

УДК 637.07, 637.13

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Ирина Анатольевна Смирнова, док.техн. наук, профессор, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, РФ, 650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47. Тел: +7(3842)39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

29

Айтбек Калиевич Какимов, докт.техн. наук, профессор, Государственный университет им. Шакарима города Семей, РК, 071412, г. Семей, ул. Глинки, 20 А. Тел.: +7(722)236-02-12, e-mail: bibi.53@mail.ru

Ерлан Сауыкович Жарыкбасов, аспирант, магистр технических наук, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, РФ, 650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47. Тел.: +7(722)232-13-92, e-mail: erlan-0975@mail.ru

Аннотация: В статье представлены результаты исследования удельной активности радионуклидов цезия (Cs-137) и стронция (Sr-90) в образцах молока, отобранных в 7 населенных пунктах двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области (Абайский, Аягозский районы) разных зон радиационного риска. На основании проведенных исследований установлено, что наиболее высокая удельная активность цезия (Cs-137) и стронция (Sr-90) наблюдается в зоне максимального радиационного риска, а именно, в Абайском районе. На основании анализа экологического мониторинга сырьевых ресурсов разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области. В результате экспериментальных исследований установлено, что применение цеолита в качестве адсорбционно-фильтрующего материала способствует понижению удельной активности цезия и стронция в молоке в процессе фильтрации. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующим значительному изменению удельной активности исследуемых радионуклидов, относятся: температура фильтрации 18-20 °С, частота оборотов насоса 400 об/мин с фильтром экспериментального стенда, содержащим 200 г природного цеолита.

Ключевые слова: молоко, цеолит, цезий, стронций, фильтрация

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF FOOD PRODUCTS

Smirnova Irina A., Doctor of Technical Sciences, professor, Kemerovo Institute of food Science and Technology, Russia, 650056, Kemerovo, 47 Stroiteley Boulevard. Phone: +7(3842)39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

Kakimov Aitbek K., Doctor of Technical Sciences, professor, Shakarim State University of Semey, Kazakhstan, 071412, Semey, 20A Glinka str. Phone: +7(722)236-02-12, e-mail: bibi.53@mail.ru

Zharykbassov Erlan S., graduate student, Master of Technical Sciences, Kemerovo Institute of food Science and Technology, Russia, 650056, Kemerovo, 47 Stroiteley Boulevard. Phone: +7(722)232-13-92, e-mail: erlan-0975@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the study of the specific activity of cesium (Cs-137) and strontium (Sr-90) radionuclides in milk, taken from 7 settlements in two regions of the Semey region of the East Kazakhstan (Abai, Ayagoz) region of different radiation risk zones. Based on the conducted studies, it was found that the highest specific activity of cesium (Cs-137) and strontium (Sr-90) is observed in the zone of maximum radiation risk, namely, in the Abai region. On the basis of the analysis of the ecological monitoring of raw materials, an experimental equipment for the filtration of milk was developed with the use of a natural zeolite of the Tarbagatai deposit of the East Kazakhstan region as a sorption-filtering material. As a result of experimental studies it was established that the use of zeolite as an adsorption-filtering material helps to reduce the specific Activity of cesium and strontium in milk during filtration. The most optimal technological modes of milk filtration that contribute to a significant change in the specific activity of the studied radionuclides include: a filtration temperature of 18-20 °C, a pump speed of 400 rpm with a filter of an experimental equipment containing 200 g of natural zeolite.

Keywords: milk, zeolite, cesium, strontium, filtration

Введение. Обеспечение рынка экологически чистыми сельскохозяйственными продуктами отечественного производства в контексте современных интеграционных процессов относится к одной из приоритетных задач Программы по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2017-2021 годы (Агробизнес - 2020), утвержденной Указом Президента РК № 420 от 14.02.2017 года.

Выпуск экологически безопасной пищевой продукции обеспечивается соблюдением требований Технических регламентов Таможенного союза, в том числе требований к ограничению допустимых уровней содержания в них основных групп потенциально опасных для здоровья веществ химического и биологического происхождения в соответствии с Техническими регламентами Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [5, с. 34,6, с.28]. Поскольку, к одним из основных критериев оценки безопасности пищевых продуктов в соответствии с вышеуказанными Техническими регламентами относится уровень активности таких радиоактивных элементов, как цезий и стронций, то организация производства безопасных продуктов питания требует, прежде всего, объективной информации об уровне экологической чистоты используемого сырья.

