Л.А. Ильин, И.К. Беляев

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. ФЕРРОЦИНОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ОЧИСТКИ МОЛОКА ОТ 137CS

L.A. Ilyin, I.K.Belyaev

Liquidation of Consequences of the Chernobyl accident. Ferrocyn Filter Cleaning Milk from ¹³⁷Cs

РЕФЕРАТ

<u>Цель</u>: Ретроспективно-хронологический анализ фактических данных о разработке и результатах натурных испытаний ферроциновых фильтров для очистки молока от ¹³⁷Cs на территориях, загрязненных радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС.

<u>Результаты</u>: В 1988—1990 гг. ферроциновые фильтры испытаны в 1 556 личных хозяйствах Белоруссии, России и Украины. Фильтрующий ферроцин-содержащий волокнистый материал обеспечивал снижение концентрации 137 Cs в молоке до 98,3 %.

<u>Выводы</u>: Разработанные ферроциновые фильтры позволяют получать практически очищенное от радиоактивного цезия молоко.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, ¹³⁷Сs, молоко, ферроциновые фильтры, натурные испытания

ADSTDACT

<u>Purpose</u>: Retrospective-chronological analysis of the evidence on the development and the results of field tests of ferrocyne milk filters from ¹³⁷Cs in the areas contaminated with radionuclides after the Chernobyl accident.

<u>Results</u>: In 1988–1990 years ferrocyne filters were tested in 1556 private households in Belarus, Russia and Ukraine. Filter Prussian Blue fibrous material decrease the concentration of ¹³⁷Cs in milk up to 98.3 %.

<u>Conclusion</u>: Designed ferrocyne filters let you receive practically cleaned milk from radioactive cesium.

Key words: Chernobyl accident, ¹³⁷Cs, milk, ferrocyn filter, navigation tests

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. значительные территории Белоруссии, России и Украины подверглись радиоактивному загрязнению с последующим переходом радионуклидов по пищевым цепочкам в продукты питания.

В процессе широкомасштабных работ по ослаблению последствий аварии на ЧАЭС в течение относительно короткого периода времени удалось взять под дозиметрический и радиометрический контроль молочную продукцию коллективных хозяйств Европейской части бывшего СССР и рынков ее сбыта. Благодаря усилиям ученых агропрома в дальнейшем было оптимизировано сельскохозяйственное производство, в т.ч. молока с целью снижения уровней поступления в организм человека основного дозообразующего долгоживущего радионуклида – цезия-137. В то же время, на фоне циклопических масштабов радиоактивного загрязнения страны порядка 200 тыс. км², достичь подобного положения в тысячах личных хозяйств, по понятным причинам, не удалось. Масштабные проверки подтвердили, что в сравнительном отношении уровни радиоактивного загрязнения молока местного производства цезием-137 (равно как и йодом-131 на ранних и промежуточных фазах аварии) в частном секторе были более высокими. Совершенно очевидно, что на фоне различных рекомендаций и действий (например, временный перевод молочно-продуктивного скота из частного сектора в коллективные

хозяйства) возникла идея о разработке специальных фильтров для молока с целью его дезактивации от 137 Cs.

В 1966—1971 гг. в результате совместных работ Института биофизики МЗ СССР, Ленинградского НИИ радиационной гигиены и Научно-исследовательского химического института Ленинградского Государственного Университета с целью защиты человека от инкорпорации радиоактивного цезия разработан и в 1978 г. на основании Приказа министра здравоохранения СССР № 1253 от 25 декабря 1978 г. внедрен в практику отечественного здравоохранения ферроцин — неорганический катионит, представляющий собой смесь 95 % железо-гексацианоферрата $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ и 5 % железо-гексацианоферрата калия $KFe[Fe(CN)_6]$.

Ферроцианидные препараты, в т.ч. ферроцин, эффективность которых достигает 99 %, занимают ведущее место в ряду испытанных препаратов-блокаторов всасывания 137 Сs в желудочно-кишечном тракте животных и человека [1, 2].

