

Обзорная статья/Review Article

УДК 637.049

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-172-179

**Галина Андреевна Донская¹, Людмила Геннадьевна Креккер²✉,
Елена Вячеславовна Колосова³, Виктор Михайлович Дрожжин⁴**^{1,2,3,4}Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия¹g_donskaya@vnimi.org²l_krekker@vnimi.org³e_kolosova@vnimi.org⁴v_drozzhin@vnimi.org

АЛИМЕНТАРНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ РАДИАЦИИ

Известно, что загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами, вызванное аварией на атомно-энергетических объектах или при использовании ядерного оружия, приводит к облучению населения с последующим каскадом крайне негативных патологических процессов в организме. Следствием повышенных уровней радиации могут быть лейкозы, онкологии, бесплодие, сердечно-сосудистые заболевания, нарушения иммунитета, поражения костной системы. Попавшие в атмосферу радионуклиды, мигрируя по пищевой цепочке, попадают в организм человека, становятся длительными источниками облучения. Цель работы – показать целесообразность создания алиментарных средств защиты от радиации на основе молочных продуктов в условиях неблагоприятной радиационной обстановки. Снижения радиационной нагрузки можно достичь путем модификации молочных продуктов веществами – радиопротекторами, оказывающими защитное действие при введении в организм до или во время воздействия ионизирующей радиации; веществами – митигаторами, вводимыми после воздействия ионизирующей радиации, но до появления клинических признаков лучевого поражения. В качестве таких ингредиентов рецептур молочных продуктов можно рассматривать антагонисты радионуклидов: калий, кальций и йод, вещества, способствующие снижению влияния радиоактивности и выведению радиации; антиоксиданты, ослабляющие действие источников лучевого поражения и останавливающие окислительные процессы. Среди большого ассортимента средств стоит отдавать предпочтение натуральным источникам радиопротекторов, так как их использование в меньшей степени может быть осложнено побочными эффектами и изменением пищевой и биологической ценности молочных продуктов.

Ключевые слова: радиация, радионуклиды, йод-131, стронций-90, цезий-137, алиментарные средства защиты, радиопротекторы

Для цитирования: Алиментарные средства защиты от радиации / Г.А. Донская [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 172–179. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-172-179.

**Galina Andreevna Donskaya¹, Lyudmila Gennadievna Krekker²✉,
Elena Vyacheslavovna Kolosova³, Viktor Mikhailovich Drozhzhin⁴**^{1,2,3,4}All-Russian Scientific Research Institute of Dairy Industry, Moscow, Russia¹g_donskaya@vnimi.org²l_krekker@vnimi.org³e_kolosova@vnimi.org⁴v_drozzhin@vnimi.org

ALIMENTARY MEANS OF PROTECTION AGAINST RADIATION

It is known that contamination of the environment with radioactive substances caused by an accident at nuclear power facilities or the use of nuclear weapons leads to exposure of the population, followed by a cascade of extremely negative pathological processes in the body. The consequence of elevated levels of radiation can be leukemia, oncology, infertility, cardiovascular disease, impaired immunity, and damage to the skeletal system. Radionuclides released into the atmosphere, migrating along the food chain, enter the human body and become long-term sources of radiation. The purpose of the work is to show the feasibility of creating alimentary means of protection against radiation based on dairy products in an unfavorable radiation environment. Reducing the radiation load can be achieved by modifying dairy products with substances – radioprotectors that have a protective effect when introduced into the body before or during exposure to ionizing radiation; substances – mitigators, administered after exposure to ionizing radiation, but before the appearance of clinical signs of radiation injury. Radionuclide antagonists can be considered as such ingredients of dairy products formulas: potassium, calcium and iodine, substances that help reduce the effect of radioactivity and eliminate radiation; antioxidants that weaken the effect of sources of radiation damage and stop oxidative processes. Among a large range of products, preference should be given to natural sources of radioprotectors, since their use can be less complicated by side effects and changes in the nutritional and biological value of dairy products.

Keywords: radiation, radionuclides, iodine-131, strontium-90, cesium-137, alimentary protective equipment, radioprotectors

For citation: Alimentary means of protection against radiation / G.A. Donskaya [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(4): 172–179. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-172-179.

