

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОЦЕЗИЕМ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ И ПОЧВ ЛЕСА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Н. Баитова, Д. А. Липская, П. А. Сухановская, У. В. Рудакова

Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Постоянный радиационный мониторинг последствий аварии на Чернобыльской АС, в частности загрязнения лесов, является актуальным, что определило цель исследования. Научная задача – оценка динамики загрязнения радиоцезием лесных грибов, ягоды почв с различной плотностью загрязнения.

Материалы и методы. Лесные грибы (11 видов), ягоды (клюква, черника, малина, земляника, брусника), а также почва с территории Могилевской области. Удельную активность ^{137}Cs измеряли гамма-бета спектрометром.

Результаты. Максимальная удельная активность ^{137}Cs в лесных грибах составила 9514 Бк/кг, минимальная – 5 Бк/кг (при допустимой норме 370 Бк/кг); в лесных ягодах максимальная – 281 Бк/кг, минимальная – 5 Бк/кг (при допустимой норме 185 Бк/кг). Основная масса ^{137}Cs находится на глубине почв 5–10 см и лесной подстилке. Центр запаса ^{137}Cs в лесных почвах смещается.

Выводы. Не установлено значимой динамики загрязнения пищевой продукции и почв леса ^{137}Cs . Вместе с тем центр запаса ^{137}Cs смещается вглубь почвы, и этот процесс проходит быстрее в автоморфных почвах с высокой плотностью загрязнения. Переход ^{137}Cs в лесные ягоды из почв значительно меньше, чем в грибы. Дальнейший мониторинг радиационной обстановки остается актуальным.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: радиационный мониторинг; грибы, ягоды; пищевая безопасность; доза внутреннего облучения; удельная активность; радиоцезий.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Баитова, С. Н. Оценка динамики загрязнения радиоцезием пищевой продукции и почв леса Могилевской области /С. Н. Баитова, Д. А. Липская, П. А. Сухановская, У. В. Рудакова // Вестник МГУП. – 2019. – № 2(27). – С. 89–100.

ESTIMATION OF DYNAMICS OF RADIOCESIUM CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS AND FOREST SOILS IN MOGILEV REGION

S. N. Baitova, D. A. Lipskaya, P. A. Sukhanovskaya, U. V. Rudakova

Mogilev State University of Food Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Permanent radiation monitoring of the consequences of the Chernobyl accident, in particular, forest pollution is of current importance. The scientific task is to assess the dynamics of radiocesium contamination of forest mushrooms, berries and soil with different density of radioactive contamination.

Materials and methods. Forest mushrooms (11 species), berries (cranberries, blueberries, raspberries, wild strawberries, cowberries) as well as soil in Mogilev region were examined. Specific activity of ^{137}Cs was measured with a gamma-beta spectrometer.

Results. A maximum specific activity of ^{137}Cs in forest mushrooms was 9514 Bq/kg while a minimum one – 5 Bq/kg (with an acceptable norm of 370 Bq/kg); in wild berries a maximum activity amounted to 281 Bq/kg while a minimum one – 5 Bq/kg (with an acceptable norm of 185 Bq/kg). Great bulk of ^{137}Cs is accumulated at a soil depth of 5–10 cm and forest litter. The center of the ^{137}Cs stock in forest soils is shifting.

Conclusions. Significant dynamics of contamination of food products and forest soils with ^{137}Cs has not been established. At the same time, ^{137}Cs stock center shifts deep into the soil, and this process goes faster in automorphic soils with a high density of contamination. The transition of ^{137}Cs to forest berries from soils is much smaller than that to mushrooms. Further monitoring of the radiation situation remains of utmost importance.

KEY WORDS: *radiation monitoring; mushrooms; berries; food safety; internal exposure dose; specific activity; radiocesium.*

FOR CITATION: Baitova S. N., Lipskaya D. A., Sukhanovskaya P. A., Rudakova U. V. Estimation of dynamics of radiocesium contamination of food products and forest soils in Mogilev region. Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies. – 2019. – No. 2(27). – P. 89–100. (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Питание – один из важнейших факторов связи человека с внешней средой. Обеспечение качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов – одно из основных направлений, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда. Из окружающей среды с пищей в организм человека попадает до 70 % токсинов различной природы, т.к. пищевые продукты имеют способность аккумулировать из окружающей среды вредные вещества, в том числе и радионуклиды [1].

Радиоактивное загрязнение продуктов питания представляет серьезную угрозу здоровью человека. Радиоактивные элементы, осевшие на территорию в результате аварии на ЧАЭС, с одной стороны, формируют поглощенную дозу от внешнего облучения человека [2], а с другой – через корневую систему поступают в растения и далее, с продуктами питания, попадают в организм, что формирует дозу внутреннего облучения [3].

В среднем по загрязненным радионуклидами районам Беларуси для «лесных» населенных пунктов ряд убывания радиационной значимости продуктов питания выглядит следующим образом: грибы – 62 %, молоко – 30 %, картофель 3,2 %, молочные продукты – 1,7 %, лесные ягоды – 1,4 %, дичь – 1,0 %, рыба – 0,7 %. Все сельскохозяйственные продукты питания и «дары природы» соотносятся как 1:1,9 [4]. Значительно меньше индивидуальные дозы внутреннего облучения отмечены у населения, которое не употребляет в пищу грибы, ягоды и дичь. Наибольший относительный вклад в дополнительную дозу облучения сверх получаемой, вносит грибная компонента – 72 % [5], доля за счет потребления дичи составляет 10 % [6].

