

ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ALL-ENGINEERING QUESTIONS OF TIMBER PROCESSING COMPLEX

УДК 613.2-046.55

Р. А. Чарнушэвіч, А. У. Дамнянкова, С. У. Кісялёў, Н. А. Азоўская
Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт

АСАБЛІВАСЦІ АРГАНІЗАЦЫІ ХАРЧАВАННЯ НАСЕЛЬНІЦТВА ВА ЎМОВАХ ПАВЫШАНАЙ РАДЫЯЦЫЙНАЙ РЫЗЫКІ

Праведзены аналіз фактараў, якія ўплываюць на фарміраванне доз унутранага апраменьвання насельніцтва Беларусі, пражываючага на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях.

На паступленне і назапашванне радыенуклідаў у арганізме чалавека аказваюць уплыў асаблівасці харчавання. Асноўныя прадукты, якія спажывае насельніцтва, – гэта малако і малочныя прадукты, бульба, мясныя прадукты, у значна меншай колькасці гародніна і садавіна. Насельніцтва Рэспублікі Беларусь, асабліва сельскія жыхары, часта спажывае і так званыя «дары лесу» – ягады, грыбы, мяса дзікіх жывёл, рыбу і інш.

Па выніках даследаванняў, на харчовыя прадукты лесу, якія складаюць усяго некалькі адсоткаў ад масы штодзённага рацыёну сельскіх жыхароў Беларускага Палесся, даводзіцца да 50% паступлення агульнай актыўнасці цэзія-137 у іх арганізм ад агульнай колькасці ежы.

Калі ў насельніцтва на працягу года харчовы рацыён уключае чатыры асноўныя прадукты (мяса, малако, бульбу і гародніну), то сумарная доза ўнутранага апраменьвання складзе каля 0,9 мЗв, па гэтых кампанентах харчовага рацыёна неабходна паменшыць дапушчальныя ўзроўні забруджвання.

Для зніжэння доз унутранага апраменьвання і разбуральнага дзеяння радыяцыі неабходна рэгулярна ўжываць у ежу агародніну і садавіну, якія ўтрымліваюць пекцінавыя рэчывы.

Ключавыя словы: доза ўнутранага апраменьвання, радыенукліды, радыеактыўнае забруджванне, цэзій-137.

Для цытавання: Чарнушэвіч Р. А., Дамнянкова А. У., Кісялёў С. У., Азоўская Н. А. Асаблівасці арганізацыі харчавання насельніцтва ва ўмовах павышанай радыяцыйнай рызыкі // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 1 (264). С. 201–207. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-22.

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

PROBLEMS OF FOOD SUPPLY FOR POPULATION UNDER INCREASED RADIATION RISKS

The paper analyzes factors affecting internal radiation doses of people residing in the radionuclides contaminated areas of Belarus.

Radionuclides can enter the human body with food consumed by people. The basic diet of Belarusian people includes such main foodstuffs as milk and dairy products, potatoes, meat, some fruit and vegetables. Non-timberresourcesofforest, i. e., berries, mushrooms, game meat, fish also make an integral part of people's diet.

Studies show that 'forest foodstuffs' make only insignificant proportion of everyday diet of rural residents of Belarusian Polesye. However, these foodstuffs can provide up to 50% of cesium-137 total activity in the human body.

The four main constituents of the annual human diet (beef, milk, potatoes and vegetables) will result in the total internal radiation dose of 0,9 mSv, permissible contamination levels shall be reduced for these diet constituents.

In order to reduce the internal radiation doses and eliminate radiation hazards, the human diet should include fruit and vegetables containing pectin and having radioprotective properties.

Keywords: internal dose, radionuclides, radioactive contamination, cesium-137.

For citation: Chernushevich G. A., Domnenkova A. V., Kiselev S. V., Azovskaya N. O. Problems of food supply for population under increased radiation risks. *Proceeding of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 1 (264), pp. 201–207. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-22 (In Belarusian).

Уводзіны. Адной з найбуйнейшых тэхнагенных катастроф канца 20-га стагоддзя, якая аказала значны негатыўны ўплыў на вядзенне гаспадарчай дзейнасці на тэрыторыі Беларусі, стала аварыя на Чарнобыльскай АЭС (ЧАЭС) [1].