Введение. Существующие в мире запасы ядерного оружия и объекты ядерно-топливного цикла представляют потенциальную опасность для здоровья и жизни населения. Испытания ядерного оружия, проведенные ранее, привели к повышению концентрации радионуклидов в атмосфере. Опыт использования атомной энергии в мирных и военных целях насчитывает не один десяток случаев неконтролируемых выбросов в окружающую среду радиоактивных веществ. Примером могут служить авария на НПО «Маяк» (1949–1957 г.), приведшая к загрязнению территорий на Южном Урале; авария в Уиндскейле (Англия) в 1957 г.; авария на АЭС «Три Майл Айленд» (США) в 1979 г.; авария на ЧАЭС (1986 г.) [1] и, наконец, авария в Фукусиме (Япония) в 2011 г. Непредвидимые выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду загрязняют водоемы, продукты животноводства, растениеводства, морепродукты. Потребление загрязненных нуклидами пищевых продуктов приводит в конечном итоге к облучению населения и многочисленным негативным последствиям. Для профилактики радиационных поражений, с момента применения ядерного оружия в Японии, проводятся исследования по созданию радиопротекторов. Рассматриваются раз-

личные соединения как химического, так и природного происхождения [2, 3]. По мнению авторов [4, 5], лишь немногие из этих соединений могут применяться для профилактики радиационных поражений в силу низкой переносимости. Нерешенными остаются вопросы продолжительности использования этих протекторов, а также условия их применения без участия медицинской помощи [6].

В настоящее время в России зарегистрирован и разрешен к применению в качестве средства противорадиационной защиты один радиопротектор Б-190 (индралин), в США и странах Западной Европы – амифостин (Ethyol, WR-2721) [4, 7]. Согласно аналитическим данным, разработка радиопротекторов сдерживается из-за отсутствия эффективных, нетоксичных и безопасных для потребления соединений [8].

В продуктах повседневного спроса радиопротекторной направленности, в т. ч. молочных, нуждается не только население, проживающее в потенциально возможном очаге радиоизлучения, но и люди, принимающие лечение радиоизотопами, проходящие радиолучевую диагностику, работающие в зоне электромагнитного излучения. С развитием энергетики ежегодно количество людей, нуждающихся в радиопротекторной

модификации рациона питания, увеличивается, поэтому решение данной проблемы сегодня занимает особое место в вопросах стратегической безопасности населения.

Цель исследования – на основании аналитических данных показать целесообразность создания алиментарных средств защиты населения от радиации с помощью радиопротекторной модификации молочных продуктов.

Материалы и методы. Исследованию подлежала современная научно-техническая информация в области алиментарных средств защиты от радиационного излучения. Поиск специализированной литературы был осуществлен с использованием электронных баз данных Scopus, Elibrary.

Результаты и их обсуждение. Существенный вклад, как показали первые месяцы событий на Чернобыльской атомной станции, в радиоактивность выбросов представляют короткоживущие изотопы, которые составляют основную часть бета-, гамма-активности радионуклидов [1]. При этом молоко коров, выпасаемых на открытой местности, в местах локального выпадения осадков содержало короткоживущие радионуклиды йода-131 и стронция 89. Попадая с продуктами питания в организм человека, йод-131 с периодом полураспада 8,1 сут откладывается в щитовидной железе и представляет особую опасность, в первую очередь для детского населения. Период его полувыведения из организма составляет около 120 сут.

