

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В МОЛОКЕ

¹А.К. БАЗАНОВА *, ¹А.К. КАКИМОВ,  ²Б.А. ЛОБАСЕНКО ,
¹Н.К. ИБРАГИМОВ , ¹М.М. ТАШЫБАЕВА 

(¹Шәкәрім университет, 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А,

²Кемеровский государственный университет, 650000, Российская Федерация,
г. Кемерово, Красная улица, 6)

Электронная почта автора-корреспондента: arayka.bazanovak@mail.ru*

В данной статье рассматривается снижение содержания радионуклидов и солей тяжелых металлов в молоке путем усовершенствования установки методом адсорбции. Молоко является ценным пищевым продуктом, обладающим высокой биологической и питательной ценностью. Оно содержит необходимые для организма человека белки, жиры, витамины и микроэлементы, что делает его важной частью ежедневного рациона. Однако в условиях экологической нестабильности и техногенного загрязнения окружающей среды молочная продукция может содержать токсичные вещества, включая радионуклиды и соли тяжелых металлов, представляющие угрозу для здоровья человека. Актуальной задачей является разработка действенных методов очистки молока от вредных загрязнителей. В настоящей работе представлено усовершенствование экспериментальной установки, основанной на методе адсорбции, предназначенной для снижения содержания токсичных веществ в молоке. Проведены исследования по подбору оптимальных параметров и природных сорбентов в условиях адсорбции. Совершенствование установки для очистки жидких пищевых продуктов позволило реализовать возможность варьирования схемы прохождения жидкости (через одну, две или три колонны в различных комбинациях), что позволяет регулировать процесс очистки, уровень загрязненности и тип токсичных веществ. Метод адсорбции обеспечивает удаление токсичных веществ без разрушения ценных пищевых веществ, таких как белки, витамины и микроэлементы. Установка не требует сложной автоматики и легко обслуживается, что делает ее пригодной для использования в лабораторных условиях. Использование доступных и недорогих природных сорбентов снижает себестоимость процесса очистки.

Ключевые слова: коровье молоко, природные сорбенты, шунгит, цеолит, кокосовый активированный уголь, радиоактивное загрязнение, адсорбция, сорбционные колонны.

СҮТ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ЗИЯНДЫ ЗАТТАРДЫҢ МӨЛШЕРІН ТӨМЕНДЕТУ ҮШІН ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖЕТІЛДІРУ

¹А.Қ. БАЗАНОВА*, ¹А.Қ. КӘКІМОВ, ²Б.А. ЛОБАСЕНКО,
¹Н.Қ. ИБРАГИМОВ, ¹М.М. ТАШЫБАЕВА

(¹Шәкәрім университеті, 071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А,

²Кемерово мемлекеттік университеті, 650000,

Ресей Федерациясы, Кемерово қ., Қызыл көше, 6)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: arayka.bazanovak@mail.ru*

Бұл мақалада адсорбция әдісімен қондырғыны жетілдіру арқылы сүттегі радионуклидтер мен ауыр металл тұздарының мөлшерін төмендету қарастырылады. Сүт – биологиялық және тағамдық құндылығы жоғары бағалы тағам. Оның құрамында адам ағзасына қажетті ақуыздар, майлар, дәрумендер мен микроэлементтер бар, бұл оны күнделікті диетаның маңызды бөлігіне айналдырады. Алайда, экологиялық тұрақсыздық пен қоршаған ортаның