Особенно эта тема актуальна для территорий, прилегающих к бывшему Семипалатинскому испытательному ядерному полигону.

Но, кроме экологического мониторинга сырьевых ресурсов, используемого в производстве пищевых продуктов животного происхождения, в настоящее время актуальным является проведение новых научных исследований, направленных на понижение содержания экотоксикантов в готовом продукте в процессе технологической обработки исходного сырья.

Цель работы: на основе анализа экологического мониторинга сырьевых ресурсов исследование и разработка технологического способа понижения содержания изотопов цезия и стронция в молочном сырье.

Методы исследования: для определения радионуклидного состава исследуемых объектов гамма-спектрометрические измерения проведены на гамма-спектрометре с электроохлаждаемым германиевым детектором «GC 2019» и многоканальным анализатором «DSA-1000» (фирма «Canberra», США).

Объект исследования: в качестве объектов исследования из всех видов животного сырья было выбрано молоко коровье, поскольку установлено, что молоко относится к чувствительным биоиндикаторам, характеризующим биогеохимические особенности региона [3, с.84].

Для проведения исследований образцы цельного молока были отобраны из 7 населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области (Абайский, Аягозский районы). Эти районы в соответствии с законом РК «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне» относятся к разным зонам радиационного риска: Абайский район относится к зоне максимального радиационного риска; Аягозский район - к зоне повышенного радиационного риска. Места отбора исследуемых образцов были выбраны также с учетом розы ветров, а именно, с территорий, расположенных в юго-восточном направлении со стороны бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

В работе исследована удельная активность радионуклидов цезия (Cs-137) и стронция (Sr-90) в молоке. Среди всех радионуклидов цезий и стронций обладают наибольшей радиологической опасностью из-за длительного периода полураспада и высокой энергии излучения. Вместе с тем, цезий и стронций, по своим химическим свойствам являясь аналогами калия и кальция, соответственно, включаются в обменные процессы и способны накапливаться в живых организмах [4, с.148].

На первом этапе работы была исследована удельная активность нуклидов цезия и стронция в образцах сырого молока, отобранных в 7 населенных пунктах двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