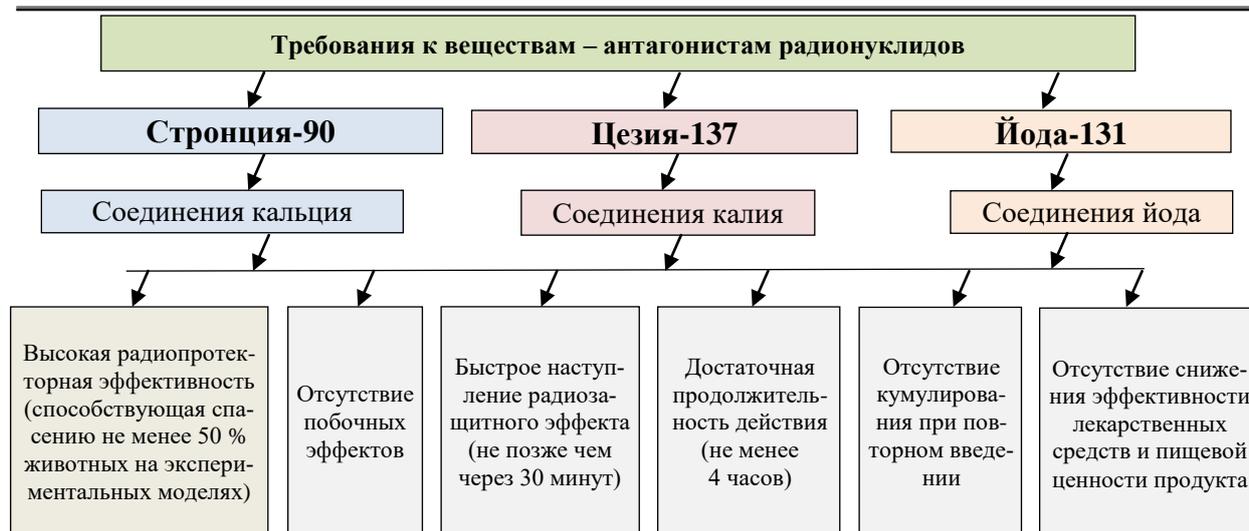
По мере прекращения выбросов в атмосферу короткоживущих нуклидов наибольшую опасность представляют радионуклиды цезия и стронция. Попадая в организм человека и животных, они становятся источниками гамма- и бета-облучения. Радионуклиды цезия и стронция, являясь химическими аналогами широко распространенных в природе калия и кальция, отличаются высокой миграционной способностью. Стронций-90 в большей степени накапливается в костной ткани, заменяя в ней кальций. Усиливается поступление нуклида через раневые и ожоговые поверхности, растворимые соединения стронция хорошо всасываются в кишечнике. Резорбция зависит от возраста человека, физиологического состояния, характера

питания и особенно содержания в рационе кальция. Она колеблется от 10 до 60 %. В больших количествах стронций всасывается у детей, вызывает уродство костей. Рахитогенное действие стронция связывают с блокированием действия витамина D и избыточным отложением в костях фосфора. Период выведения стронция составляет примерно 20 лет. Биологический период его полувыведения из организма соответствует 35 годам. Эффективный период его полувыведения из организма – 15,6 лет [9].

Особую опасность при этом представляет бета- и гамма-излучатель цезий-137 с периодом полураспада 30 лет. Попадая в организм человека с водой или продуктами животноводства, в том числе с молоком, он распределяется в основном в мышечной ткани. Период его полувыведения из мышечной ткани соответствует 140 сут. До 5–10 % радиоцезия накапливается в печени с периодом полувыведения 90 сут. Из других тканей период полувыведения радиоцезия составляет до 40 сут [9, 10].

Попадая с продуктами питания в организм, радионуклиды цезия, стронция и йода-131 инициируют развитие свободнорадикальных процессов окисления липидов, окислительно-восстановительных процессов, приводят к глубоким метаболическим изменениям [11]. Снизить процесс накопления радиоактивного йода в щитовидной железе можно своевременным приемом йодированных препаратов. Стабильный йод не вытесняет радиоактивный, связанный в щитовидной железе в тиреоидных гормонах, но препятствует фиксации радионуклида в ее ткани при профилактическом применении [9].

При длительном облучении населения необходимо предусмотреть меры, позволяющие существенно снизить дозовые нагрузки, обеспечить защиту уже облученного организма. В этом направлении существует два пути. Первый – по линии радиохимической защиты, второй – средствами алиментарной профилактики, рассчитанный на обогащение продуктов аналогами радионуклидов. Но к веществам – антагонистам радионуклидов, используемым до и в период лучевого поражения в качестве алиментарного средства, предъявляются определенные требования, они представлены на рисунке [5, 8, 10].



Общие требования к веществам – антагонистам радионуклидов

Кроме вышеперечисленных требований, необходимо учитывать, что наиболее эффективными могут быть химические радиопротекторы, которые разрабатываются применительно к условиям массированного радиационного воздействия и используются при остром облучении. Впервые возможность снижения лучевого поражения была показана у млекопитающих в 1949 г. при применении цистеина, в 1950 г. – на примере глутатиона и позже – с помощью тиомочевины [11]. Основным недостатком химических радиопротекторов является относительно высокая токсичность, что ограничивает их длительное применение и использование в качестве обогащающего компонента при модификации молочных продуктов.