Галоўным наступствам гэтай аварыі з’явілася радыяцыйнае забруджванне значнай тэрыторыі радыенуклідамі цэзія-137, стронцыя-90 і інш. Асаблівасцю гэтых радыенуклідаў з’яўляецца тое, што пасля паступлення ў навакольнае асяроддзе, яны лёгка ўключаюцца ў біялагічныя цыклы міграцыі, што ў канчатковым выніку абумоўлівае іх лёгкае паступленне ў арганізм жывёл і чалавека і прыводзіць да дадатковага ўнутранага апраменьвання [1, 2].

Калі ў першыя месяцы, гады пасля аварыі, галоўная частка дозавай нагрузкі для паўднёвых рэгіёнаў Беларусі фарміравалася за кошт знешняга апраменьвання, то на сённяшні дзень асноўную дозавую нагрузку ад уздзеяння радыяцыі (на розных ацэнках ад 70 да 90%) жыхары забруджаных радыенуклідамі раёнаў Беларусі атрымліваюць за кошт спажывання прадуктаў харчавання, вырабленых у прыватным сектары, і «дароў лесу», якія не прайшлі прамысловую перапрацоўку [2, 3].

Небяспека ўнутранага апраменьвання, выкліканага паступленнем радыенуклідаў унутр арганізма, абумоўлена тым, што іх дзеянне працягваецца ўвесь час, пакуль радыенукліды не будуць выведзены з арганізма ў выніку абменных працэсаў або радыеактыўнага распаду [3–5].

У Рэспубліцы Беларусь тэрыторыя ляснога фонду, аднесёная да зон радыеактыўнага забруджвання, складала на 1 студзеня 2022 г. 1513,14 тыс. га, або 15,62% ад агульнай плошчы. Асноўная доля забруджаных радыенуклідамі лясоў знаходзіцца ў падпарадкаванні Міністэрства лясной гаспадаркі (Мінлясгаса) Рэспублікі Беларусь (81,7%) і Дэпартаменту па ліквідацыі наступстваў катастрофы на ЧАЭС Міністэрства па надзвычайных сітуацыях (14,3%). Згодна з прагнозам на 2026 г. (праз 40 гадоў пасля аварыі на ЧАЭС), плошча ляснога фонду Мінлясгаса ў зонах радыеактыўнага забруджвання паменшыцца да 1123,0 тыс. га, з асноўнай доляй (92%) забруджаных лясоў у Гомельскім і Магілёўскім ДВЛГА [6, 7].

Такім чынам, у зоне радыеактыўнага забруджвання застанецца значная тэрыторыя. У сувязі

з гэтым найважнейшым фактарам для насельніцтва, якое пражывае на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях, з’яўляецца выкананне асаблівых нормаў паводзін, харчавання, каб звесці радыяцыйныя наступствы да мінімуму і павялічыць рэзерв арганізма ў адносінах да разбуральных уздзеянняў радыяцыі [3, 5, 8–12].

Асноўная частка. Небяспека радыенуклідаў, якія трапілі ў навакольнае асяроддзе, вызначаецца тым, што ў выніку радыеактыўных распадаў іх ядраў вылучаецца высокаэнергетычнае выпраменьванне ў выглядзе патокаў часціц або квантаў. Такое выпраменьванне называюць іанізуючым [4].

Уздзеянне іанізуючага выпраменьвання на арганізм уяўляе сабой многастадыны працэс, які ўключае ў сябе фізічную, хімічную і біялагічную стадыі. Першасным працэсам уздзеяння іанізуючага выпраменьвання з’яўляюцца іанізацыя і ўзбуджэнне атамаў і малекул у тканках і арганізме ў цэлым. Далей, у выніку хімічных рэакцый, якія назіраюцца ў клетках пад уплывам іонаў, адбываюцца змяненні ў малекулах бялкоў, ліпідным пласце мембран, ДНК і іншых элементах клетак, што прыводзіць да парушэння біяхімічных працэсаў у арганізме і магчымага развіцця прамянёвай хваробы. Такое ўздзеянне на арганізм можа мець зваротны і незваротны характар [4].