Следовательно, в условиях Республики Беларусь остается актуальным загрязнение радионуклидами пищевой продукции леса, которая по сравнению с сельскохозяйственной имеет более высокие уровни радиоактивного загрязнения. Связано это с тем, что после распада короткоживущих радионуклидов и включения основных долгоживущих дозообразователей ^{137}Cs и ^{90}Sr в биологический круговорот веществ радиационная обстановка в лесах изменяется медленно, т.к. самоочищение происходит только за счет радиоактивного распада, продолжающегося многие десятилетия [7, 8]. Леса прочно удерживают выпавшие радионуклиды, препятствуют выносу их за пределы территорий [9]. В лесном биогеоценозе грибы выделяют как самый загрязненный компонент, которому свойственно поглощение ^{137}Cs интенсивнее по сравнению со стабильными цезием и калием. В среднем в грибах концентрация ^{137}Cs более чем в 20 раз выше, чем в максимально загрязненном слое лесной подстилки и на два-три порядка больше, чем в древесине. По величине коэффициента перехода (K_n) ^{137}Cs грибы условно подразделяются на группы [10]:

- слабонакапливающие: опенок осенний, гриб зонтичный, дождевик жемчужный ($K_n < 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$);
- средненакапливающие: лисичка настоящая, подберезовик, гриб белый, подосиновик, рядовка серая ($K_n = 5\text{--}20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$);
- сильнонакапливающие: груздь черный, сыроежки всех видов, зеленка, волнушка розовая ($K_n = 20\text{--}50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$);
- аккумуляторы радиоцезия: гриб польский, масленок осенний, свинушка тонкая ($K_n > 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$).

У ягод часто наблюдается поверхностное загрязнение, особенно у низкорослых, которые дотрагиваются до почвы, или при налипании пыли к ягодам, имеющим влажную поверхность. В ягодах концентрация радионуклидов в 2–3 раза меньше, чем в стеблях и листьях.

Накопление ^{137}Cs в дикорастущих ягодах зависит не только от плотности радиоактивного загрязнения, но и от степени увлажнения почвы, и даже от вида преобладающей древесной растительности, причем различия даже по одному виду ягод могут достигать 10 раз. Из лесных ягод наибольшей способностью накапливать радиоцезий обладают черника, клюква, голубика, брусника [11].

Последствия чернобыльской катастрофы заставили перестроить систему ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения, разработать и внедрить комплекс эффективных защитных мер, чтобы сохранить экологическое, экономическое и социальное значение лесов. После 1986 года лесохозяйственная деятельность, лесопользование на загрязненных территориях Республики Беларусь сопровождается неизменным контролем за радиационной обстановкой [12], что позволяет обеспечить соблюдение норм и правил по радиационной безопасности. Проводимый радиационный мониторинг в лесах представляет собой систематические наблюдения за распределением ^{137}Cs в лесных биогеоценозах путем проведения радиоэкологических исследований. Объектами радиационного мониторинга являются лесная подстилка, почва, растения, грибы и ягоды [13, 14].

Цель исследования – мониторинг безопасности пищевой продукции леса.

Научная задача – оценка динамики загрязнения радиоцезием лесных грибов, ягод и почв различной плотности загрязнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись лесные грибы (польский гриб, масленок, подберезовик, черный груздь, белый гриб, свинушка, лисички, подосиновик, опенок, моховик, волнушка) и ягоды (черника, брусника и земляника, малина, клюква), собранные на территории государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО) Могилевской области, данные службы радиационного контроля ГПЛХО Могилевской области, лесные почвы и лесная подстилка, отобранные на территориях с разной плотностью загрязнения ^{137}Cs . Отбор и подготовка проб лесной продукции (лесных грибов и лесных ягод) проводится в соответствии с ТКП 251-2010 (02080), обследование земель лесного фонда проводится в соответствии с ТКП 240-2010 (02080). В отобранных образцах пищевой продукции леса и почвы определялась удельная активность ^{137}Cs на гамма-бета спектрометре МКС АТ1315 по МВИ.МН.1181-2011, мощность эквивалентной дозы излучения в воздухе и на почве измерялась с помощью дозиметра-радиометра МКС АТ 6130 при погрешности измерения 10 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате радиоактивных выпадений, обусловленных аварией на Чернобыльской АЭС, лесные биогеоценозы подверглись наибольшему радиоактивному загрязнению, причем произошло неравномерное распределение радиоактивных веществ в лесных массивах – максимальная концентрация радионуклидов наблюдается у растительности нижнего яруса (грибы, лишайники, мхи), минимальная – у древесного верхнего яруса. Основное количество радиоактивного цезия в поставарийный период было сконцентрировано в подстилке (76 % от общего содержания этого радионуклида во всем основном биогеоценозе в целом).

Общая площадь территории лесного фонда Могилевского ГПЛХО на 01.01.2018 г. составила 1228,2 тыс. га, в том числе покрытая лесом 1078,2 тыс. га, из которых 21,44 % (263,1 тыс. га) приходится на территории, загрязненные ^{137}Cs (более 37 кБк/м²). Наибольшая площадь загрязнения 22,76 % приходится на I зону с плотностью загрязнения 37–185 кБк/м², причем практически одинаковое распределение площадей наблюдается между подзоной IA (37–74 кБк/м²) и подзоной IB (74–185 кБк/м²) – 11,43 и 11,33 % соответственно. Загрязнение почвы ^{137}Cs во II зоне (185–555 кБк/м²) – 7,91 % и в III зоне (555–1480 кБк/м²) – 3,89 %. Площадь загрязнения для IV зоны (более 1480 кБк/м²) составляет 1,1 тыс. га (0,09 %), из которых на Краснопольский лесхоз приходится 0,4 тыс. га и на Чериковский лесхоз – 0,7 тыс. га. По состоянию на 2018 г. площадь территории радиоактивного загрязнения лесного фонда Могилевского ГПЛХО составила 400 тыс. га (32,60 % от общей

площади). Наиболее загрязненные лесные массивы Могилевской области находятся в Краснопольском, Чериковском, Быховском, Климовичском и Костюковичском лесхозах.

В связи с этим лесная продукция, заготовленная на территории лесного фонда в зонах радиоактивного загрязнения, подлежит радиационному контролю. На сопроводительных документах к каждой партии продукции ставится и заполняется оттиск штампа радиационной безопасности, удостоверяющего содержание радионуклидов [15].