техногендік ластануы жағдайында сүт өнімдерінде адам денсаулығына қауіп төндіретін улы заттар, соның ішінде радионуклидтер мен ауыр металл тұздары болуы мүмкін. Сүтті зиянды ластанушы заттардан тазартудың тиімді әдістерін жасау өзекті міндет болып саналады. Бұл зерттеу жұмысында сүттегі зиянды заттардың құрамын азайтуға арналған адсорбция әдісіне негізделген эксперименттік қондырғыны жетілдіру ұсынылған. Адсорбция жағдайында оңтайлы параметрлер мен табиғи сорбенттерді таңдау бойынша зерттеулер жүргізілді. Сұйық тамақ өнімдерін тазарту қондырғысын жетілдіру сұйықтықтың өту схемасын (әр түрлі комбинациядағы бір, екі немесе үш баған арқылы) өзгерту мүмкіндігін жүзеге асырумен қатар, тазарту процесін, ластану деңгейін және улы заттардың түрін реттеуге мүмкіндік береді. Адсорбция әдісі ақуыздар, витаминдер және микроэлементтер сияқты құнды қоректік заттарды бұзбай зиянды заттарды жоюды қамтамасыз етеді. Қондырғыны орнату күрделі автоматиканы қажет етпейді және оған техникалық қызмет көрсету жеңіл, яғни оны зертханалық жағдайда пайдалануға жарамды келтіреді. Қол жетімді және арзан табиғи сорбенттерді пайдалану тазалау процесінің құнын төмендетеді.

Негізгі сөздер: сиыр сүті, табиғи сорбенттер, шунгит, цеолит, кокос жаңғағымен белсендірілген көмір, радиоактивті ластану, адсорбция, сорбциялық бағандар.

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM FOR REDUCING THE CONTENT OF TOXIC SUBSTANCES IN MILK

¹A.K. BAZANOVA*, ¹A.K. KAKIMOV, ²B.A. LOBASENKO,
¹N.K. IBRAGIMOV, ¹M.M. TASHYBAYEVA

(¹Shakarim University, 071412, Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20A

²Kemerovo State University, 650000, Russian Federation,
Kemerovo, Krasnaya Street, 6)

Corresponding author's e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru*

This article discusses the reduction of radionuclide and heavy metal salt content in milk through the improvement of a system based on the adsorption method. Milk is a valuable food product with high biological and nutritional value. It contains proteins, fats, vitamins, and trace elements necessary for the human body, making it an important part of the daily diet. However, under conditions of environmental instability and anthropogenic pollution, dairy products may contain toxic substances, including radionuclides and heavy metal salts, which pose a threat to human health. An important task is the development of effective methods for purifying milk from harmful contaminants. This work presents the improvement of an experimental setup based on the adsorption method, designed to reduce the content of toxic substances in milk. Research was conducted to select optimal parameters and natural adsorbents under adsorption conditions. The improvement of the system for purifying liquid food products made it possible to vary the liquid flow scheme (through one, two, or three columns in different combinations), which allows controlling the purification process, contamination level, and type of toxic substances. The adsorption method ensures the removal of toxic substances without damaging valuable food components such as proteins, vitamins, and trace elements. The system does not require complex automation and is easy to maintain, making it suitable for laboratory use. The use of available and inexpensive natural adsorbents reduces the cost of the purification process.

Keywords: cow's milk, natural adsorbents, shungite, zeolite, coconut activated charcoal, radioactive contamination, adsorption, sorption columns.

Введение

Казахстан ставит перед собой цели по развитию агропромышленного комплекса, направленные на значительные достижения в данной отрасли, превратив страну в один из

ведущих аграрных центров Евразии. Для этого планируется перейти от производства сырья к созданию продуктов с высокой добавленной стоимостью, увеличив долю переработанной сельскохозяйственной продукции до 70 % в течение

трех лет. Особое внимание уделяется переработке мяса, молока и зерна, а также развитию тепличного хозяйства. Важным направлением является поддержка отечественных агропредприятий, что способствует укреплению внутреннего рынка и улучшению позиций государства на глобальной платформе.

Следует подчеркнуть, Республика Казахстан занимает значительное место в различных событиях, касающихся ядерной энергии [2]. Одним из факторов радиационной опасности является радиоактивное загрязнение питьевой воды и пищевых продуктов. Загрязнение пищевых продуктов радионуклидами и тяжелыми металлами является одной из основных проблем пищевой безопасности. Жидкие продукты питания, такие как молоко и молочные продукты, имеют высокую питательную ценность. Они содержат легкоусваиваемые и сбалансированные между собой белки, жиры, углеводы, а также витамины, минеральные вещества и ферменты. Поэтому молочные продукты являются важной частью в рационе питания. Молоко является основным и ценным продуктом питания для населения многих стран мира.