В 1986 г. Л.А. Ильиным и В.П. Борисовым сформулирована и практически реализована идея очистки молока от радиоцезия с использованием ферроцианидов.

27 января 1989 г. на способ получения и на способ применения фильтра для очистки молока от радиоактивного цезия в индивидуальных хозяйствах (ферроцин осажден на нетканое полотно ЦМ-КІ — карбоксилиновая целлюлоза) оформлены заявки на изобретения № 4636782/13 исх. № 2746 от 27.01.89 г. и № 4636781/13 исх. 2745 от 27.01.89 г. [3, 4].

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: 9424159@bk.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: 9424159@bk.ru

В ответ на наше обращение в Правительственную комиссию по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС уже 13 марта 1989 г. было принято Решение № 559 «О разработке специальных фильтров для очистки молока от цезия-137» за подписью Председателя Правительственной комиссии Б.Е.Щербины. Ряду министерств, ведомств, институтов и производственных объединений СССР поручено «организовать выполнение работ по быстрейшему созданию эффективных средств для очистки молока, получаемого в личных подсобных хозяйствах жителей районов РСФСР, Украинской ССР и Белорусской ССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС...».

«Минздаву СССР совместно с Госагропромом СССР провести необходимые медико-биологические испытания фильтров и молока, очищенного от радиоактивного цезия...».

«Минхимпрому СССР совместно с Минлегпромом СССР до реконструкции цеха «Мтилон» изготовить в рязанском производственном объединении «Химволокно» в 1989 г. 10 тонн и в 1990 г. 60 тонн нетканого материала ЦМ-КФ. Для подготовки к его выпуску Госснабу СССР предусмотреть поставку в апреле с.г. по заявке Минхимпрома СССР из резерва или за счет перераспределения между потребителями необходимых для этих целей насосов и запорной аппаратуры».

«Госплану СССР и МВЭСу СССР совместно с Минздравом СССР (т. Сергеевым) рассмотреть предложение Института биофизики Минздрава СССР (т. Ильина) о срочной закупке за рубежом специальной аппаратуры для проведения прецизионных химических, биологических и токсикологических исследований в процессе создания фильтров, имея в виду найти положительное решение этим вопросам».

Таким образом, на основании представленных Институтом биофизики МЗ СССР данных о высокой эффективности ферроциновых фильтров очистки молока от радиоактивного цезия, решением Правительства страны была разработана и осуществлялась широкомасштабная программа создания производственных мощностей промышленного производства ферроциновых фильтров и проведены их натурные медико-биологические испытания с участием целого ряда научных учреждений и органов практического здравоохранения.

В частности, к выполнению этих работ был привлечен созданный в конце 1986 г. Всесоюзный научный центр радиационной медицины АМН СССР (г. Киев), которому в июне 1991 г. решением Правительственной комиссии была поручена координация программы натурных испытаний специальных фильтрующих устройств для очистки молока от цезия-137.

О масштабах этих работ достаточно свидетельствуют следующие данные. В 1988—90 гг. ферроциновые фильтры были испытаны в 1556 личных хозяйствах. При этом фильтрующий ферроцин-содержащий во-

локнистый материал обеспечивал снижение концентрации 137 Cs в молоке в среднем на 98 %.

Результаты и обсуждение

Проведена проверка эффективности сорбции ¹³⁷Cs из молока с использованием ферроцианидов меди и железа на целлюлозных подложках трех типов, разработанных в Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева: мтилоне Т-целлюлозе с привитой аминотиоловой группой; анионите ЦМ-2 с привитой на целлюлозе пиридиновой группой; катионите ЦМ-К 1 с карбоксилированной целлюлозой. При синтезе ферроцианидов в Институте биофизики МЗ СССР в первом и втором случае на подложку сорбировался ферроцианидный анион с использованием 5 %-го K_4 Fe(CN)₆, избыток которого затем отмывался, после чего ткань обрабатывалась 5 %-ым раствором FeCl₃ с последующей отмывкой несорбированного железа. В третьем случае сначала сорбировалось на карбоксильной группе железо из FeCl₃, затем проводилась промывка с последующей обработкой 5 %-ным К₄Fe/ $CN/_{6}$, избыток которой также многократно отмывался. Сушка во всех случаях производилась при комнатной температуре.

