гомельском районе одни образцы – 1400 Бк/кг, другие – 4500 Бк/кг, в Столбцовском районе менее тысячи и 9200 Бк/кг соответственно, в Шкловском районе 670 Бк/кг и 7500 Бк/кг. Поэтому об однородности загрязнения говорить нельзя, в каждом конкретном случае необходимо проверять степень радиоактивного загрязнения.

Больше всего радионуклиды цезия-137 содержатся в грибах из Житковичского (9995 Бк/кг) и Ветковского (16 282 Бк/кг) районов. Самые «чистые» грибы (до 100 Бк/кг) в Докшицком, Островецком, Минском, Смолевичском, Пуховичском, Узденском и Кричевском районах.

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

Потребление грибов 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

$$H = kmA_sQ,$$

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/м<sup>2</sup>;  $Q$  – коэффициент перехода цезия из почвы в грибы, принят равным 0,01 м<sup>2</sup>/кг.

При хроническом потреблении загрязненных цезием-137 грибов индивидуальная доза внутреннего облучения может составить 0,43–2,33 мЗв (для примера Светлогорский район – 3000 Бк/кг и Ветковский – 16 282 Бк/кг). В соответствии с ГН № 213 «Критерий оценки радиационного воздействия» (2013 г.) [21], индиви-

дуальная предельно допустимая доза от техногенных источников, которую человек может получить за весь период жизни, составляет 70 мЗв или 1 мЗв/год. А при употреблении только грибов видно, что эта доза будет превышена.

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 грибов в год, собранных на загрязненных территориях, представлены в табл. 4.

Таблица 4  
Результаты оценки ожидаемых доз за счет потребления грибов

Поверхностное загрязнение $^{137}\text{Cs}$ , 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
>40 (>1480)	>2

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

Цезий во внутренних органах человека распределяется неравномерно. Уровни накопле-

ния 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 (сбранную) 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.

### Литература

1. Переволоцкий А. Н. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных биогеоценозах. Гомель: Институт 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: Институт леса, 1999. 454 с.
3. Радиационный контроль. Обследование земель лесного фонда. Порядок проведения: ТКП 240-2010. Введ. 01.06.2010. Минск, 2010. 24 с.
4. Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП 498-2013. Введ. 03.10.2013. Минск, 2013. 28 с.
5. Радиационный мониторинг лесного фонда. Обследование постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения: ТКП -499-2013. Введ. 03.10.2013. Минск, 2013. 28 с.
6. Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения: ТКП 251-2010. Введ. 28.06.2010. Минск, 2010. 24 с.
7. Радиационный контроль. Обследование лесосек. Порядок проведения: ТКП 239-2010. Введ. 22.02.2010. Минск, 2010. 20 с.
8. Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства, рабочие места. Порядок проведения: ТКП 250-2010. Введ. 28.06.2010. Минск, 2010. 27 с.
9. Правила пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь: постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, 19 дек. 2016 г., № 70 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 04.02.2017, 8/31562.
10. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Минск, 2016. 16 с.

11. 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.
12. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН 10-117-99.
13. Щеглов А. И., Цветнова О. Б. Грибы-биоиндикаторы техногенного загрязнения // Ежемесячный естественнонаучный журнал РАН «Природа». 2002. № 11. С. 39–46.
14. Цветнова О. Б., Щеглов А. И., Кучма Н. Д. Многолетняя динамика накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  высшими грибами // Почвоведение: Вестник Московского университета. 2004. Сер. 17, № 3. С. 43–48.
15. Зарубина Н. Е., Тришин В. В. Радионуклидное загрязнение высших грибов в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: труды Междунар. конф. (Москва, 5–6 дек. 2005 г.). М., 2005. Т. 3.
16. Роль грибов и ягод в формировании дозы внутреннего облучения населения России после Чернобыльской аварии / В. Н. Шутов [и др.] // ЗНиСО. 1998. № 2. С. 19–23.
17. Динамика радиоактивного загрязнения природных пищевых продуктов после аварии на Чернобыльской АЭС / В. Н. Шутов [и др.] // ЗНиСО. 2003 № 4. С. 9–12.
18. Роль грибов в формировании дозы внутреннего облучения населения после аварии на ЧАЭС // Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: труды Междунар. конф., (Москва, 5–6 дек. 2005 г.). СПб. 2006. Т. 3. С. 230–239.
19. Переволоцкий А. Н., Переволоцкая Т. В. Прогнозная оценка содержания  $^{137}\text{Cs}$  в лесных грибах и ягодах в зоне штатных выбросов Белорусской АЭС // Радиация и риск. 2013. Т. 22, № 2. С. 61–66.
20. Байрашевская Д. А. Формирование дозы внутреннего облучения населения, употребляющего продукты загрязненных лесных экосистем. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2005. 330 с.
21. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиенический норматив. Введ. 01.01.2013. Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2012. 232 с.
22. Памятка «Вы собираетесь в лес...». Рекомендации для населения по пользованию лесами на территории Краснопольского лесхоза / сост. Л. Н. Карбанович, Ж. И. Востокова, Н. Н. Кунцевич. Минск, 2012. 32 с.