Поиск алиментарных средств профилактики является направлением, позволяющим обеспечить эффективную радиозащиту в условиях неблагоприятной радиационной обстановки. Применение в качестве алиментарных средств природных биологически активных добавок позволяет использовать их длительное время в силу абсолютной безвредности.

На сегодняшний день приблизительно 74 растительных продукта были протестированы на их радиозащитный потенциал в различных исследованиях *in vitro* и *in vivo* [12]. Установлено, что радиопротекторный ингредиент для введения в состав молочного продукта должен обладать цитопротекторными, регенерирующими, антиоксидантными, стимулирующими иммунную систему свойствами. При подборе сырья для производства радиопротекторных молочных продуктов необходимо проводить оценку безо-

пасности, в том числе на содержание естественных и искусственных радионуклидов, при проведении технологической обработки необходимо оценивать активную кислотность компонента, учитывать неравномерность накопления биологически активных веществ, обладающих радиозащитным, иммуноактивирующим или адаптогенным действием, а также вероятность их разрушения при термическом воздействии и хранении [10, 12].

Так, для защиты от радиоактивных стронция или кальция необходимо обогащение диеты кальцием, а для защиты от радионуклидов цезия и йода важно обогащение калием и йодом. Нельзя исключать комплексного воздействия нескольких микроэлементов. В работе [13] отмечено, что радиопротекторная модификация в отношении цезия-137 может быть реализована с помощью солей кальция, железа и калия совместно. Внесение кальция обеспечивает уже в первые сутки приема выведение цезия с мочой и испражнениями по сравнению с калием, что предполагает вывод о значительном влиянии дефицита кальция в рационе питания на изменения организма при радионуклидной нагрузке. Ряд продуктов, разработанных во ВНИМИ к настоящему времени [14–18], а также продукты детского питания, обогащенные микроэлементами, витаминами, йодказеином, уже можно позиционировать как алиментарные средства защиты от радиации.

Для усиления сорбции радионуклидов в ЖКТ и выведения их из организма можно использовать активированный уголь, силикагель, пище-

вые волокна, декстрины, хлорофилл, каррагинан, танины, цеолит, хитозан, альгинаты, пектины, кремниевые сорбенты и др. [13, 19]. Пектины, клетчатка и готовые энтеросорбенты гарантированно сорбируют, нейтрализуют и способствуют выведению из организма микробных токсинов, солей тяжелых металлов (свинца, ртути, стронция, цезия, урана и др.). К ним также предъявляются следующие требования для использования в качестве компонентов молочных продуктов: отсутствие токсичности; неразрушение в ЖКТ; неповреждение слизистых оболочек; неокказание влияния на микрофлору ЖКТ; выведение из организма токсичных веществ; неокказание негативного влияния на органолептические свойства готового продукта; достаточная эвакуация из кишечника. Однако в данном случае существует опасность выведения из организма эссенциальных микроэлементов. В связи с этим использование сорбентов для удаления радионуклидов из организма должно быть регламентировано временными интервалами.

Нормативные требования к веществам-митигаторам связаны с их химической природой и способом получения, они включают такие показатели качества, как рН, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы, микробиологическая чистота, размер частиц, распадаемость, средняя масса; для кремнийсодержащих энтеросорбентов – количественное определение кремния и другие физико-химические показатели [16].

Установлено, что наноразмерный диоксид кремния, например, кроме сорбирующего эффекта в определенных концентрациях оказывает влияние на развитие оксидантного стресса. Антиоксидантный эффект при этом достигается при внесении до 100 мкл наноразмерного диоксида кремния. Среднесуточная доза «белого угля» на основе оксида кремния, по данным В.А. Филиппова и соавторов, в несколько раз меньше по сравнению с активированным углем (2–12 и 20–30 г/сут), что играет решающую роль при выборе в пользу диоксида кремния в период выведения радиации. По данным В.Н. Козлова и коллектива авторов, смесь высокометоксилированного пектина и 40 %-го водного экстракта люцерны в соотношении 1 : 4 обнаруживает адьювантные и синергические свойства ее составляющих. Так, если у крыс 2-й группы на 30-е сут после острого однократного облучения сохранялись явно выраженные признаки деструкции в ткани печени, то у животных 4-й груп-

пы, получавших фитокомплекс на основе экстракта люцерны и биополисахарида, процессы пострадиационного восстановления структуры печени протекали более интенсивно. Полученные результаты согласуются с выводами ряда исследователей, показавших наличие противорадионуклеидных свойств как у люцерны, так и у пектина, проявляющих энтеросорбционные свойства в отношении изотопов цезия-137 и стронция-90 [20].