Проведенные контрольные опыты с молоком, загрязненным $^{137}\mathrm{Cs}$, показали, что при фильтрации эффективность удаления радионуклида достигала 97—99,6 %.

Для практического внедрения рекомендован в качестве основы третий вариант, где наличие в целлюлозе карбоксильной группы было наиболее безвредным для человека, а ферроцианид, сорбированный на этой подложке, разрешен для медицинского применения как антидот при интоксикации радиоактивным цезием. В дальнейшем при проведении исследований всеми участниками натурных испытаний определялась эффективность ферроциновых фильтров на карбоксилированной целлюлозе ЦМ-К1.

Различные варианты их технологического получения осуществлялись в Институте биофизики МЗ СССР, Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева и в Институте общей и неорганической химии АН УССР. Изучение сорбционной способности проведены на 42 видах фильтров, отличающихся способами производства. Испытано 150 образцов фильтров, 17 видов ферроваты массой по 7 и 3,5 г, полученных из Московского текстильного института им. А.Н. Косыгина Гособразования СССР, 10 фильтров, зашитых в ткань, полученных в Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева и в Институте общей и неорганической химии АН УССР. Для искусственного загрязнения молока использовали ¹³⁷CsCl. Эффективность очистки 100-300 мл молока оценивали в % от контрольного (нефильтрованного молока) на гамма-спектрометре фирмы Norland. Проведены испытания эффективности фильтров в очистке натурального молока из Чечерского района Гомельской области с концентрацией радиоцезия от 10^{-8} до 10^{-6} Ки/л.

Эффективность очистки молока от ¹³⁷Cs фильтрами, полученных по восьми разным технологиям, варьировала от 40 до 80 %. При испытаниях сырья для фильтров в виде ваты, пропитанной ферроцианидом железа, эффективность очистки молока от ¹³⁷Cs достигала 84—99,9 %. Установлено, что материал, закрывающий фильтр, не оказывает влияния на его эффективность (98 %). Сделано заключение о возможности многократного использования фильтра.

На основании данных, полученных в Институте биофизики M3 СССР, изготовлена экспериментальная партия фильтров ЦМ-КФ.

В ноябре 1988 г. в Брянской лаборатории радиационной гигиены НИИРГ и МЗ РСФСР (г. Новозыбков Брянской области) проведены испытания эффективности дезактивации нативно загрязненного ¹³⁷Cs молока путем фильтрации через ионитный материал с закрепленным на нем ферроцином [5]. Обследовались утренние надои 2 ноября 1988 г. в поселках Городечня, Яловка, Увелье Красногородского района. При испытаниях эффективности очистки молока от ¹³⁷Cs проверялось влияние на этот параметр скорости фильтрации и повторных фильтраций, температуры молока, обезжиривания фильтров и их толщины. Очистка путем фильтрации осуществлялась через воронку с плоским дном, на которое укладывалась предварительно смоченная дистиллированной водой ферроцин-содержащая ткань с площадью фильтрующей поверхности 28,3 см². Скорость фильтрации регулировалась изменением числа отверстий в дне воронки. Объем фильтрующей ткани менялся путем изменения числа слоев от 2 до 5 при средней плотности одного слоя $40 \,\mathrm{Mr/cm^2}$.

Представленные фактические данные свидетельствуют о том, что фильтрация молока снижала в нем концентрацию калия с 1,52 (1,48 ÷ 1,56, n = 10) до 1,37 (1,31 ÷ 1,39, n = 10) г/л и не повлияла на концентрацию натрия и кальция, которая составила, соответственно, 0,47 и 1,21 г/л.