В настоящее время служба радиационного контроля Могилевского ГПЛХО включает 9 аккредитованных и аттестованных структурных подразделений, в их числе 8 постов и областная лаборатория, осуществляющих комплекс работ по контролю радиоактивного загрязнения в лесах 11 загрязненных лесхозов области. Ежегодно проводится уточнение радиационной обстановки путем обследования лесных кварталов, радиационный контроль на объектах лесного хозяйства, контроль содержания ^{137}Cs в лесной продукции. Радиационный мониторинг на постоянных пунктах наблюдения проводится с периодичностью отбора проб один раз в пять лет, на контрольных полигонах (КП) по определению радиоактивного загрязнения грибов и ягод – ежегодно.

Динамика максимальной удельной активности ^{137}Cs в пищевой продукции леса, исследованной в пунктах радиационного контроля (ПРК) ГПЛХО Могилевской области и областной лаборатории радиационного контроля за период 1993–2017 гг. представлены на рис. 1, 2 [16].

Анализ результатов радиационного контроля лесных грибов (рис. 1), осуществляемого на территории ГПЛХО Могилевской области, не показал устойчивой тенденции к снижению их загрязненности ^{137}Cs .

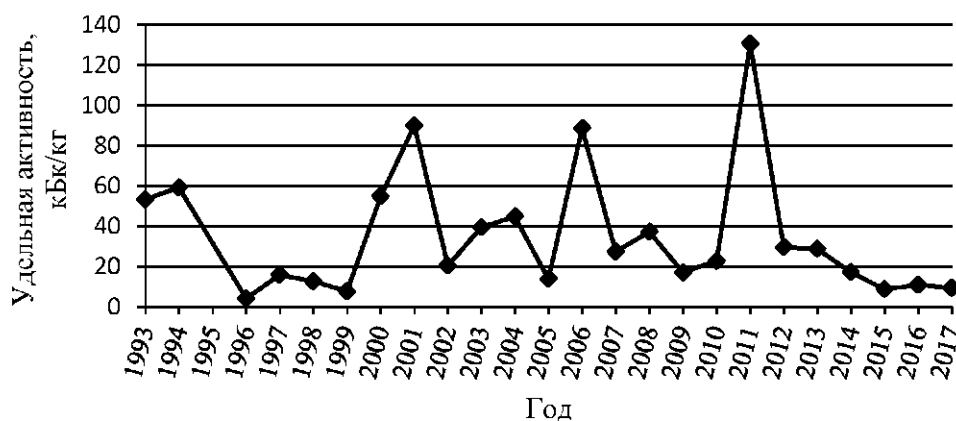


Рис.1. Динамика максимальной удельной активности ^{137}Cs в грибах

Fig. 1. Dynamics of a maximum specific activity of ^{137}Cs in mushrooms

Относительно 1993 г. произошло значительное снижение максимальной удельной активности ^{137}Cs в клюкве и чернике (рис. 2), однако в большинстве проб черники содержание ^{137}Cs превышает допустимые уровни, установленные РДУ-99 – 185 Бк/кг [17].

По данным УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», по содержанию ^{137}Cs РДУ-99 не соответствовало от 3,1 до 64,5 % проб грибов, доставленных населением Могилевской области для исследования в учреждения санэпидслужбы. Наиболее неблагоприятными по-прежнему остаются лесные массивы Славгородского, Чериковского, Краснопольского, Климовичского, Бельничского, Быховского, Кличевского, Могилевского, Чаусского районов. По результатам исследований в 2016 г. не соответствовало допустимым уровням 64,5 % проб грибов в Славгородском районе, 23,1 % – в Чериковском районе, 27,2 % – в Краснопольском районе, 23,1 % – в Быховском районе, 18,2 % – в Бобруйском районе, 16,2 % – в Могилевском районе.

Таким образом, в 2016 г. среднее количество проб грибов с превышением РДУ-99 по Могилевской области составило 17,1 %, что на 6,5 % ниже по сравнению с 2015 г. [18]. В целом по республике в 2016 г. количество проб грибов с превышением РДУ-99 составило 36,3 % [19]. В 2017 г. превышение допустимых уровней содержания ^{137}Cs было выявлено учреждениями санэпидслужбы в пробах грибов из д. Воронино Быховского района, д. Лютня Краснопольского района, д. Корма Чериковского района и др. [11].