На сегодняшний день разработан ряд многочисленных подходов к очистке пищевых продуктов, основанных на различных стадиях обработки, химических реакциях и процессах, таких как мембранная фильтрация, обратный осмос, химическое осаждение, окисление и адсорбция. Среди всех вышеперечисленных методов, сорбция с использованием различных адсорбирующих материалов, отличается простотой конструкции, широкой применимостью, экономической эффективностью и практичностью. Проблема очистки молока от токсичных веществ была всегда актуальной. Коровье молоко считается полноценным продуктом питания из-за высокого содержания белка, жира и основных минералов, однако потенциальное присутствие загрязняющих веществ в молоке представляет собой проблему для здоровья. Обзор международных исследований показывает, что молоко, используемое в качестве исходного сырья для производства молочных

продуктов, часто содержит высокие концентрации токсичных веществ, что связано с состоянием экологии. Высококачественные и безопасные продукты питания являются необходимыми условиями для поддержания продовольственной независимости Казахстана и представляют собой важные задачи государственной политики в области здорового питания. В частности, молоко как массовый и биологически ценный продукт подвержено загрязнению токсичными веществами, включая радионуклиды и соли тяжелых металлов, что требует эффективных методов контроля и очистки. В работе представлена экспериментальная установка для очистки жидких пищевых продуктов от токсичных веществ методом адсорбции. Применение данной установки способствует существенному улучшению безопасности молока, что соответствует основным приоритетам государственной политики в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов.

Материалы и методы исследований

На первичном этапе исследований был разработан эскизный чертеж и подобраны оптимальные параметры, которые позволили сконструировать установку. Установка предназначена для снижения содержания радионуклидов и солей тяжелых металлов в жидком пищевом продукте – в нашем случае в коровьем молоке. Одним из наиболее результативных способов удаления токсичных веществ из жидких сред является адсорбция. Доказано, что адсорбция является одним из наиболее эффективных и превосходных подходов благодаря широкому диапазону адаптируемости и простой конструкции используемого оборудования. С внедрением технологий были разработаны различные сорбенты для удаления из жидких пищевых продуктов загрязняющих веществ, как радионуклиды и тяжелые металлы. Особый интерес представляет применение природных и недорогих сорбентов в связи с простотой процесса и потенциальной эффективностью. Сорбенты природного происхождения обладают достаточно высокой сорбционной емкостью, при этом их стоимость относительно невелика.

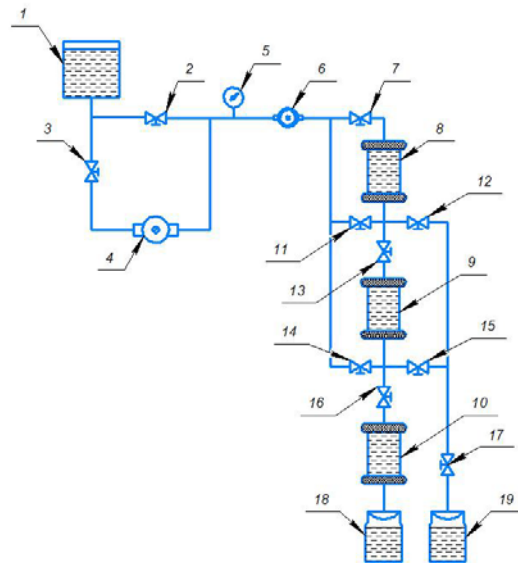


Рисунок 1. Принципиальная схема экспериментальной установки для очистки жидких пищевых продуктов от токсичных веществ методом адсорбции

1 – приемная емкость, 2 – кран для подачи жидкости самотеком, 3,7,11,12,13,14,15,16,17 – краны для подачи жидкости с помощью насоса, 4 – центробежно - лопастной насос, 5 – манометр, 6 – расходомер, 8 – сорбционная колонна №1, 9 – сорбционная колонна №2, 10 – сорбционная колонна №3, 18,19 – сборные емкости