Увеличение скорости фильтрации молока при 22—27 °С и плотности обезжиренного фильтра $80 \text{ мг/см}^2\text{ с}$ 1,6 до 24,0 мл/ см² в мин сопровождалось снижением эффективности очистки молока от ^{137}Cs с 78,5 до 50%. Эффективность очистки 1 л молока обезжиренным в горячей воде (90 °C) фильтром с плотностью 200 мг/см^2 в течение 11 мин достигала 98,3%.

При разработке ферроциновых фильтров, осуществляемых уже на основании приказа Минздрава СССР от 27 февраля 1989 г. и решения № 559 Правительственной комиссии от 13 марта 1989 г., с 20 ноября по 4 декабря 1989 г. на территории Ветковского района Гомельской области Белорусской ССР бригадой специалистов Института биофизики МЗ СССР в составе Б.А. Попова, И.К. Беляева, В.М. Гуськова, Т.В. Челышевой, Н.П. Авраменко, при участии радио-

логических лабораторий областной (Гомель) и районной (Ветка) СЭС проведены комиссионные испытания опытной партии фильтров ЦМ-КФ, выпущенной СКТБ с ЭП ИОНХ АН УССР и фильтродержателей.

Исследования проведены на 17 коровах и 18 пробах смешанного молока из коллективных и личных хозяйств населенных пунктов Бартоломеевка, Бесядь, Воробьевка, Глыбовка, Громыки, Новые Громыки, Косинское, Красный Кут, Осово, Сивенка. Проведено измерение 182 проб молока и 85 фильтров. Эффективность фильтров в связывании ¹³⁷Сѕ в молоке оценивалась по остаточной радиоактивности в пробах профильтрованного молока, в сравнении с содержанием ¹³⁷Сѕ в пробах нефильтрованного молока и по его накоплению на фильтрах. Измерение содержания ¹³⁷Сѕ в пробах молока и фильтрах проводилось на переносном полупроводниковом спектрометре фирмы Canberra (USA).

Пробы молока, полученные на Ветковском молокозаводе, измерялись в лаборатории районной СЭС г. Ветки. Эффективность очистки молока от 137 Cs варыровала (n=11) от 36,4 до 75 % при среднем арифметическом значении 63,6 \pm 13,5 %.

Фильтрация через фильтр ЦМ-КФ не оказала отрицательного влияния на качество молока, оцениваемого по показателям жирности и количества белка. Анализ молока до и после фильтрации осуществлен согласно «Инструкции по технохимическому контролю на предприятиях молочной промышленности» (ЦНИИТЭИ, М. 1977). Содержание жира в сборном молоке цистерн (n=9) из коллективных хозяйств до фильтрации составило $3,6\pm0,1\%$, после $-3,6\pm0,1\%$. Содержание белка в молоке коллективных хозяйств до фильтрации $-3,1\pm0,1$, после $-3,1\pm0,1\%$.

Скорость фильтрации не зависела от жирности молока и составила $0.74\pm0.21;\ 1.05\pm0.23;\ 0.85\pm0.25;\ 0.5\pm0.04$ и 0.67 ± 0.12 л/мин при жирности $2.5;\ 3.6;\ 3.8;\ 4.6$ и 4.8 % соответственно.

При увеличении фильтруемого объема молока с 0,5–1,5 л до 1,6–3; 3,1–4,5; 4,6–6,0; 6,1–7,5; 7,6–9,0; 9,1–10,5; 10,6–12,0 л эффективность очистки молока от 137 Cs снижалась с 91,8 \pm 1,5 (88,6 \div 95,3) % до 84,8 \pm 2,2 (72,5 \div 92,8); 78,6; 60,7 \pm 2,3 (36,4 \div 75,4); 75,6 \pm 6,0 (63,9 \div 85,3);69,6 \pm 1,5 (68,0 \div 72,8); 63,6 \pm 5,5 (50,0 \div 81,3) и 68,9 \pm 1,2 (64,3 \div 73,6) %, соответственно.