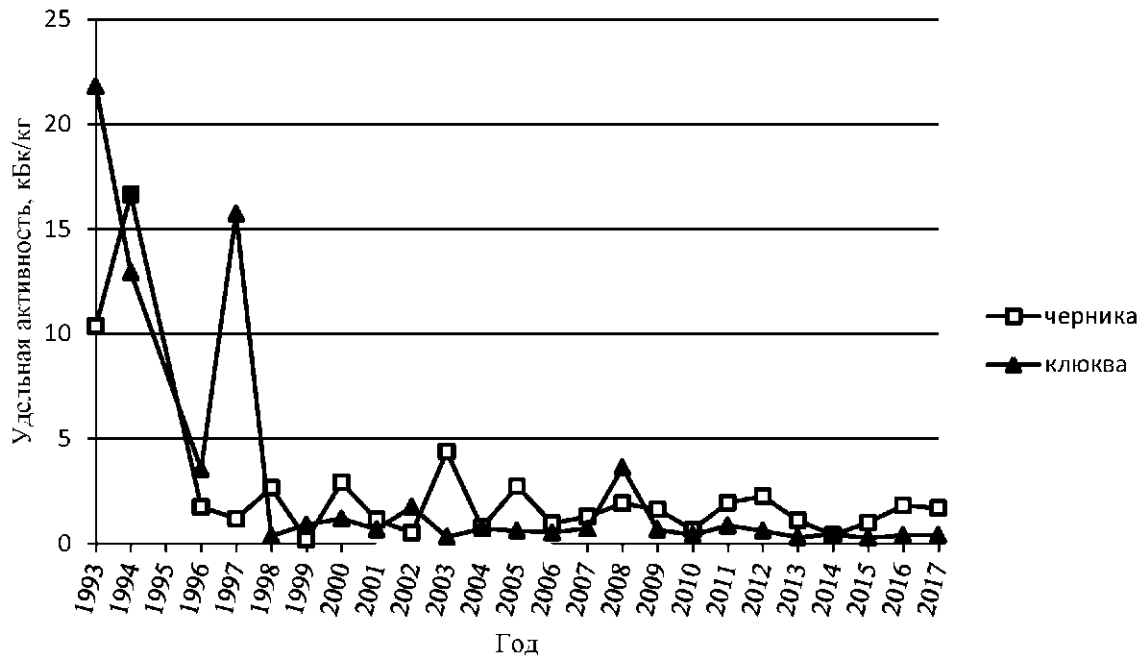


Рис. 2. Динамика максимальной удельной активности ^{137}Cs в лесных ягодах

Fig. 2. Dynamics of a maximum specific activity of ^{137}Cs in forest berries

Радиационный контроль грибов, проводимый в лесхозах Могилевского ГЛПХО на лесных кварталах и контрольных полигонах (2016–2018 гг.), также выявил пробы грибов и ягод с превышением РДУ.

На всей территории лесного фонда Государственного лесохозяйственного учреждения (ГЛХУ) «Быховский лесхоз» осуществляется радиационный контроль, в лесхозе работает ПРК. Среднее содержание ^{137}Cs в грибах по Быховскому лесхозу за 2017 год представлено на рис.3. Максимальное содержание ^{137}Cs было зафиксировано в моховиках – 1320 Бк/кг, также выше РДУ содержалось ^{137}Cs в польских грибах (1196 Бк/кг). В подосиновиках, опятах, волнушках, сыроежках, белых грибах, лисичках и подберезовиках содержание ^{137}Cs не превышало РДУ.

Радиационный контроль в ГЛХУ «Быховский лесхоз» в 2018 г. не выявил проб ягод с превышением РДУ по содержанию ^{137}Cs (средняя удельная активность ^{137}Cs в исследованных пробах ягод составила от 32 до 134 Бк/кг), за исключением пробы черники, собранной в лесном квартале № 10 Новобыховского лесничества, удельная активность ^{137}Cs в которой превысила допустимый уровень на 2 Бк/кг. Среднее содержание ^{137}Cs в пробе черники Трилесинского лесничества ГЛХУ «Быховский лесхоз» не превысило РДУ, но при этом во всех пробах грибов содержание ^{137}Cs превысило допустимые уровни (максимальное содержание ^{137}Cs в грибах (лисички) – 1520 Бк/кг) [20].

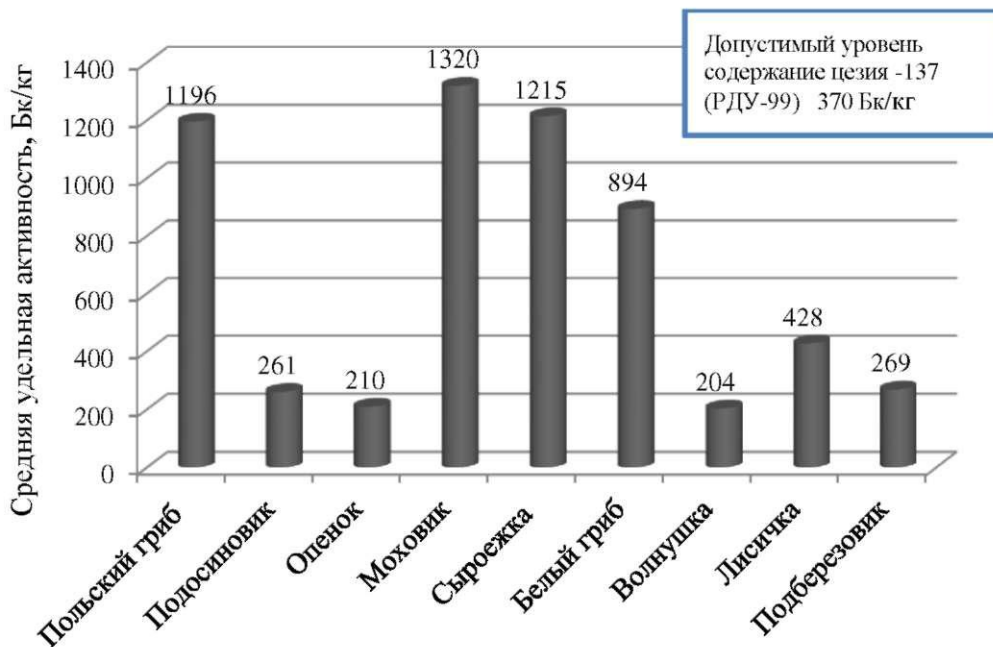


Рис. 3. Среднее содержание ^{137}Cs в грибах в лесных кварталах ГЛХУ «Быховский лесхоз»
Fig. 3. Average content of ^{137}Cs in mushrooms in compartments of State Forestry Institution «Bykhovsky forestry»

С 2015 г. по 2019 г. в лаборатории кафедры охраны труда и экологии Могилевского государственного университета продовольствия были исследованы пробы грибов, сбор которых был осуществлен близ станции Текстильщик Быховского района. В сушеных лисичках (сбор 2015 г.) удельная активность ^{137}Cs составила 10500 Бк/кг (допустимая норма 2500 Бк/кг), в сушеных моховиках – 8520 Бк/кг. В 2016 году в исследованных сушеных грибах удельная активность ^{137}Cs варьировала от 14600 до 1600 Бк/кг. Максимальная удельная активность ^{137}Cs в сушеных грибах (лисички) в 2017 г. составила – 13400 Бк/кг и 25941 Бк/кг в 2018 г. В исследованных пробах свежих грибов в 2019 г. удельная активность ^{137}Cs составила от 2980 до 220 Бк/кг.