Результаты и обсуждение

Экспериментальная установка (рис.1) для очистки жидких пищевых продуктов методом адсорбции представляет собой напорную систему, включающую три вертикальные колонны, соединенные с трубопроводной системой, насосом и управляющими кранами. Сконструированная установка включает в себя приемную емкость (начальный резервуар), в которую заливается коровье молоко в виде жидкого пищевого продукта. Температура молока составляет в среднем 18-20 °С, объем – 4-5 литров. Из приемной емкости жидкость поступает в систему для дальнейшей очистки. Процесс движения жидкости будет проходить самотеком (2) без использования насоса, то есть по естественному падению – либо с помощью открывания крана (3) с подключением центробежно лопастного насоса который перекачивает жидкость под давлением в систему. Насос имеет возможность трехступенчатого регулирования частоты вращения. Для контроля параметров системы установлен манометр, измеряющий давление жидкости после насоса,

чтобы контролировать рабочее давление в системе. Кроме того имеется расходомер. (6), предназначенный для измерения количества жидкости, проходящего через систему, что позволяет контролировать скорость потока. После всех установленных параметров, данная жидкость будет очищаться от токсичных веществ с помощью вертикальных колонн (8,9,10). Преимуществом данной установки является возможность индивидуального включения каждой колонны или их комбинированного соединения в различной последовательности, что позволяет гибко учитывать условия эксперимента и подбирать наиболее эффективные режимы адсорбции. Исследованы различные виды природных сорбентов, что дало возможность выбрать наиболее подходящие для эффективного удаления токсичных веществ. Ранее разработанные установки отличались различными конструктивными особенностями, в том числе наличием систем с четырьмя параллельными колоннами и различными объемами сорбентов [13].

Применение этих различных конструкций позволило дополнительно усовершенствовать экспериментальную установку, повысив ее эффективность и функциональность.

Поток жидкости подает в систему через верхний резервуар и далее, с помощью насоса, направляется к сорбционным колоннам, заполненным различными сорбентами.

Управляющие краны позволяют задать следующие режимы прохождения жидкости: Одиночное прохождение жидкостей:

1. Только через первую колонну (8);
2. Только через вторую колонну (9);
3. Только через третью колонну (10).

Комбинированное прохождение жидкостей:

1. Первая и вторая колонна (8,9);
2. Первая и третья колонна (8,10);
3. Вторая и третья колонна (9,10);
4. Последовательное прохождение через все три колонны (первая, вторая и третья колонна).

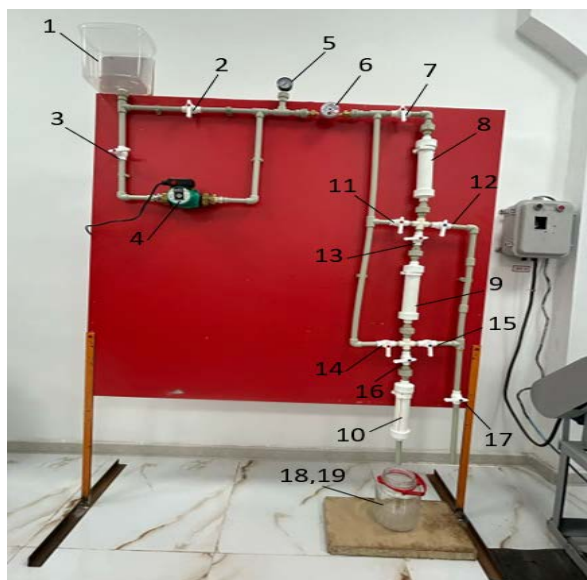


Рисунок 2. Экспериментальная установка для очистки жидких пищевых продуктов от токсичных веществ методом адсорбции

Экспериментальная установка (рис. 2.) зафиксирована на вертикальном стенде, в котором все элементы соединены полипропиленовыми трубами, диаметром 20 мм.

Конструкция включает в себя:

- приемную емкость (1) объемом 5 литров, выполненную из полипропилена (контейнер марки IDEA),
- кран для подачи жидкости самотеком (2),
- кран-регулятор потока жидкости (3),
- центробежно-лопастной насос модели RDR Rs 32-8-180, допустимой температурой перекачиваемой жидкости до 110 °С и потребляемой мощностью 245 Вт. Насос имеет три уровня рабочей мощности: первая мощность - 135

Вт, вторая мощность - 200 Вт, третья мощность - 245 Вт.