Эффективность ферроцинового фильтра не уменьшалась при многоразовом его применении, в течение 3 дней: при 1-й, 2-й и 3-й фильтрации она составила, соответственно, 76.3 ± 9.4 , 70.4 ± 11.4 и 76.3 ± 21.9 %.

Эффективность очистки для исследованной партии фильтров варьировала от 36,4 до 95,3 % при среднем значении 76,2 %. Лабораторные образцы фильтров, изученные в Институте биофизики МЗ СССР, имели стабильную эффективность в пределах 95,3—99,4 %.

Испытания фильтров в присутствии и при непосредственном участии жителей населенных пунктов воспринято населением доброжелательно. Повсеместно было высказано желание о скорейшем приобретении и использовании фильтров в личном хозяйстве, в т.ч. лицами, не имеющими на подворье молочного скота.

С 3 по 12 июля 1990 г. бригадой сотрудников Института биофизики МЗ СССР проведены натурные испытания фильтродержателей новой конструкции, изготовленных ПО «Спецатом», и ферроциновых фильтров в Ветковском и Наровлянском районах Гомельской области Белорусской ССР. При фильтрации молока с удельной активностью $1,6 \times 10^{-8}$ Ки/л эффективность очистки молока от 137 Сѕ составила 94,3%. При использовании феррофильтров жителями деревни Побужье Ветковского района Гомельской области при удельной активности $1,4-2,5 \times 10^{-8}$ Ки/л $-79,3\pm1,4\%$. Показано, что при фильтрации молока в объеме 25,5 л степень очистки составляет 82,3% и снижается при фильтрации 43,5 л до 79,6%.

В 1990 г. бригадой ВНЦРМ АМН СССР натурные испытания феррофильтров проводились в населенных пунктах Вежица, Дроздынь, Переходичи и Старое Село Рокитновского района Ровенской области. При средней концентрации ¹³⁷Cs в молоке до фильтрации $3,2\times10^{-8}$ Ки/л остаточная активность была $2,7 \times 10^{-9}$ Ки/л. Эффективность очистки молока составила 91,6 %. В октябре-ноябре 1990 г. испытание фильтров осуществлялось в селах Верхняя, Средняя и Нижняя Рудня, Кованка, Переборы, Усово, Черновка Оручского района Житомирской области. Брянской лабораторией радиационной гигиены ЛенНИИРГ при испытании фильтров в с. Веприн Клинцовского района Брянской области при уровнях загрязнения молока $7,95 \times 10^{-8}$ Ки/л эффективность очистки молока составила 89,7 % соответственно [6].

В сентябре 1993 г. был опубликован способ дезактивации молока, загрязненного радионуклидами цезия [7]. В публикации сообщалось о том, что разработан технологический регламент получения хемосорбционного волокна ЦМ-КФ, предназначенного для изготовления фильтров с целью очистки молока от радионуклидов цезия в частных хозяйствах.

Токсикологические и медико-биологические исследования не выявили отрицательного 8—10-месячного воздействия вытяжек из фильтра (ВНИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных материалов и пластических масс) и 12-месячного назначения профильтрованного молока (Республиканский научный гигиенический центр МЗ УССР) на организм экспериментальных животных. Исследовалось общее состояние и поведение животных, оцененное по следующим параметрам: двигательная активность в тесте «лабиринт», динамика массы тела, гематологические показатели, содержание белка, его отдельных фракций и метаболитов азотистого обмена, липидов и холестерина сыворотки крови, активность аргиназы, транс-

аминаз, холинэстеразы, величина суточного диуреза, экскреция креатина и клиренса мочевины, функциональное состояние нервной системы, печени, почек. Результаты изучения репродуктивной функции крыс свидетельствали об отсутствии гонадотоксического, тератогенного и мутагенного действия фильтрованного молока.