В связи с радиоактивным загрязнением большей части лесов Краснопольского лесхоза промышленная заготовка грибов и другого сырья на его территории не проводится. В 2016 г. для уточнения радиационной обстановки в лесах службой ПРК обследовано 48 кварталов леса, где отмечено снижение уровня ^{137}Cs в почве, в связи с естественным распадом ^{137}Cs . За 2017 г. службой ПРК ГЛХУ «Краснопольский лесхоз» отобрано 37 проб грибов, средняя удельная активность составила 364 Бк/кг, минимальная удельная активность – 104 Бк/кг, максимальная удельная активность – 896 Бк/кг (рис.4). Исходя из РДУ содержания ^{137}Cs в грибах из всех отобранных проб превышение составило в 37,8 % образцов. В исследованных пробах черники, брусники и земляники удельная активность превысила допустимый уровень только в бруснике (205 Бк/кг).

По данным ГЛХУ «Могилевский лесхоз» уровни загрязнения ^{137}Cs грибов в лесных кварталах в 2017 г. не превышали РДУ. Однако на КП (квартал № 367, Вильчицкое лесничество) было выявлено загрязнение ^{137}Cs грибов: колпак кольчатый (1356 Бк/кг) и белый гриб (482 Бк/кг).

Радиационный контроль по Кличевскому лесхозу в 2017 г. обнаружил превышение РДУ по содержанию ^{137}Cs в моховиках (409 Бк/кг) и маслятах (402 Бк/кг). В остальных исследованных пробах грибов содержание ^{137}Cs не превышало РДУ (белый гриб – 260 Бк/кг, подосиновик – 149 Бк/кг, подберезовик – 123 Бк/кг, лисичка – 53 Бк/кг, опята – 47 Бк/кг).

В ГЛХУ «Чериковский лесхоз» 45 % исследованных проб грибов превысили РДУ. Максимальная удельная активность ^{137}Cs составила 9514 Бк/кг, а минимальная – 5 Бк/кг. Между тем содержание ^{137}Cs в грибах на КП № 34а ГЛХУ «Чериковский лесхоз» не превышало РДУ. В 2018 г. в Чериковском лесхозе содержание ^{137}Cs было превышено в пробах черники (281 Бк/кг), в пробах малины, земляники и клюквы удельная активность ^{137}Cs не превышала допустимого уровня (185 Бк/кг).

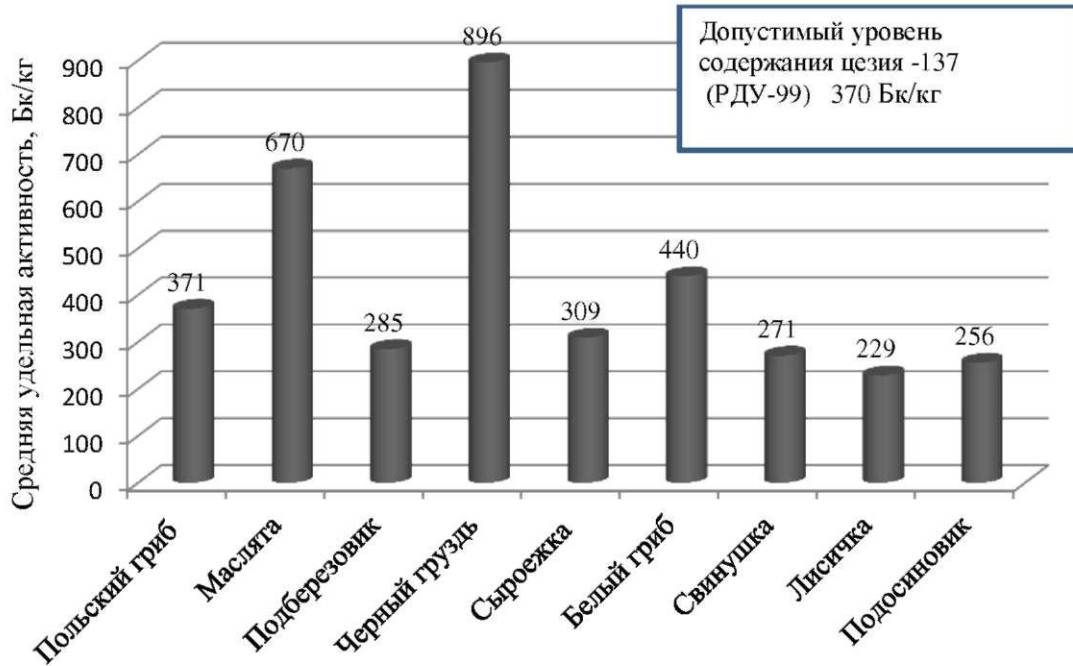


Рис. 4. Содержание ^{137}Cs в грибах на КП Нивицкого лесничества ГЛХУ «Краснопольский лесхоз»

Fig. 4. Content of ^{137}Cs at the monitored station of Nivitsky forest area of State Forestry Institution «Krasnopol'sky forestry»

ПРК ГЛХУ «Костюковичский лесхоз» в 2017 г. было исследовано 60 проб грибов и ягод. Из них было отобрано с контрольных полигонов 18 проб грибов вблизи деревень Белая Дуброва и Колодливо – проб с превышением РДУ-99 не выявлено. Для исследований на ПРК населением была доставлена 21 проба грибов, из них выявлено 6 проб грибов с превышением РДУ-99, которые были собраны вблизи д. Братковичи. Радиационный контроль продукции леса на контрольных полигонах ГЛХУ «Костюковичский лесхоз» выявил максимальное содержание ^{137}Cs , превышающее РДУ в 4,6 раза в лисичках (1716 Бк/кг). В остальных исследованных видах грибов средняя удельная активность ^{137}Cs не превышала РДУ (сыроежка – 348 Бк/кг, маслята – 37 Бк/кг, подберезовик – 282 Бк/кг, подосиновик – 85 Бк/кг, белый гриб – 316 Бк/кг). Наиболее благоприятными местами для сбора грибов и ягод на территории ГЛХУ «Костюковичский лесхоз» являются леса Батаевского, Бельковичского, Забелышенского и Хотимского лесничеств. Плотность загрязнения почв радиоцезием на территории этих лесничеств составляет менее 37 кБк/м². Наиболее загрязнены Белодубровское, Деряженское и Паньковское лесничества.