У залежнасці ад колькасці іанізуючага выпраменьвання, дзеючага на арганізм чалавека (дозы выпраменьвання), вылучаюць два віды эфектаў: *дэтэрмінаваныя*, пры якіх цяжкасць наступстваў апраменьвання вызначаецца велічынёй дозы (прамянёвая хвароба, прамянёвы апёк, бясплоддзе і інш.) і *стахастычныя* (найбольш верагодныя) эфекты, пры якіх доза вызначае не цяжкасць, а верагоднасць наступлення таго ці іншага захворвання (злаякасныя пухліны, лейкозы і інш.). Умоўнай мяжой паміж гэтымі эфектамі з’яўляецца доза выпраменьвання, роўная прыкладна 1 Грэю [4].

Гранічна дапушчальныя дозы апраменьвання насельніцтва рэгламентуюць крытэрыі ацэнкі радыяцыйнага ўздзеяння: гігіенічны нарматыў (ГН ад 28.12.2012 № 213) [13]. Гэты нарматыўны дакумент устанаўлівае, што для насельніцтва, з улікам асоб з персаналу, па-за

сферай і ўмоў іх вытворчай дзейнасці, мяжа дозы агульнага апраменьвання 1 мЗв/год у сярэднім за любыя паслядоўныя 5 гадоў, але не больш за 5 мЗв/год.

Асноўным дозаўтваральным элементам з'яўляецца цэзій-137. Цэзій добра раствараецца ў вадзе і хутка распаўсюджваецца ў навакольным асяроддзі. Пры наяўнасці цэзія-137 у глебе ён усмоктваецца раслінамі і па харчовым ланцугам трапляе ў арганізм чалавека [2, 14].

Такім чынам, асноўным шляхам пранікнення цэзія-137 у арганізм чалавека з'яўляецца харчовы шлях, менш істотным – інгаляцыйны шлях, напрыклад у выпадку ўзняцця пылу забруджаннага грунту альбо ў выніку лясных пажараў на забруджанай радыенуклідамі тэрыторыі.

У цяперашні час значны ўклад у дозу ўнутранага апраменьвання насельніцтва ўносяць лясныя харчовыя прадукты, галоўным чынам, грыбы і ягады, якія з'яўляюцца прадуктам спажывання сельскіх жыхароў, пражываючых на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях [5, 9].

Спажыванне лясных ягад на аднаго жыхара Беларусі складае ў сярэднім 3–10 кг у год, што прыводзіць да павелічэння дозы ўнутранага апраменьвання на 0,3–0,6 мЗв/год пры шчыльнасці забруджвання 185 кБк/м² [5, 11].

На паступленне радыенуклідаў у арганізм чалавека аказваюць уплыў і асаблівасці харчавання насельніцтва. Да асноўных прадуктаў, якія ўжывае насельніцтва Беларусі, адносяцца малако і малочныя прадукты, бульба, мясныя прадукты, а таксама невялікая колькасць гародніны і садавіны. У рацыёне сельскіх жыхароў шырока выкарыстоўваюцца лясныя прадукты, так званыя «дары лесу», – ягады, грыбы, мяса дзікіх жывёл, рыба і інш.

Пасля аварыі на ЧАЭС жыхары забруджаных тэрыторый Беларусі пастаянна спажываюць харчовыя прадукты, якія ўтрымліваюць доўгажывучыя радыенукліды, што прыводзіць

да хранічнага ўздзеяння малых доз радыяцыі на арганізм чалавека.

Пры пастаянным спажыванні забруджаных цэзіем-137 прадуктаў харчавання разлік індывідуальнай дозы ўнутранага апраменьвання ажыццяўляецца па формуле

$$H_{\text{унутр}} = k \sum_i m_i \cdot A_{m_i},$$

дзе k – пераліковы каэфіцыент, які роўны $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк; m_i – гадавое спажыванне i -га прадукту харчавання, кг; A_{m_i} – удзельная актыўнасць i -га прадукту, Бк/кг [4].

Для абмежавання ўнутранага апраменьвання насельніцтва ў Беларусі ўстаноўлены Рэспубліканскія дапушчальныя ўзроўні (РДУ-99) – нарматывы гранічна дапушчальнага ўтрымання радыенуклідаў цэзію-137 і стронцыю-90 у прадуктах харчавання [15, 16].