- Манометр (5) марки ZEIN, радиального исполнения, диаметр корпуса - 50 мм, рабочее давление до 10 бар, резьба соединения - 1/4 дюйма. Размеры: высота - 7 см, ширина - 2,8 см, длина - 5,3 см.
- Расходомер (6) марки Gerrida, механический, одноструйный, модели СВК-15 Г, предназначен для измерения объема жидкости, прошедшей через установку.

Имеются краны-регуляторы жидкости (7,11,12,13,14,15,16,17) в количестве – 10 шт. Внутри каждой из трех адсорбционных колонн (8, 9, 10) установлены резиновые прокладки из

материала ТМКЩ(тепло/морозо/кислото/щелочес-
тойкая техническая резина), по одной в верхней и
нижней части колонны. В нижней части каждой
колонны также размещены три пищевые сетки с
диаметром ячеек от 1 до 3 мм (рис. 3), служащие

для предотвращения выноса сорбента. После
очистки молоко собирается в две стеклянные
сборные емкости объемом по 5 литров (18, 19). В
задней части подставки установлен сетевой фильтр
для подключения насоса [14,15].



1 - верхняя крышка



3 - цилиндрический корпус



2 - нижняя крышка

Рисунок 3. Конструкция модульной адсорбционной колонны с фильтрующей сеткой

Каждая колонна содержит определенный сорбент природного происхождения, подобранный с учетом его селективности по отношению к радионуклидам ионов тяжелых металлов. В каждую колонну загружаются три различных вида природного сорбента с фракцией 2-1 мм. В качестве сорбентов использовались: цеолит из Чанканайского месторождения (Кербулакский район, Алматинская область), шунгит Коксуского месторождения и активированный уголь 207С, полученный из скорлупы кокосовых орехов. Использование различных комбинаций колонн позволяет учитывать эффективность сорбции в зависимости от последовательности фильтров и типа применяемых сорбентов [15].

Заключение, выводы

Разработанная установка для очистки молока от токсичных веществ представляет собой технологически эффективное и универсальное решение, направленное на обеспечение безопасности жидких пищевых продуктов. Применение природных сорбентов, гибкая схема прохождения жидкости через сорбционные

колонны и простота конструкции делают установку перспективной как для лабораторного использования, так и для внедрения в небольших производственных условиях. Проведенные испытания подтвердили работоспособность адсорбционной установки. Дальнейшие исследования могут быть направлены на количественное определение содержания токсичных веществ до и после прохождения молока через адсорбционную систему. Дополнительное проведение экспериментальных работ по количественной оценке эффективности удаления токсичных веществ, а также изучение влияния очистки на основные показатели качества молока – содержание белка, минеральных веществ, органолептические свойства и микробиологическую безопасность. Особое внимание следует уделить изучению влияния повторного применения сорбционных колонн на эффективность удаления загрязняющих веществ, что позволит оценить рентабельность и стабильность работы установки в длительной перспективе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана Экономический курс Справедливого Казахстана. [Электронный ресурс.] URL: <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-ekonomicheskij-kurs-spravedlivogo-kazahstana-18588> (дата обращения: 13.03.2025).

2. Кудеринова Н.А., Какимов А.К., Кудеринов С.М., Толеубекова Ж.З., Исабекова К.С. Радиоэкологическая обстановка территорий, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону / Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. Науч. конгр.: «Недро-пользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: сб. материалов в 3 т. - Новосибирск: СГУГиТ, 2015. Т.1. - С. 200-206.

3. Гаврилова Н.Б. Гигиенические основы питания и контроля качества пищи // Учебное пособие, 1998. - С. 124-148.

4. Kakimov, A., Jilkisheva, A., Mayorov, A., Zharykbasova, K., Kakimova, Z., Mirasheva, G., Zharykbasov, Y., Zolotov, A., & Yessimbekov, Z. Developing the process parameters of milk pasteurization for reducing the concentration of toxic elements and radionuclides // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 14(13). 2019. - P. 2443-2447.