Не обнаружено изменений органолептических, физико-химических и технологических свойств и пищевой ценности молока, прошедшего фильтрацию (вкус, цвет, влага, зольные элементы, содержание белков, жиров, минеральных солей, аминокислот, витаминов, жирных кислот, состав микрофлоры, увеличение кислотности при хранении молока, процесс свертывания молока, отделения сыворотки, характера сгустков). Молоко соответствовало всем требованиям ГОСТ 13264-70 «Коровье молоко. Требования при заготовке».

Оптимизированы режимы фильтрации очистки молока от радионуклидов цезия в зависимости от объема и качества молока.

Констатировано, что эффективность очистки молока зависит от скорости фильтрации, объема фильтруемого молока, его кислотности, жирности и температуры. С увеличением объема фильтруемого молока с 2 до 10 л эффективность очистки снижалась с 94,5 до 85,4%. Увеличение кислотности молока с 17 до 20 и до 24° Тернера сопровождалось снижением эффективности очистки с 90 до 72,9 и до 45,2%, соответственно. С увеличением кислотности молока снижалась и скорость фильтрации. Увеличение жирности молока с 2,6 до 4,8% снижало эффективность очистки с 90,1 до 85,3%.

Снижение температуры молока с 31-37 до $10\,^{\circ}$ С снижало эффективность очистки с 90 до $50-56\,\%$ (табл. 1).

Таблица 1
Эффективность очистки молока в зависимости от температуры [7]

	The VE L I							
	10 °C		15-20 °C		21-31 °C		31-37 °C	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Белоруссия	13	$56,2\pm7,0$	18	67,9±4,5	37	75,6±2,4	136	91,7±3,8
Украина	7	50,3±3,7	11	64,7±3,1	15	78,8±3,9	176	90,6±4,2

При натурных исследованиях, проведенных в сельских населенных пунктах Брянской, Гомельской, Житомирской, Ровенской областей, эффективность очистки молока от ¹³⁷Cs составила 88,7—91,5 % (табл. 2 и 3).

блица 2 **Эффективность очистки молока от ¹³⁷Cs [7]**

Область	Число проб	Концентр в молок	Эффек- тивность	
		до	после	очистки, %
		фильтрации	фильтрации	
Брянская	43	2939 ± 109	300 ± 25	89,8
Житомирская	257	1197 ± 138	99 ± 44	91,7
Ровенская	657	3157 ± 774	355 ± 106	88,7

Таблица 3

Эффективность очистки молока от ¹³⁷Cs [9]

Область	Число хозяйств	Концентр в молок	Эффек-	
		до фильтрации	после фильтрации	тивность очистки, %
Брянская	147	2917 ± 190	$254 \pm 116,5$	91,3
Житомирская	782	813 ± 196	$69,5 \pm 16,7$	91,5
Гомельская	451	876 ± 317	$85,8 \pm 31,1$	90,2
Ровенская	176	268 ± 742	$30,4 \pm 7,1$	89,4
Всего	1556			90,06

Заключение

Представленные выше сведения и данные о реализации идеи создания и практического применения (внедрения) ферроцинсодержащих фильтров для дезактивации цельного молока от радиоактивного цезия и судьба этого государственного проекта должны найти свое место в анналах истории чернобыльской трагедии.

Уже в итоге первого этапа широкомасштабных экспериментальных работ в научно-исследовательских институтах страны и натурных испытаний на местах в более чем полутора тысячах частных хозяйств в зонах радиоактивного загрязнения России, Украины и Белоруссии стало совершенно очевидно, что ферроциновые фильтры в случае их системного и грамотного использования обеспечат радикальное предотвращение внутреннего облучения людей за счет основного дозообразующего радионуклида – цезия-137. При этом потребляемое очищенное молоко сохраняет свою биологическую ценность и технологические характеристики. Иными словами, применение ферроцинсодержащих фильтров для молока в частных хозяйствах является наиболее эффективными контрмерами по критерию уменьшения средней дозы облучения жителей конкретных населенных пунктов [8]. Активная роль Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, которая своим специальным постановлением в начале 1989 г. придала этому проекту государственный статус, заключалась в том, что в кратчайшие сроки были развернуты строительные и строительно-монтажные работы по созданию специальных предприятий для промышленного производства ферроцинсодержащих фильтров, изготовления соответствующих фильтродержателей и т.п.