Сярэднія данныя аб гадавым спажыванні асноўных прадуктаў харчавання жыхарамі рэспублікі за 2020–2021 гг., вынікі разлікаў іх актыўнасці па колькасці цэзію-137, якія адпавядаюць прадуктам РДУ-99, і магчымая гадавая доза ўнутранага апраменьвання пры гэтым рацыёне прыведзены ў табл. 1.

З табл. 1 бачна, што пры дадзеным харчовым рацыёне сумарная доза ўнутранага апраменьвання складзе каля 1 мЗв. А сумарная гадавая доза ўнутранага апраменьвання набывае значэнне 0,86 мЗв/г пры укладзе чатырох асноўных прадуктаў (мяса, малака, бульбы і гародніны). Такім чынам, па гэтых кампанентах харчовага рацыёну варта паменшыць дапушчальныя ўзроўні забруджвання.

Вынікі разлікаў магчымых доз апраменьвання пры спажыванні насельніцтвам 10 кг лясных ягад у год, нарыхтаваных на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях, прадстаўлены ў табл. 2.

Табліца 1

Спажыванне асноўных прадуктаў харчавання на душу насельніцтва ў год, кг

Прадукт	Гадавое спажыванне, кг, л	РДУ-99, Бк/кг	Гадавое паступленне, Бк/год	Гадавая доза, мЗв / год
Мяса, мясапрадукты	99	180	24 750	0,322
Малочныя прадукты	247	50	12 350	0,160
Яйкі	(268 шт.) 13,7	50	685	0,009
Рыба	12,5	180	2250	0,030
Цукар	38,5	60	2310	0,030
Алей	17,2	40	688	0,009
Бульба	174	80	13 920	0,180
Гародніна	152	100	15 200	0,198
Садавіна	98	40	3920	0,050
Хлеб, крупы	92	40	3680	0,047
Вада	365	10	3650	0,047
Разам (рацыён)	—	—	83 403	1,084

З данных, прыведзеных у табл. 2, бачна, што доза ўнутранага апраменьвання насельніцтва за кошт спажывання ягад можа складаць 2 мЗв/год і больш.

Табліца 2

Вынікі разлікаў магчымых доз апраменьвання за кошт спажывання ягад

Павярховае забруджанне ^{137}Cs , Кы/км^2 (кБк/м^2)	Доза за кошт спажывання ягад, 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

У адпаведнасці з гігіенічным нарматывам (ГН ад 28.12.2012 № 213), індывідуальная гранічна дапушчальная доза ад тэхнагенных крыніц, якую чалавек можа атрымаць за ўсё перыяд жыцця, складае 70 мЗв, або 1 мЗв/год. Ужыванне адных толькі лясных ягад, нарыхтаваных на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях, можа правесці да перавышэння індывідуальнай гранічна дапушчальнай дозы ў 1 мЗв/год [13].

Любая дадатковая доза радыяцыі звыш прыроднага радыяцыйнага фону з'яўляецца небяспечнай для чалавека і патрабуе абавязковага прыняцця мер па яе зніжэнні.

Паступленне радыенуклідаў у арганізм чалавека можа адбывацца як напрамую, напрыклад пры непасрэдным ужыванні харчовых прадуктаў, сабраных на забруджаных тэрыторыях, так і па харчовых ланцугах праз першасных і другасных спажыўцоў [2].

Значнаму зніжэнню канцэнтрацыі радыенуклідаў у прадуктах харчавання садзейнічае тэхналагічная і кулінарная іх апрацоўка. Зніжэнне ўтрымання цэзію-137 у прадуктах заснавана на тым, што цэзій раствараецца ў вадзе.