В 2018 г. на ППК ГЛХУ «Костюковичский лесхоз» было исследовано 63 пробы грибов и ягод. Из них было отобрано с контрольных полигонов 22 пробы грибов и 5 проб ягод. В результате исследования 5 проб грибов превысили допустимые нормы согласно РДУ-99, собраны они были вблизи деревни Колодливо. В предоставленных населением на исследования в ПРК пробах ягод удельная активность ^{137}Cs не превысила допустимый уровень (рис. 5).

С 2015 г. по 2018 г. в лаборатории кафедры охраны труда и экологии Могилевского государственного университета продовольствия были исследованы пробы ягод из различных районов Могилевской области (табл. 1). Исследованные образцы ягод соответствовали требованиям РДУ-99 по содержанию ^{137}Cs (185 Бк/кг), за исключением единичной пробы черники, отобранной в Могилевском районе вблизи д. Хоново.

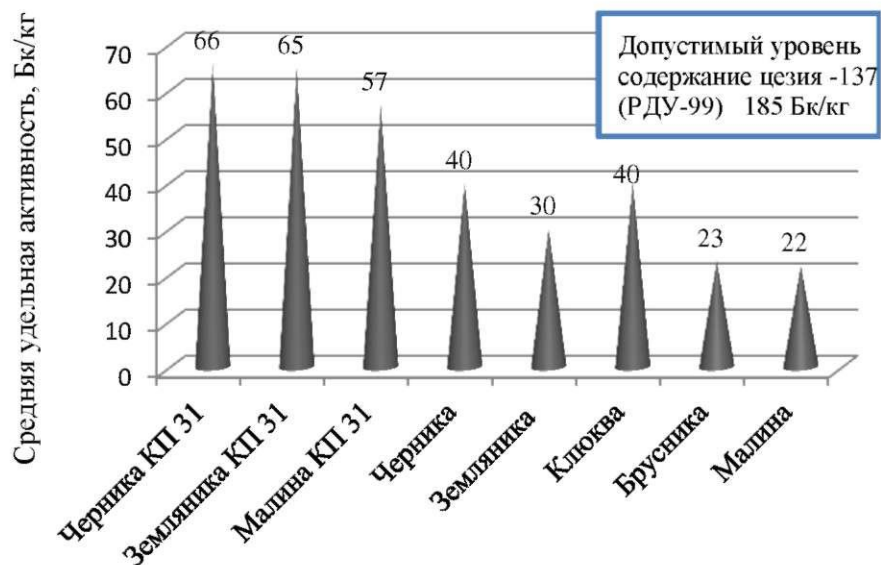


Рис. 5. Радиационный контроль лесных ягод на контрольных полигонах ГЛХУ «Костюковичский лесхоз»

Fig. 5. Radiation monitoring of wild berries at range control stations of State Forestry Institution «Kostukovitchsky forestry»

Для анализа перехода ^{137}Cs в продукцию леса были проведены исследования по содержанию ^{137}Cs в профиле лесных почв, т.к. более детальную картину перехода ^{137}Cs дает изучение вертикальной миграции ^{137}Cs вглубь почвы.

Перераспределение радионуклидов в слоях подстилки и минеральной толще почвы в лесных экосистемах характеризуются различной динамикой, протекает с неодинаковой интенсивностью и определяется различными процессами. В лесной подстилке – в основном за счет ежегодного поступления на ее поверхность относительно более чистого растительного опада; а в минеральной толще – в результате протекания миграционных процессов [21].

Табл. 1. Содержание ^{137}Cs в исследованных образцах ягод

Table 1. ^{137}Cs content in the examined berry samples

Ягоды	Район сбора	Удельная активность, Бк/кг
Черника	Бельничский р-н, д. Рафолово	42,9±12,6
Черника	Быховский р-н, д. Чечевичи	44,3±18,7
Черника	Могилевский р-н, д. Хоново	24,6±50,4
Клюква	Круглянский р-н, г.п. Круглое	21,5±6,43
Клюква	Мстиславский р-н	8,86±11,5
Клюква	Бельничский р-н	31,8±8,62
Малина	Дрибинский р-н, д. Коровчино	5,76±13,9

Радиоцезий, попав в почву лесных насаждений, вступает в реакцию с почвенной органикой, минералами, подвергается воздействию поровых растворов, корневых выделений растений, произрастающих на этой почве, сапролинов. Важное значение оказывает на него длительность влияния химических показателей почвы. Совокупность вышеперечисленных факторов обуславливает процесс «старения» радионуклида, трансформации его состояний в почве [22].

Для исследования миграционных процессов ^{137}Cs в лесных фитоценозах производился послойный отбор проб почвы (шаг 5 см) на глубину корнеобитаемого слоя – 20 см и лесная подстилка. Исследования распределения ^{137}Cs по профилю лесных почв проводились на радиационно-загрязненных территориях Славгородского района Могилевской области. Пробные площадки (ПП) размером 10×10 м закладывались на территории леса, произрастающего на автоморфных почвах с разной плотностью загрязнения ^{137}Cs : ПП № 1 – на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs 37–185 кБк/м², ПП № 2 – на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs 185–555 кБк/м², ПП №3 – на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs 555–1480 кБк/м². Исследованию подвергался смешанный тип леса, с доминирующей породой – сосна.

Предварительно, в каждой из точек, отбиралась подстилка с помощью шаблона 20×20 см и определялась ее мощность. До отбора подстилки в этих точках, на первых этапах исследований, определялась мощность эквивалентной дозы излучения (МЭД), в воздухе и на поверхности почвы с помощью дозиметра МКС АТ-6130 при погрешности не более 10 %. Результаты измерения мощности эквивалентной дозы излучения представлены в табл. 2.