На пике этих работ в декабре 1991 г. произошел развал СССР, системы государственного управления и дезинтеграция экономики. Это историческое событие, к сожалению, неотвратимо предопределило прекращение всей программы производства ферроциновых фильтров очистки молока и повсеместное их внедрение, реализация которого находилась в завершающей стадии. Образование трех самостоятельных государств исключило координацию всех исследований и работ по этому направлению.

Тем не менее, даже спустя три десятилетия после этих событий в научной литературе встречаются от-

дельные публикации, посвященные этой теме [10, 11, 12, 13], правда, без упоминания о выполненных ранее проектах, о которых шла речь в этом сообщении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ильин Л.А. Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ. М.: Атомиздат. 1977. 256 с.
- 2. Использование берлинской лазури для снижения уровня загрязнения радиоактивным цезием молока и мяса, производимых на территориях, пострадавших от Чернобыльской аварии. МАГАТЭ, Вена, 1997, IAEA-TECDOC-926/R. IAEA 1997. 28 с.
- 3. Ильин Л.А., Борисов В.П., Иванников А.Т. и соавт. Способ получения фильтра для очистки молока от радиоактивного цезия в индивидуальных хозяйствах Авторская заявка № 4636782/13, исх. 2746 от 27.01.89 г.
- 4. Ильин Л.А., Борисов В.П., Иванников А.Т. и соавт. Способ применения фильтра для очистки молока от радиоактивного цезия в индивидуальных хозяйствах Авторская заявка № 4636781/13, исх. 2745 от 27.01.89 г.
- 5. Лихтарев И.А., Корзун В.Н., Репин В.С. и соавт. Протокол испытаний эффективности дезактивации нативно загрязненного цезием-137 молока путем фильтрации через ионитный материал с закрепленным на нем ферроцином. ВНЦРМ АМН ССС. ЛенНИИРГ. Новозыбков Брянской обл. 1988. 4 с.
- 6. Корзун В.Н. Отчет по итогам испытаний фильтров для очистки молока от радиоцезия в личных хозяйствах (краткий). Киев. 1991. 8 с.
- 7. Романенко А.Е., Корзун В.Н., Ильин Л.А. и соавт. Способ дезактивации молока, загрязненного радионуклидами цезия.// Гигиена и санитария. 1993. № 9. С. 34–36.
- 8. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
- 9. Korzun V.N. Measures for the minimization of inner irradiation dose of the population (literary review) // Environ. Health. 2012. № 1. C. 23–29.
- 10. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева И.В., Саливон А.Г. и соавт. Исследование радиоэкологических процессов методами теории надежности // Ядерна фізика та енергетика. 2012. Т. 13. № 3. С. 289—296.
- 11. Зубарева, А.В. Кравцов А.Г., Король Р.А. Очистка молока от долгоживущих радионуклидов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. 2012. Т. 7. № 2. С. 23–26.
- 12. Кравцов, А.Г. Зубарева А.В., Зотов С.В., Никитин А.Н. Полимерные волокнистые meltblown материалы средство очистки от долгоживущих радионуклидов // Материалы, технологии, инструменты. 2013. Т. 18. № 2. С. 56—60.
- 13. Зубарева А.В., Кравцов А.Г., Наумов А.Д. и соавт. Патент ВУ № 19279, МПК G21F 9/2 A 01J 9/10. 06.30. 2015. Способ очистки молока от долгоживущих радионуклидов. Заявитель ГНУ Институт радиобиологии НАН Беларуси.

Поступила: 30.03.2016 Принята к публикации: 04.04.2016