Разгледзім ніжэй спосабы памяншэння канцэнтрацыі радыенуклідаў у асноўных прадуктах сельскагаспадарчай вытворчасці [2]:

– пры падрыхтоўцы бульбы, караняплодаў, гародніны і садавіны, збожжа прымяняюцца прыёмы першаснай ачысткі, выдаленне частак прадукту, у якіх назапашваецца больш за ўсё радыенуклідаў. Механічная ачыстка дазваляе зменшыць да 50% радыенуклідаў, якія знаходзяцца на паверхні і ў вонкавых пластах прадукту. Засолка гародніны і садавіны памяншае колькасць цэзія-137 на 30–40%, так як апошні пераходзіць у расол, які спажываць нельга;

– перад кулінарнай апрацоўкай мясных прадуктаў неабходна старанна прамыць іх пад

праточной вадой. Рэкамендуецца вымочваць мяса на працягу 2 гадз у падсоленай халоднай вадзе, лепш праточнай, і зліваць адвар пасля 10-хвіліннага кіпячэння. Гэта дазваляе паменшыць канцэнтрацыю радыенуклідаў у гатовых прадуктах на 50–80%;

– для атрымання чыстай малочнай прадукцыі неабходна праводзіць радыеметрычны кантроль кармоў. Малако можна перапрацоўваць на сыр і інш. У працэсе сепарацыі малака да 90% усіх радыенуклідаў застаецца ў сыроватцы.

Варта адзначыць, што нават пры паступленні радыеактыўнага цэзію ў арганізм чалавека, ён не застаецца там назаўжды. Ачышчэнне арганізма чалавека ад радыенуклідаў ідзе праз ныркі, печань, страўнік. Без прымянення спецыяльных сродкаў біялагічны перыяд паўвыведзення з арганізма цэзію-137 у дарослага чалавека складае 90–150 дзён, у дзяцей – 15–75 дзён у залежнасці ад узросту. Гэта значыць, што нават пражываючы на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях, але спажываючы чыстыя (без радыенуклідаў) прадукты харчавання, можна пазбегнуць дадатковай дозавай нагрузкі на арганізм. Значна стымулюе вывад цэзію-137 з арганізма спажыванне прадуктаў, багатых каліем [2–4].

Для памяншэння ўнутранага апраменьвання магчыма правядзенне паскоранага вывадзення радыенуклідаў з арганізма. Гэта дасягаецца прымяненнем спецыяльных прэпаратаў-энтэрасарбентаў. Здольнасцю звязваць і паскорана выводзіць з арганізма радыенукліды валодаюць некаторыя харчовыя прадукты, у прыватнасці пекцін. У Рэспубліцы Беларусь выпускаюць пекцінавыя харчовыя дабаўкі «Вітапект» і «Вітапект-2». Прынцып дзеяння пекцінавых прэпаратаў, якія дазваляюць паскорана выводзіць радыенукліды, заснаваны на тым, што пекцін здольны эфектыўна звязваць і выводзіць з арганізма радыенукліды і іншыя шкодныя для чалавека рэчывы. Пекцінавыя рэчывы ўяўляюць сабой прыродныя арганічныя злучэнні-поліцукрыды і ўтрымліваюцца ў розных колькасцях у гародніне і садавіне. Ачышчэнне арганізма ідзе больш паспяхова, калі рэгулярна піць натуральныя сокі, ужываць гародніну і садавіну, якія змяшчаюць пекціны [2, 4, 5, 12].

Больш за ўсё пекціну змяшчаецца ў цытрусовых: лімонах, апельсінах, мандарынах. З мясцовых прадуктаў шмат пекціну змяшчаецца ў яблыках, слівах, грушах, журавінах, рабіне, моркве і сталовых бураках, таму іх важна ўжываць круглы год.

Арганізм чалавека можа паменшыць паступленне радыенуклідаў, стварыўшы рэзервы жыццёва важных для яго рэчываў. У табл. 3 прыведзены стабільныя элементы, якія блакуюць паглыннанне арганізмам радыенуклідаў [2, 10].

Табліца 3
Выбарчае паглынне радыенуклідаў

Стабільны элемент	Радыенуклід
Кальцый	Стронцый-90
Ёд	Ёд-131
Жалеза	Плутоній-238,-239
Калій	Цэзій-137
Цынк	Цынк-65

Пералічаныя вышэй блакавальныя элементы знаходзяцца ў той ці іншай канцэнтрацыі ў звычайных прадуктах харчавання. Такім чынам, выключэнне дэфіцыту асноўных элементаў у арганізме чалавека блакуе паглынне радыеактыўных рэчываў.