Табл. 2. Мощность эквивалентной дозы излучения на исследуемых пробных площадках

Table 2. Intensity of equivalent radiation dose in the examined sample areas

Пробная площадка	Мощность эквивалентной дозы излучения на высоте 1 м, мкЗв/ч	Мощность эквивалентной дозы излучения на поверхности почвы, мкЗв/ч	Значения естественного радиационного фона Республики Беларусь, мкЗв/ч
ПП №1	0,11±0,01	0,16±0,02	не более 0,2
ПП №2	0,26±0,03	0,33±0,03	не более 0,2
ПП №3	0,97±0,1	1,2±0,12	не более 0,2

В табл. 3 представлены результаты распределения ^{137}Cs по профилю автоморфных лесных почв Славгородского района Могилевской области.

Табл. 3. Распределение ^{137}Cs по профилю автоморфных лесных почв

Table 3. Distribution of ^{137}Cs on a profile of automorphic forest soils

Пробная площадка	Удельная активность ^{137}Cs в лесной подстилке Бк/кг	Удельная активность ^{137}Cs на глубине 0–5 см, Бк/кг	Удельная активность ^{137}Cs на глубине 5–10 см, Бк/кг	Удельная активность ^{137}Cs на глубине 10–15 см, Бк/кг	Удельная активность ^{137}Cs на глубине 15–20 см, Бк/кг
	% от запаса в 20 см слое	% от запаса в 20 см слое	% от запаса в 20 см слое	% от запаса в 20 см слое	% от запаса в 20 см слое
ПП №1	<u>155±34,7</u> 11,5	<u>412±90,7</u> 30,6	<u>450±94,0</u> 33,4	<u>277±60,6</u> 20,5	<u>52,4±12,9</u> 3,9
ПП №2	<u>1180±236</u> 11,7	<u>5230±1050</u> 51,8	<u>2560±512</u> 25,3	<u>772±154</u> 7,6	<u>358±73,5</u> 3,5
ПП №3	<u>3310±663</u> 14	<u>9720±1940</u> 41	<u>6250±1300</u> 26,4	<u>2070±423</u> 8,7	<u>2350±470</u> 9,9

Исследование вертикальной миграции ^{137}Cs показало, что основная масса ^{137}Cs , не зависимо от плотности загрязнения почв, находится на глубине залегания грибницы лесных грибов (5–10 см) и лесной подстилке. Медленные миграционные процессы ^{137}Cs сохраняют проблему получения продукции леса, удовлетворяющей требованиям РДУ-99.

На основании данных вертикального распределение ^{137}Cs рассчитано положение центра запаса радионуклида для минеральной почвы по формуле В. П. Краснова

$$h_{1/2} = \frac{\sum h_i \cdot A_i}{\sum A_i}, \quad (1)$$

где $h_{1/2}$ – центр запаса, см;

h_i – глубина i -слоя, см;

A_i – активность радионуклида в i -слое, Бк.

Исследования, проводимые рядом авторов 1991 и 2014 годах вертикальной миграции ^{137}Cs в автоморфных почвах сосновой формации показали, что центр запаса радионуклида по Краснову В. П. в мохово-подстилочной компоненте (ППК) находился в 1991 г. на глубине 3,2 см, а в 2014 г. – 6 см. В самой же почве в 1991 г. – на глубине 6,5 см, а в 2014 г. на глубине 6,1 см. В 1991 г. в сосняке на автоморфных почвах в мохово-подстилочной компоненте ППК находилось свыше 55 % запаса ^{137}Cs , в слое 0–5 см – 32,5 %, более 10 см – 0,25 %, а в 2014 г. в подстилке соответственно было около 20 % запаса ^{137}Cs , в почве – почти 80 %, в т.ч. в слое 0–5 см – 60 %, глубже 10 см – 9 % [23].

Результаты расчета центра запаса ^{137}Cs в лесных почвах на исследованных ПП Славгородского района Могилевской области представлены в табл. 4.

Табл. 4. Центр запаса ^{137}Cs в лесных почвах

Table 4. Stock center of ^{137}Cs in forest soils

Пробная площадка	Центр запаса ^{137}Cs в минеральной части почвы, см	Центр запаса ^{137}Cs в подстильно-почвенном комплексе (ППК), см
ПП № 1	8,7	9,6
ПП № 2	7,9	9,97
ПП № 3	11,3	11,8

Результаты исследования показали, что процесс смещения центра запаса ^{137}Cs продолжается и этот процесс проходит быстрее в автоморфных почвах с высокой плотностью загрязнения (ПП № 3). В ППК в настоящее время находится не более 15 % запаса ^{137}Cs .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, высокий процент проб грибов с превышением РДУ-99 остается практически неизменным на протяжении многих лет, что связано со стабильно высоким содержанием ^{137}Cs в верхних минеральных слоях лесной почвы (5–10 см) и лесной подстилке, а также способностью грибов активно накапливать ^{137}Cs в плодовом теле. В связи с тем, что горизонты с максимальным накоплением загрязнений совпадают с глубиной максимальной поглощающей активности корневых систем растений, поэтому лесные травы и кустарничковые (черника, брусника, голубика) почти целиком используют элементы минерального питания из наиболее загрязненных горизонтов почвы. Однако переход ^{137}Cs в лесные ягоды значительно меньше, чем в грибы, что обуславливает снижение максимальной удельной активности ^{137}Cs в лесных ягодах и доли проб с превышением требований РДУ-99, по сравнению с лесными грибами.

В целом радиационная обстановка улучшается очень медленно: уменьшаются плотность загрязнения почв ^{137}Cs , мощность дозы гамма-излучения, содержание радионуклидов в лесной продукции, что обусловлено радиоактивным распадом ^{137}Cs и его миграцией вглубь почвы. Скорость смещения центра запаса ^{137}Cs зависит от плотности загрязнения почв.