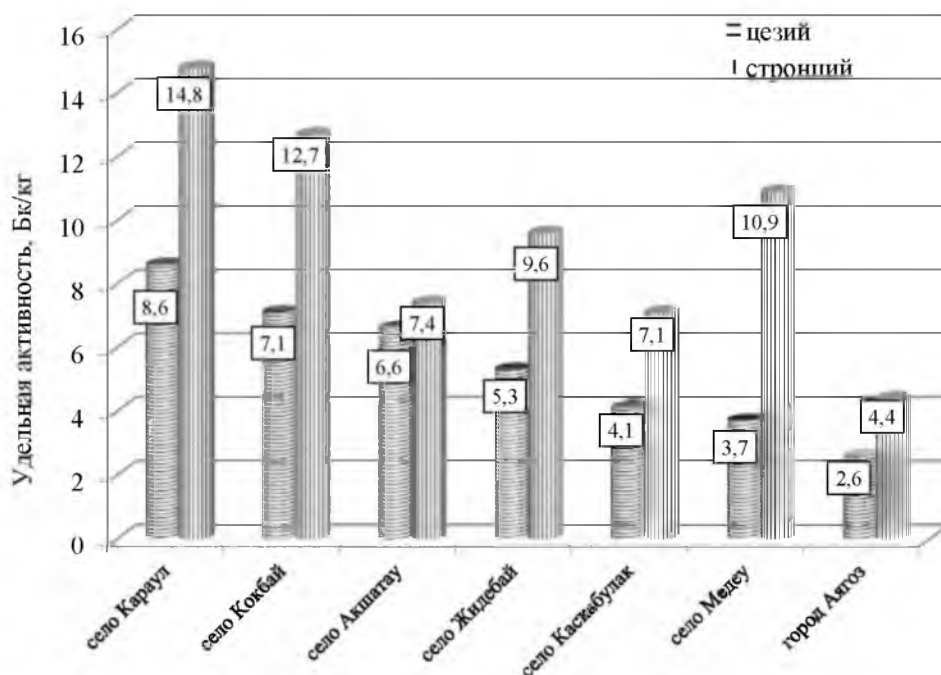


Рис. 1 Удельная активность изотопов цезия и стронция в молоке

В результате проведенных исследований установлено, что в образцах цельного молока, отобранных в 7 населенных пунктах Абайского и Аягозского районов Восточно-Казахстанской области, наиболее высокая удельная активность цезия (Cs-137) и стронция (Sr-90) наблюдается в Абайском районе в зоне максимального радиационного риска. Как видно из рисунка 1, удельная активность Cs-137 в пробах молока, отобранных в Абайском регионе, варьирует от $8,6 \pm 0,3$ Бк/кг до $3,7 \pm 0,2$ Бк/кг. В пределах региона, самое высокое значение зафиксировано в селе Караул, тогда как самое низкое – в селе Медеу. Анализ проб из сел Кокбай, Жидебай и Каскабулак показал содержание Cs-137 $7,1 \pm 0,4$, $5,3 \pm 0,3$, $4,1 \pm 0,4$ Бк/кг, соответственно. Содержание же стронция (Sr-90) в образцах проб молока варьирует от $14,8 \pm 0,4$ Бк/кг до $4,4 \pm 0,5$ Бк/кг. Наибольшая удельная активность стронция в молоке наблюдается также в селе Караул $14,8 \pm 0,4$ Бк/кг. Удельная активность стронция в образцах проб молока, отобранных в селах Кокбай, Медеу, Жидебай и Каскабулак, составила, соответственно, $12,7 \pm 0,5$, $10,9 \pm 0,4$, $9,6 \pm 0,3$ и $7,1 \pm 0,4$ Бк/кг.

На основании анализа экологического мониторинга сырьевых ресурсов исследован и разработан технологический способ понижения цезия и стронция в молочном сырье.

Для понижения содержания радионуклидов в исходном сырье в данной работе был применен сорбент – цеолит. Адсорбционные и ионообменные свойства природных цеолитов показывают, что они благодаря своей пористой структуре, химической природе, селективности в отношении сорбции ионов токсичных элементов являются наиболее перспективными сорбентами в ионно-обменной технологии [7, с. 228-229, 1, с. 759]. В ходе проведения исследования был разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области. Технологическая схема проведения комплексных экспериментальных исследований процессов фильтрации молока представлена на рисунке 2.