У сучасных умовах ежа павінна акрамя асноўных функцый – задавальнення фізіялагічных патрэбаў у харчовых рэчывах і энергіі спрыяць адаптацыі арганізма да неспрыяльных умоў навакольнага асяроддзя і выконваць лячэбна-прафілактычныя задачы, таму харчаванне ставіцца да тых найважнейшых фактараў, якія на працягу ўсяго жыцця ўздзейнічаюць на здароўе чалавека.

Медыцынскія даследаванні па ацэнцы фактычнага харчавання розных груп насельніцтва Беларусі праявілі шэраг негатыўных тэндэнцый, якія праяўляюцца ў зніжэнні спажывання свежай гародніны, садавіны і морапрадуктаў, павелічэнні спажывання хлебабулачных і макаронных вырабаў, тлушчаў жывёльнага паходжання, разнастайных рафінаваных прадуктаў харчавання. Варта таксама адзначыць, што тэхналагічная апрацоўка прадуктаў харчавання значна зніжае ўтрыманне біялагічна актыўных кампанентаў.

У арганізацыі харчавання насельніцтва ва ўмовах радыеактыўнага забруджвання тэрыто-

рыі неабходна ўлічваць шэраг іншых неспрыяльных фактараў навакольнага асяроддзя, ладу жыцця і інш., уздзеянне якіх на чалавека можа мець і больш значныя наступствы.

Заклучэнне. Тэрыторыя Беларусі, забруджаная радыенуклідамі, складае каля 16% ад агульнай плошчы [6, 7]. Праблема харчавання на забруджаных радыенуклідамі тэрыторыях будзе захоўвацца яшчэ працяглы час, арганізацыя харчавання насельніцтва ў гэтых умовах захоўвае сваю актуальнасць. Вынікі кантролю змянення радыяцыйнага становішча і радыяцыйнага кантролю прадукцыі павінны быць выкарыстаны для інфармавання жыхароў населеных пунктаў, размешчаных на тэрыторыях, забруджаных радыенуклідамі [6].

Пры наведванні лясоў неабходна звяртаць увагу на інфармацыйныя знакі, якія размешчаны на тэрыторыях радыеактыўнага забруджвання. Збор грыбоў і ягад дазволены, з абавязковым радыёметрычным кантролем, у лясах са шчыльнасцю забруджвання да 2 Кь/км² [17]. Праверыць «дары лесу» (і іншыя прадукты харчавання) на ўтрыманне радыенуклідаў можна ў пунктах радыяцыйнага кантролю мясцовых лясгасаў або ў радыелагічных лабараторыях цэнтраў гігіены і эпідэміялогіі, у ветэрынарных лабараторыях рынкаў. У лясгасах і лясніцтвах устаноўлены спецыяльныя стэнды, якія змяшчаюць інфармацыю аб радыеактыўным забруджванні лясной прадукцыі, дзеючых нарматываў утрымання ў ёй радыенуклідаў, картасхемы радыеактыўнага забруджвання лясоў [17, 18].

Збалансаванае харчаванне вырашае шмат актуальных задач: задавальняе патрэбы арганізма чалавека ў розных рэчывах і вітамінах, выконвае ахоўную, адаптыўную функцыі, павышае ўстойлівасць арганізма да радыеактыўнага фактару.

Спісак літаратуры

1. Ипатьев В. А., Багинский В. Ф., Булавик И. М. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации. Гомель: Рецикая укрупнен. тип., 1999. 454 с.
2. Савенко В. С. Радиоэкология. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 208 с.
3. Байрашевская Д. А. Формирование дозы внутреннего облучения населения, употребляющего продукты загрязненных лесных экосистем. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2005. 330 с.
4. Чернушевич Г. А., Перетрухин В. В. Радиационная безопасность. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2018. 198 с.
5. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Оптимизация питания населения, проживающего в условиях повышенного экологического риска // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. 2009. Вып. XVII. С. 268–273.
6. Радиационный контроль // Гос. учреждение по обороне и мониторингу леса «Беллесозащита». URL: <https://bellesozaschita.by/radiacionnyj-kontrol> (дата обращения: 07.01.2022).
7. Карбанович Л. Н. Площадь радиационного загрязнения лесов уменьшилась // Белорус. лесная газ. 2022. 6 янв. С. 2.
8. Карбанович А. В., Сермакшева Е. В., Домненкова А. В. Контроль индивидуальных доз внешнего облучения работников лесного хозяйства // Лесное и охотничье хозяйство. 2014. № 2. С. 19–23.