Следовательно, остается актуальным радиационный контроль производимой на радиационно-загрязненных территориях лесной пищевой продукции. Следует отметить, что для предупреждения потребления загрязненной радионуклидами пищевой продукции леса значительное внимание в области уделяется информированию населения о возможности радиационного контроля продуктов в сети лабораторий радиационного контроля (в т.ч. 20 лабораторий в системе санэпидслужбы), которая доступна для населения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – 2-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
- 2 Переволоцкий, А. Н. К вопросу о многолетней динамике мощности дозы внешнего γ -излучения в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий // Радиация и риск, 2012. – Том 21, № 4. – С. 61–65.
- 3 Мирончик, А. Ф. Влияние потребления продукции животноводства на формирование дозы внутреннего облучения населения, проживающего в зоне радиоактивного загрязнения / А. Ф. Мирончик // Могилевский Меридиан. – Т. 4. – Вып. 1: Актуальные проблемы экологической и экономической географии. – Могилев, 2004. – № 1. – С. 93–96.
- 4 Миненко, В. Ф. Реконструкция среднegrупповых и коллективных накопленных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС / В. Ф. Миненко, С. С. Третьякович, С. В. Трофимик, Т. С. Кухта / Метод. указания, утв. 20.02.2003 г. – Минск: Комчэрнобыль, 2003. – 41 с.
- 5 Переволоцкий, А. Н. Оценка содержания ^{137}Cs в лесных грибах и ягодах в зоне штатных выбросов Белорусской АЭС / А. Н. Переволоцкий, Т. В. Переволоцкая // Радиация и риск, 2013. – Том 22, № 2 – С. 61–65.
- 6 Цыбулько, Н. Н. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н. Н. Цыбулько [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск: Институт радиологии. 2011. – 438 с.
- 7 Переволоцкий, А. Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. Гомель: РНУУП «Институт радиологии». 2006. – 255 с.
- 8 Переволоцкий, А. Н. Оценка вовлечения ^{137}Cs в биологический круговорот сосновыми биогеоценозами // А. Н. Переволоцкий, Т. В. Переволоцкая // Радиационная биология. Радиэкология. 2012. – Том 52, № 4 – С. 401–408.
- 9 Азовская, О. Н. Исследование степени радиоактивного загрязнения пищевой продукции леса и ее вклад в дозовую нагрузку населения. / О. Н. Азовская, В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич // Труды БГТУ, серия 1, № 2. – Минск, 2018. – С. 251–258.
- 10 Щеглов, А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах / А. И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 268 с.
- 11 Щемелева, Л. М. Что нужно знать при посещении леса и заготовке грибов и лесных ягод. [Электронный ресурс] / УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья». – Могилев, 2017. – Режим доступа: <http://www.moge.by> – Дата доступа: 15.10.2017.
- 12 Радиационный контроль. Обследование земель лесного фонда. Порядок проведения. ТКП 498-2013. Введ. 03.10.2013. Минск, 2013. – 28 с.
- 13 Радиационный мониторинг лесного фонда. Обследование постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения ТКП 499-2013. – Введ. 03.10.2013. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 28 с.
- 14 Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения. ТКП 251-2010 (02080). – Введ. 28.06.2010. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 25 с.
- 15 Результаты радиационного контроля продукции. [Электронный ресурс] / Радиационный контроль. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://bellesozaschita.by/> / Дата доступа: 01.10.2018.
- 16 Радиационный контроль. [Электронный ресурс] Официальный сайт Могилевского ГПЛХО. – Могилев, 2019. – Режим доступа: <http://www.plho.mogilev.by/> – Дата доступа: 28.10.2019.
- 17 Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). ГН 10-117-99.
- 18 Липницкий, Л. В. Радиационный контроль. Могилевская область за 2016 год / Л. В. Липницкий, М. В. Устищенко, Л. М. Щемелева и др. // Информационный бюллетень. / УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья». – Могилев, 2017. – 36 с.
- 19 Прогноз загрязнения лесного фонда. [Электронный ресурс] / Официальный сайт. Государственное учреждение по защите и мониторингу леса. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://bellesozaschita.by/>. – Дата доступа: 15.10.2018.
- 20 Радиационный контроль. [Электронный ресурс] / Официальный сайт ГЛХУ «Быховский лесхоз». – Режим доступа: <http://www.bykhovleshoz.by/> – Дата доступа: 11.10.2018.
- 21 Щеглов, А. И. Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении / А. И. Щеглов, О. Б. Цветнова // Природа. – 2001. – № 4. – С. 23–33.

22 Булко, Н. И. Трансформация форм нахождения ^{137}Cs в почвах насаждений различного состава в дальней зоне чернобыльской катастрофы спустя четверть века/Н. И. Булко// Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – Выпуск 74. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2014. – С. 380–391.

23 Булко, Н. И. Особенности длительных процессов миграции чернобыльского ^{137}Cs в автоморфных и гидроморфных почвах сосновых фитоценозов в дальней зоне аварии на ЧАЭС/Н. И. Булко, М. А. Шабалева, Н. В. Митин, Н. В. Толкачева, А. К. Козлов//Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – Выпуск 75. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2015. – С. 391–404.

Поступила в редакцию 04.12.2019 г.

ОБ АВТОРАХ

Светлана Николаевна БAITOVA, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой охраны труда и экологии, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: baitava268@mgup.by.

Дина Анатольевна Липская, старший преподаватель кафедры охраны труда и экологии, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: lidinan@mail.ru.

Ульяна Владимировна Рудакова, студент 3 курса, специальность «Природоохранная деятельность», Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: r.ulyana.rud@gmail.com.

Полина Александровна Сухановская, студент 3 курса, специальность «Природоохранная деятельность», Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: polina.suhanovskaya2000@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Svetlana N. Baitova, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Labor Protection and Ecology, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: baitava268@mgup.by.

Dina A. Lipskaya, senior teacher of the Department of Labor Protection and Ecology, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: lidinan@mail.ru.

Uliana V. Rudakova, student, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: r.ulyana.rud@gmail.com

Polina A. Sukhanovskaya, student, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: polina.suhanovskaya2000@mail.ru.