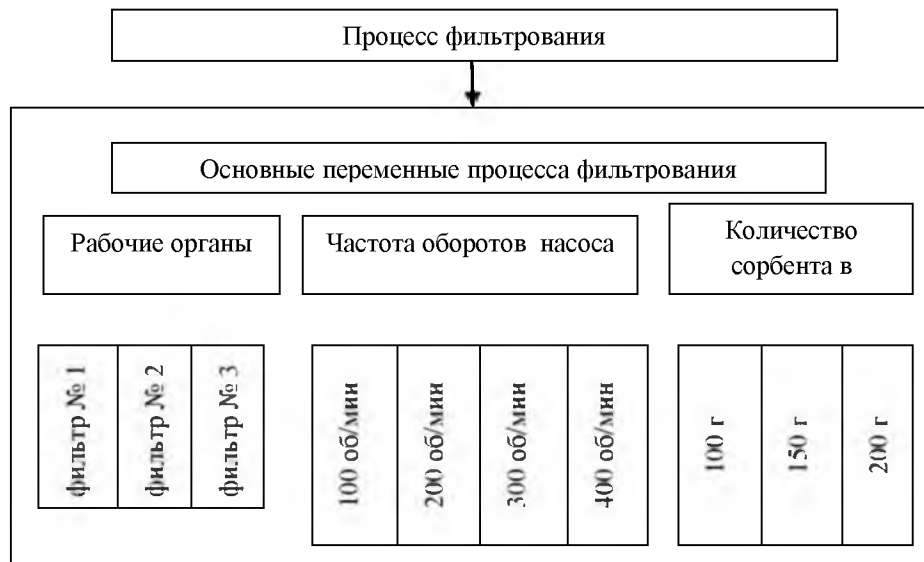


Рис. 2 Технологическая схема проведения эксперимента

Для проведения комплексных экспериментальных исследований образцы цельного молока были отобраны в пастбищный период в частных хозяйствах Семейского региона, где молочное сырье характеризуется повышенным содержанием изотопов стронция ($Sr-90$) и цезия ($Cs-137$). Перед исследованием все образцы молока были смешаны. Для фильтрации молока на экспериментальном стенде были использованы 3 фильтра, содержащие 100 г, 150 г и 200 г цеолита. Частота оборотов насоса варьировалась от 100 до 400 об/мин. Учитывая, что фильтрация молока с применением цеолита основана на процессе экзотермической адсорбции, экспериментальные исследования были проведены при температуре 18-20 °С, как наиболее оптимальной для адсорбции [2, с. 94].

Результаты исследования влияния основных переменных процессов фильтрации на изменение удельной активности цезия и стронция представлены на рисунке 3 и 4.

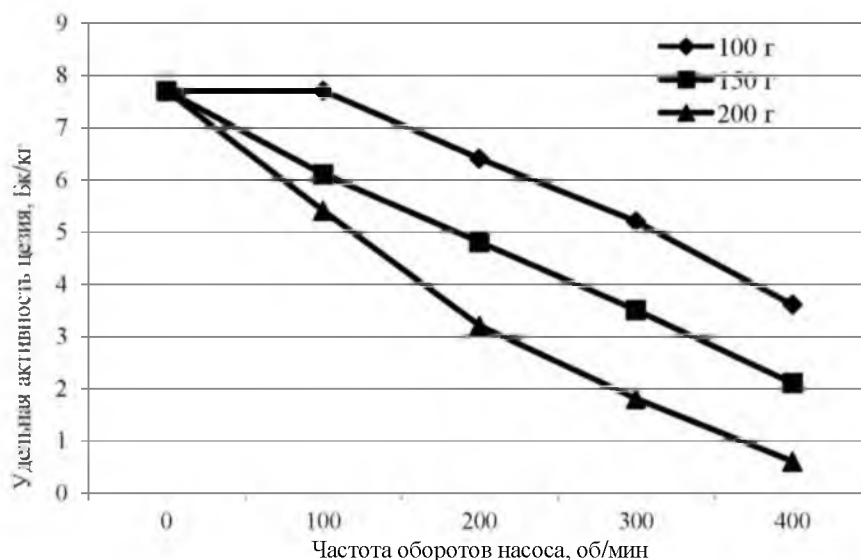


Рис. 3 Изменение удельной активности изотопов цезия в молоке в процессе фильтрации