9. Домненкова А. В., Домненков В. А. Радиационный контроль продукции побочного пользования // *Технология органических веществ: тез. докл. 79-й науч.-техн. конф.*, Минск, 2–6 февр. 2015 г. Минск, 2015. С. 38.
10. Домненкова А. В. Организация рационального питания в условиях радиационного фактора // *Технология органических веществ: тез. докл. 80-й науч.-техн. конф.*, Минск, 1–12 февр. 2016 г. Минск, 2016. С. 3.
11. 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. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов*. 2018. № 2 (210). С. 251–257.
12. Босак В. Н., Сачивко Т. В. Обеспечение продовольственной безопасности регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС // *Развитие агропромышленного производства и сельских территорий: сб. Междунар. науч.-практ. конф.*, Новосибирск, 2 марта 2016 г. Новосибирск, 2016. С. 70–74.
13. Критерии оценки радиационного воздействия: ГН 28.12.2012. № 213. Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2012. 136 с.
14. Домненкова А. В., Карбанович Л. Н. Особенности миграции цезия-137 по компонентам лесного биогеоценоза // *Сахаровские чтения 2016 года: экологические проблемы XXI века: материалы 16-й Междунар. науч. конф.*, Минск, 19–20 мая 2016 г. Минск, 2016. С. 211.
15. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей непищевой продукции лесного хозяйства: ГН 11.01.2001. № 4. Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2001. 5 с.
16. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде: ГН 02.05.2001 № 8/5786. Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 1999. 10 с.
17. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Минск, 2016. 16 с.
18. Босак В. Н., Сачивко Т. В., Домненкова А. В. Обеспечение радиационной безопасности в лесном хозяйстве Республики Беларусь // *Дальневосточная весна – 2018: материалы 16-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности*, Комсомольск-на-Амуре, 27 апр. 2018 г. Комсомольск-на-Амуре, 2018. С. 221–224.

References

1. Ipatjev V. A., Baginskiy V. F., Bulavik I. M. *Les. Chelovek. Chernobyl'. Lesnyye ekosistemy posle avarii na Chernobyl'skoy AES: sostoyaniye, prognoz, reaktsiya naseleniya, puti reabilitatsii* [Forest. Person. Chernobyl. Forest ecosystems after the Chernobyl accident: state, forecast, public reaction, ways of rehabilitation]. Gomel, Rechitskaya ukрупnyonnaya tipografiya Publ., 1999. 454 p. (In Russian).
2. Savenko V. S. *Radioekologiya* [Radioecology]. Minsk, Dizayn PRO Publ., 1997. 208 p. (In Russian).
3. Bajrashevskaya D. A. *Formirovaniye dosy vnutrennego oblucheniya naseleniya, upotrebyayushchego produkty zagryasnennykh lesnykh ekosistem* [Formation of internal exposure doses of the population consuming food products of contaminated forest ecosystems]. Minsk, MGEU Publ., 2005. 330 p. (In Russian).
4. Chernushevich G. A., Peretrukhin V. V. *Radiatsionnaya bezopasnost'. Laboratornyy praktikum:* [Radiation safety. Laboratory workshop]. Minsk, BSTU Publ., 2018. 198 p. (In Russian).
5. Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A. Optimization of nutrition of the population living in conditions of increased environmental risk. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2009, issue XVII, pp. 268–273 (In Russian).
6. Radiation control. URL: <https://bellesozaschita.by/radiacionnyj-kontrol> (accessed 01.07.2022) (In Russian).
7. Karbanovich L. N. The area of radiation pollution of forests has decreased. *Belorusskaya lesnaya gazeta* [Belarus forest newspaper], 2022, January 6, p. 2 (In Russian).
8. Karbanovich L. N., Semaksheva E. V., Domnenkova A. V. Control of the constant dose of exposure of forest workers. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo* [Forestry and hunting], 2014, no. 2, pp. 19–23 (In Russian).
9. Domnenkova A. V., Domnenkov V. A. Radiation control of side-use products. *Tekhnologiya organicheskikh veshchestv: tezisy 79-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Technology of organic substances: abstracts of the 79th scientific and technical conference]. Minsk, 2015, p. 38 (In Russian).
10. Domnenkova A. V. Organization of rational nutrition under the conditions of the radiation factor. *Tekhnologiya organicheskikh veshchestv: tezisy 80-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Technology of organic substances: abstracts of the 80th scientific and technical conference]. Minsk, 2016, p. 3 (In Russian).
11. Azovskaya N. O., Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A. Investigation of the degree of radioactive contamination of food products of the forest and its contribution to the dose load of the population. *Trudy BGTU*. [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry, Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2 (210), pp. 251–257 (In Russian).