Обогащение молочных продуктов конкурирующими элементами или стабильными аналогами радионуклидов является наиболее приемлемым вариантом создания алиментарных средств защиты от радиации. Естественно, при этом необходимо учитывать нормы физиологических потребностей организма в том или ином микроэлементе, сочетаемость его с пищевым продуктом, сохранность в процессе технологической обработки и ряд других важных факторов, например продолжительность приема. Так, кратковременное удвоение количества кальция в обычном рационе снижает накопление стронция-90 в организме на 20–40 %. Длительное поступление кальция с водой приводит к достоверному снижению накопления стронция-90 [12].

Известно, что организм отвечает на лучевое поражение, как на любое стрессорное воздействие, мобилизацией антиоксидантной системы. В условиях длительного облучения, при истощении антиоксидантной системы организма, внесение природных антиоксидантов в обогащенные продукты будет играть роль субстратной терапии [19]. Учитывая, что ионизирующее облучение активизирует развитие свободно-радикальных процессов, приводящих к различным, в т. ч. онкологическим, заболеваниям, наличие в рационе природных антиоксидантов в модифицированном рационе питания будет способствовать уменьшению негативных последствий.

Целесообразно в связи с этим вводить дополнительно в молочные продукты витамины-антиоксиданты А, Е, снижающие биологические эффекты ионизирующего излучения [20]. Не влияя на первичные процессы развития лучевых повреждений ДНК клеток, антиоксиданты могут снизить лучевое повреждение мембран и обеспечить более адекватные энергически зависимые адаптивные и репаративные процессы после облучения.

Заключение. Таким образом, аналитический обзор литературы показал, что обогащение молочных продуктов конкурирующими элементами радионуклидов цезия, стронция, йода или их стабильными аналогами в сочетании с пищевыми волокнами и энтеросорбентами, а также природными антиоксидантами, позволяет создать алиментарные средства защиты от радиации на основе молочных продуктов. В условиях неблагоприятной радиационной обстановки, обусловленной выбросом в окружающую среду радионуклидов с длительными периодами полураспада, потребление обогащенных молочных продуктов будет способствовать снижению всасываемости радиоактивных веществ, выведению их из организма или предотвращать замену жизненно важных микроэлементов на их радиоактивные аналоги.