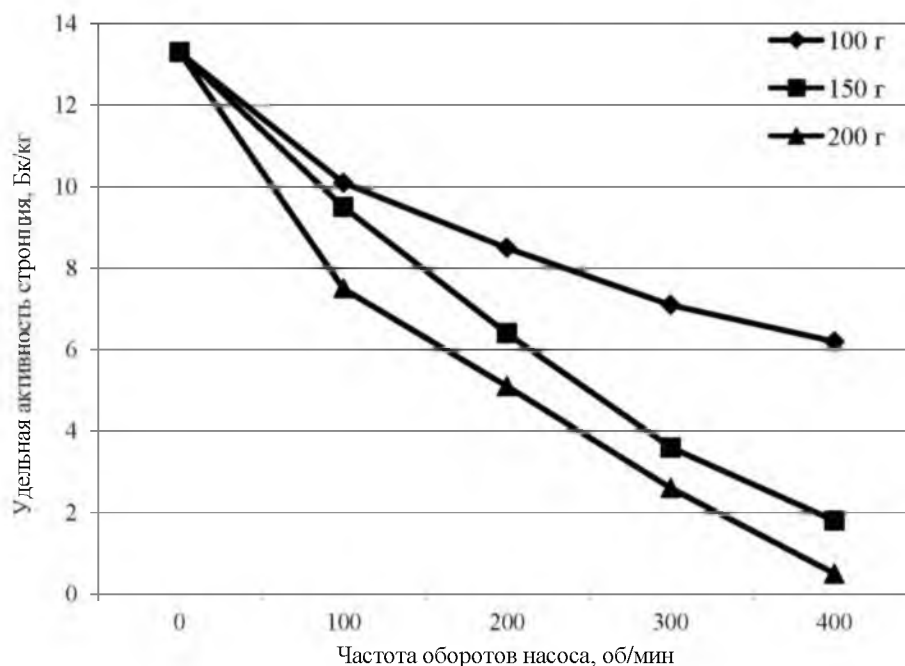


Рис. 4 Изменение удельной активности изотопа стронция в молоке в процессе фильтрации

Как видно из рис. 3, наблюдается изменение удельной активности цезия в молоке в процессе фильтрации. При этом с увеличением частоты оборотов насоса в процессе фильтрации наблюдается понижение удельного содержания цезия в образцах молока. Значительное изменение удельной активности цезия в молоке отмечается в фильтре с содержанием 200 г цеолита (от 7,7 Бк/ до 0,6 Бк/кг).

Как видно из рис. 4, фильтрация молока с применением цеолита также влияет на изменение удельной активности стронция. Наибольшее изменение удельной активности стронция наблюдается при применении 200 г цеолита в качестве адсорбционно-фильтрующего материала и при увеличении частоты оборотов насоса (от 13,3 Бк/кг до 0,5 Бк/кг).

Наибольшее изменение удельной активности изучаемых радионуклидов с повышением частоты оборотов насоса связано, вероятнее всего, сумением диффузионного сопротивления при прохождении сорбируемого материала в окна пористой структуры цеолита, что приводит к повышению его активности.

Вывод: на основании проведенных исследований установлено, что наиболее высокая удельная активность радионуклидов цезия (Cs-137) и стронция (Sr-90) наблюдается в зоне максимального радиационного риска, а именно, в Абайском районе. Так, удельная активность Cs-137 в пробах молока, отобранных с Абайского региона, варьирует от $8,6 \pm 0,3$ Бк/кг до $3,7 \pm 0,2$ Бк/кг. Содержание же стронция (Sr-90) в образцах проб молока варьирует от $14,8 \pm 0,4$ Бк/кг до $7,1 \pm 0,4$ Бк/кг.

На основе анализа экологического мониторинга сырьевых ресурсов разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области.

В результате экспериментальных исследований установлено, что цеолит Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области обладает высокой сорбционной способностью в отношении цезия-137 и стронция-90. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующим значительному изменению удельной активности исследуемых радионуклидов, относятся: температура фильтрации 18-20 °С, частота оборотов насоса 400 об/мин с фильтром экспериментального стенда, содержащим 200 г природного цеолита.

Список литературы

1. Abdul M. Ziyath, Parvez Mahbub, Ashantha Goonetilleke, Moses O. Adebajo, Serge Korkot, Adekunle Oloyede. Influence of Physical and Chemical Parameters on the Treatment of Heavy Metals in Polluted Storm water Using Zeolite - A Review // Journal of Water Resource and Protection. - 2011. - No 3. - P. 758-767.
2. Комаров, В.М. Адсорбенты и их свойства / В.М. Комаров - Минск: Наука и техника, 1977. - 248 с.
3. Малина В.П. Микроэлементы в сельскохозяйственном сырье и пищевых продуктах (технологическо-товароведные аспекты): дисс. ... докт. техн. наук: 05.18.15 / Санкт-Петербургский институт советской торговли им. Ф. Энгельса. – Санкт-Петербург, 1991. - 346 с.
4. Тепляков, Б.И. Сельскохозяйственная радиология / Б.И. Тепляков - Новосибирск: НГАУ, 2013. – 230 с.
5. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011): утв. Решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880 // Информационный бюллетень ЦНТД. – 2012. - № 5. – С. 34.
6. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013): принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года № 6767 // Информационный бюллетень ЦНТД. – 2014. - № 2. – С. 28.
7. Vilceki J., Torma S., Adamisins P., Hronec O. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application// Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2013. - No 2.- P. 228-234.