12. Bosak V. N., Sachivko T. V. Ensuring food security of the regions affected by the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Razvitiye agropromyshlennogo proizvodstva i sel'skikh territoriy: sbornik Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Development of agro-industrial production and rural areas], Novosibirsk, 2016, pp. 70–74 (In Russian).

13. GN 28.12.2012. Criteria for assessing radiation exposure. No. 213. Minsk, Ministry of Health of the Republic of Belarus Publ., 2012. 136 p. (In Russian).

14. Domnenkova A. V., Karbanovich L. N. Peculiarities of cesium-137 migration along the components of forest biogeocenosis. *Sakharovskiye chteniya 2016 goda: ekologicheskiye problemy XXI veka: materialy 16-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Sakharov Readings 2016: environmental problems of the XXI century: materials of the 16th International Scientific Conference]. Minsk, 2016, p. 211 (In Russian).

15. GN 11.01.2001. Republican permissible limits of cesium-137 content in the wood, wood products and wood-based materials and other non-food forest products. No. 4. Minsk, Ministry of Health of the Republic of Belarus Publ., 2001. 5 p. (In Russian).

16. GN 02.05.2001. Republican permissible limits of cesium-137 and strontium-90 radionuclides content in food and drinking water. No. 8/5786. Minsk, Ministry of Health of the Republic of Belarus Publ., 2001. 10 p. (In Russian).

17. *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. (In Russian).

18. Bosak V. N., Sachivko T. V., Domnenkova A. V. Ensuring radiation safety in the forestry of the Republic of Belarus. *Dal'nevostochnaya vesna – 2018: materialy 16-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po problemam ekologii i bezopasnosti* [Far Eastern Spring – 2018: materials of the 16th International Scientific and Technical Conference on the problems ecology and safety]. Komsomolsk-on-Amur, 2018, pp. 221–224 (In Russian).

Інфармацыя аб аўтарax

Чарнушэвіч Рыгор Аляксеевіч – старшы выкладчык кафедры бяспекі жыццядзейнасці. Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт (220006, г. Мінск, вул. Святлода, 13а, Рэспубліка Беларусь). E-mail : gregory1946@belstu.by

Дамнянкова Алеся Уладзіміраўна – кандыдат сельскагаспадарчых навук, дацэнт кафедры бяспекі жыццядзейнасці. Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт (220006, г. Мінск, вул. Святлода, 13а, Рэспубліка Беларусь). E-mail : adomnenkova@gmail.com

Кісялёў Сяргей Уладзіміравіч – кандыдат тэхнічных навук, старшы выкладчык кафедры бяспекі жыццядзейнасці. Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт (220006, г. Мінск, вул. Святлода, 13а, Рэспубліка Беларусь). E-mail : kiselev@belstu.by

Азоўская Наталля Алегаўна – кандыдат сельскагаспадарчых навук, старшы выкладчык кафедры бяспекі жыццядзейнасці. Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт (220006, г. Мінск, вул. Святлода, 13а, Рэспубліка Беларусь). E-mail : azovskaya_natasha@tut.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

Domnenkova Alesya Vladimirovna – PhD (Agriculture), Assistant Proffesor, 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

Azovskaya Natalya 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

Пастыніў 15.10.2022