Список источников

1. Бударков А.В. Радиационная ситуация в условиях аварийной работы радиационно опасных объектов // Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных. М., 2017. С. 24.
2. Rosen E.M., Day R., Singh V.K. New approaches to radiation protection // Front. Oncol. 2014. V. 4. P. 381. Publ. online 2015 Jan 20. DOI: 10.3389/fonc.2014.00381.
3. Состояние и перспективы развития средств профилактики и лечения радиационных поражений / В.Д. Гладких [и др.]. М.: Комментарий, 2017. 303 с.
4. Radiation countermeasure agents: an update / V.K. Singh [et. al.] // Expert Opin. Ther. Pat. 2014. V. 24. № 11. P. 1229–1255.
5. Хабриев Р.У. Биосовместимые препараты-протекторы против воздействия радиации: современный взгляд на проблему // Ремедиум. 2021. № 4. С. 3–8. DOI: 10.32687/1561-5936-2021-25-4-3-8.
6. Rosen E.M., Day R., Singh V.K. New approaches to radiation protection // Front. Oncol. 2015. Vol. 20. № 4. P. 381.
7. Гребенюк А.Н. Перспективы использования радиопротекторов для повышения эффективности медицинской противорадиационной защиты Вооруженных сил // Военно-медицинский журнал. 2013. Т. 334, № 7. С. 46–50.
8. Radioprotectors and mitigators of radiation induced normal tissue injury / D. Citrin [et. al.] // Oncologist. 2010. Vol. 15. № 4. P. 360–371.
9. Руководство по организации медицинской помощи при радиационных авариях / А.К. Гуськова [и др.]. М.: Энергоатомиздат, 1989. 87 с.
10. Шандала Н.К. Экспериментальное изучение влияния БАД «Цыгапан» на выведение стронция-90 из организма, а также доступности остеотропного элемента кальция, присутствующего в «Цыгапане» для усвоения: отчет / Госуд. науч. центр РФ, Ин-т биофизики. 1999. URL: www.cigopan.ru.
11. Васин М.В. Противолучевые лекарственные средства / Российская мед. акад. последипломного образования Минздрава России. М., 2010. 180 с.
12. Пуджа Шиванна, Гризильда Видья Бернхардт. Природные радиопротекторы о текущих и будущих перспективах: мини-обзор // Журнал фармации и биологических наук. 2022. Т. 14, вып. 2. С. 57–71. DOI 10.4103/jpbs.jpbs_502_21.
13. Анненков Б.Н. О роли изотопного и неизотопного носителя в обмене стронция-90 у животных // Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов: сб. ст. / под ред. Ю.И. Моисеева. М.: Атомиздат, 1966. С. 151–159.
14. Донская Г.А. Паста творожная для коррекции метаболизма кальция // Вестник МГТУ. 2020. № 3. С. 250–259. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-250-259.
15. Зобкова З.С. Настоящее и будущее цельномолочного производства // Молочная промышленность. 1999. № 12. С. 8.
16. Разработки ВНИМИ в области создания нового поколения функциональных продуктов / О.Б. Федотова [и др.] // Актуальные проблемы молочной отрасли (21–23 июня 2016 г.): сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф. Углич, 2016. С. 15–18.
17. Зобкова З.С. Выбор комплекса антиоксидантов для молочных систем с использованием физико-химических методов // Молочная промышленность. 2019. № 4. С. 46–49.
18. Агаркова Е.Ю. Белки молочной сыворотки как источники антиоксидантной активности пептидов // Сыроделие и маслоделие. 2021. № 2. С. 38–40.

19. *Culter R.G.* Carotenoids and retinol: their possible impatence in determing Gevity of primate spesies // Proc. Natl. Acad. Sei. USA. 1984. V. 81. № 23. P. 1092–1093.
20. *Паранич А.В.* О роли жирорастворимых витаминов А и Е в профилактике биологических эффектов ионизирующего излучения в различных тканях // Радиобиология. 1992. Т. 32, № 3. С. 743.