### References

1. Perevolotskiy A. N. *Raspredeleniye  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  v lesnykh biogeotsenozakh* [Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in forest biogeocenoses]. Gomel', Institut radiologii Publ., 2006. 255 p.
2. Ipat'yev V. A., Baginskiy V. F., Bulavik I. M. *Lesnyye 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. ТКР 240-2010. Radiation control. Examination of forest lands. Procedure. Minsk, 2010. 24 p. (In Russian).
4. ТКР 498-2013. Radiation monitoring of forest fund. Laying of permanent point of observation. Procedure. Minsk, 2013. 28 p. (In Russian).
5. ТКР 499-2013. Radiation monitoring of forest fund. Examination of permanent point of observation. Procedure. Minsk, 2013. 28 p. (In Russian).
6. ТКР 251-2010. Radiation control. Selection and preparation of samples of forest products. Procedure. Minsk, 2010. 24 p. (In Russian).
7. ТКР 239-2010. Radiation control. Examination of logging sites. Procedure. Minsk, 2010. 20 p. (In Russian).
8. ТКР 250-2010. Radiation control. Forestry objects, workplaces. Procedure. Minsk, 2010. 27 p. (In Russian).
9. *Pravila pozharney bezopasnosti v lesakh Respubliki Belarus'* [Fire safety rules in the forest of the Republic of Belarus]. Minsk, 2016. 24 p.
10. *Pravila vedeniya lesnogo khozyaystva na ploshchadyakh, zagryaznennykh radionuklidami v rezul'tate Chernobyl'skoy avarii* [Rules for forest management in areas contaminated with radionuclides as a result of the Chernobyl disaster]. Minsk, 2016. 16 p.
11. GN 2.6.1.10-1-01-2001. Republican permissible boundaries of cesium 137 contained in wood, wood products and materials from wood non-food forest products. Minsk, 2001 (In Russian).
12. GN 10-117-99. Republican permissible limits of cesium 137 radionuclides and strontium 90 contained in food and drinkingMinsk, 1999 (In Russian).

13. Shcheglov A. I., Tsvetnova O. B. Mushrooms-bioindicators of industrial contamination. *Ezhemesyachnyy estestvenno-nauchnyy zhurnal RAN "Priroda"* [Monthly scientific journal of RAS "Nature"], 2002, no. 11, pp. 39–46 (In Russian).

14. Tsvetnova O. B., Shcheglov A. I., Kuchma N. D. Long-term dynamics of accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  by higher mushrooms. *Pochvovedeniye: Vestnik Moskovskogo Universiteta* [Soil science: of Moscow University], 2004, series 17, no. 3, pp. 43–48 (In Russian).

15. Zarubina N. E., Trishin V. V. Radionuclide contamination of higher mushrooms as a result of the accident at the Chernobyl NPP. *Trudy Mezhdunar. konf. ("Radioaktivnost' posle yadernykh vzryvov i avariyy")* [Proceedings of the International conf. ("Radioactivity after nuclear explosions and accidents")]. Moscow, 2005, vol. 3 (In Russian).

16. 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. *ZNiSO [ZNiSO]*, 1998, no. 2, pp. 19–23 (In Russian).

17. Shutov V. N., Bruk G. J., Kaduka M. V. 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).

18. Shutov V. N., Bruk G. J., Kaduka M. V. *Trudy Mezhdunar. konf. "Radioaktivnost' posle yadernykh vzryvov i avariyy"* [Proceedings of the International conf. ("Radioactivity after nuclear explosions and accidents")], 2006, vol. 3, pp. 230–239 (In Russian).

19. Perevolotskiy A. N., Perevolotskaya T. V. Predicting assessment of  $^{137}\text{Cs}$  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).

20. 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 Publ., 2005. 330 p.

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

22. Karbanovich L. N., Vostokova Zh. I., Kuntsevich N. N. Memorandum "Vy idete v les...". *Rekomendatsii dlya naseleniya po pol'zovaniy 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 leskhoz]. Minsk, 2012. 32 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 кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: viktor45@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 Natal'ya 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'yevich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: viktor45@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

Поступила 28.02.2018