References

1. *Budarkov A.V.* Radiacionnaya situaciya v usloviyah avarijnoj raboty radiacionno opasnyh ob'ektov // Radiobiologiya. Radiacionnaya bezopasnost' sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. M., 2017. S. 24.
2. *Rosen E.M., Day R., Singh V.K.* New approaches to radiation protection // Front. Oncol. 2014. V. 4. P. 381. Publ. online 2015 Jan 20. DOI: 10.3389/fonc.2014.00381.
3. Sostoyanie i perspektivy razvitiya sredstv profilaktiki i lecheniya radiacionnyh porazhe nij / *V.D. Gladkih* [i dr.]. M.: Kommentarij, 2017. 303 s.
4. Radiation countermeasureagents:an update / *V.K. Singh* [et.al.] // Expert Opin. Ther. Pat. 2014. V. 24. № 11. P. 1229–1255.
5. *Habrieu R.U.* Biosovmestimye preparaty-protektory protiv vozdeystviya radiacii: sovremennyj vzglyad na problemu // Remedium. 2021. № 4. S. 3–8. DOI: 10.32687/1561-5936-2021-25-4-3-8.
6. *Rosen E.M., Day R., Singh V.K.* New approaches to radiation protection // Front. Oncol. 2015. Vol. 20. № 4. P. 381.
7. *Grebnyuk A.N.* Perspektivy ispol'zovaniya radioprotektorov dlya povysheniya `effektivnosti medicinskoj protivoradiacionnoj zaschity Vooruzhennyh sil // Voenno-medicinskij zhurnal. 2013. T. 334, № 7. S. 46–50.
8. Radioprotectors and mitigators of radiation induced normal tissue injury / *D. Citrin* [et. al.] // Oncologist. 2010. Vol. 15. № 4. P. 360–371.
9. Rukovodstvo po organizacii medicinskoj pomoschi pri radiacionnyh avariayah / *A.K. Gus'kova* [i dr.]. M.: `Energoatomizdat, 1989. 87 s.
10. *Shandala N.K.* `Eksperimental'noe izuchenie vliyaniya BAD «Cygapan» na vyvedenie stronciya-90 iz organizma, a takzhe dostupnosti osteotropnogo `elementa kal'ciya, prisutstvuyuschego v «Cygapan» dlya usvoeniya: otchet / Gosud. nauch. centr RF, In-t biofiziki. 1999. URL: www.cigopan.ru.
11. *Vasin M.V.* Protivolucheveye lekarstvennyye sredstva / Rossijskaya med. akad. Poslediplomnogo obrazovaniya Minzdrava Rossii. M., 2010. 180 s.
12. *Pudzha Shivappa, Grizil'da Vid'ya Bernhardt.* Prirodnye radioprotektory o tekuschih i buduschih perspektivah: mini-obzor // Zhurnal farmacii i biologicheskikh nauk. 2022. T. 14, vyp. 2. S. 57–71. DOI 10.4103/jpbs.jpbs_502_21.
13. *Annenkov B.N.* O roli izotopnogo i neizotopnogo nositelya v obmenestronciya-90 u zhivotnyh // Raspredelenie i biologicheskoe dejstvie radioaktivnyh izotopov: sb. st. / pod red. *Yu.I. Moiseeva*. M.: Atomizdat, 1966. S. 151–159.
14. *Donskaya G.A.* Pasta tvorozhnaya dlya korekcii metabolizma kal'ciya // Vestnik MGTU. 2020. № 3. S. 250–259. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-250-259.
15. *Zobkova Z.S.* Nastoyaschee i budushee cell'nomolochnogo proizvodstva // Molochnaya promyshlennost'. 1999. № 12. S. 8.
16. Razrabotki VNIMI v oblasti sozdaniya novogo pokoleniya funkcional'nyh produktov / *O.B. Fedotova* [i dr.] // Aktual'nye problemy molochnoj otrasli (21–23 iyunya 2016 g.): sb. mat-lov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Uglich, 2016. S. 15–18.
17. *Zobkova Z.S.* Vybor kompleksa antioksidantov dlya molochnyh sistem s ispol'zovaniem fiziko-himicheskikh metodov // Molochnaya promyshlennost'. 2019. № 4. S. 46–49.
18. *Agarkova E.Yu.* Belki molochnoj syvorotki kak istochniki antioksidantnoj aktivnosti peptidov // Syrodellie i maslodellie. 2021. № 2. S. 38–40.
19. *Culter R.G.* Carotenoids and retinol: their possible impatence in determing Gevity of primate spesies // Proc. Natl. Acad. Sei. USA. 1984. V. 81. № 23. P. 1092–1093.
20. *Paranich A.V.* O roli zhirorastvorimyh vitaminov A i E v profilaktike biologicheskikh `effektov ioniziruyuschego izlucheniya v razlichnyh tkanyah // Radiobiologiya. 1992. T. 32, № 3. S. 743.

Статья принята к публикации 07.03.2023 / The article accepted for publication 07.03.2023.

Информация об авторах:

Галина Андреевна Донская¹, заведующая лабораторией ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, доктор биологических наук

Людмила Геннадьевна Креккер², младший научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, кандидат технических наук, доцент

Елена Вячеславовна Колосова³, младший научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, кандидат технических наук, доцент

Виктор Михайлович Дрожжин⁴, старший научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов

Information about the authors:

Galina Andreevna Donskaya¹, Head of the Laboratory of Resource-Saving Processes and Functional Products, Doctor of Biological Sciences

Lyudmila Gennadievna Krekker², Junior Researcher, Laboratory of Resource-Saving Processes and Functional Products, Candidate of Technical Sciences, Docent

Elena Vyacheslavovna Kolosova³, Junior Researcher, Laboratory of Resource-Saving Processes and Functional Products, Candidate of Technical Sciences, Docent

Viktor Mikhailovich Drozhzhin⁴, Senior Researcher, Laboratory of Resource-Saving Processes and Functional Products