5. Моллобаева Д.С., Пономарёва Е.В. Исследования швейцарских ученых о пользе молока и молочных продуктов // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2016. - №4 (7) октябрь-декабрь. - 4 с.

6. Алиев М.М., Байрамова А.Г., Ибрагимова Л.Р. Качество молока при получении его в санитарных условиях / The XXIX International Scientific and Practical Conference «Trends in science and practice of today», July 26-29, 2022, Stockholm, Sweden. - С.15-18.

7. Choudhary M., Peter C., Shukla S.K., Govender P.P., Joshi G.M., Wang R. Environmental issues: A challenge for wastewater treatment. In Green Materials for Wastewater Treatment; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, -2020. - P. 1-12.

8. Sharahi F.J., Shahbazi A. Melamine-based dendrimer amine-modified magnetic nanoparticles as an efficient Pb (II) adsorbent for wastewater treatment: Adsorption optimization by response surface methodology. Chemosphere 2017, 189, - P. 291-300.

9. Forcada, Sergio, Mario Menéndez-Miranda, Carlos Boente, José Luis Rodríguez Gallego, José M. Costa-Fernández, Luis J. Royo, and Ana Soldado. 2023. "Impact of Potentially Toxic Compounds in Cow Milk: How Industrial

Activities Affect Animal Primary Productions." Foods 12(8). doi:10.3390/foods12081718. - 17 p.

10. Pietrzak-Fiećko R., Smoczyński S. Evaluation of Cs-137 Content in Powdered Cow Milk from Four Regions Of Poland // Polish J. of Environ. Stud. - 2009 - Vol. 18, No.4. - P. 745-748.

11. Sarsembayeva N.B. Abdigaliyeva T.B., Utepova Z.A., Biltebay A.N., Zhumagulova S.Zh. Heavy metal levels in milk and fermented milk products produced in the Almaty region, Kazakhstan // Veterinary World. 2020. № 4 (13). - P. 609-613.

12. Bueno P.D.L.C., Gillerman L., Gehr R., Oron G. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study. Water Res. 2017, 110, - P. 66-73.

13. Патент РК № 30570, G01N 15/00 Стенд для моделирования фильтрации жидкостей. Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Государственный университет им. Шакарима города Семей", 2014/1842.1, 16.11.2015, бюл. №11.

14. Базанова А.К., Какимов А.К., Ибрагимов Н.К., Муратбаев А.М. Сұйық тамақ өнімдерін улы заттардан тазартуға арналған қондырғы // Қазақстан-тоңазыту – 2025: XIV халықаралық ғылыми-техникалық конференция баяндамаларының жинағы. - 2025, 29-30 сәуір. - Б. 30-33.

15. Базанова А.К., Какимов А.К., Еренғалиев А.Е., Лобасенко Б.А., Ибрагимов Н.К., Муратбаев А.М. // Современные подходы к снижению содержания радионуклидов и солей тяжелых металлов в жидких пищевых продуктах с использованием адсорбционных технологий: Аналит. обзор. - Семей: "Pro100Print", 2025. - 67 с.

REFERENCES

1. Poslanie Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokaeva narodu Kazahstana. Ekonomicheskij kurs Spravedlivogo Kazahstana [Statement of the Head of State Kasym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan Economic course of Fair Kazakhstan]. [Elektronnyj resurs.] URL:<https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-ekonomicheskij-kurs-spravedlivogo-kazahstana-18588> (data obrashcheniya: 13.03.2025). (In Russian).

2. Kuderinova N.A., Kakimov A.K., Kuderinov S.M., Toleubekova Zh.Z., Isabekova K.S. Radioekologicheskaya obstanovka territorij, prilgayushchih k Semipalatinskomu ispytatel'nomu poligonu [Radioecological situation of territories adjacent to the Semipalatinsk test site] // Interekspo GEO-Sibir'-2015. XI Mezhdunar. nauch.kongr.: «Nedro-pol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska,

razvedki i razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. Geoekologiya»: sb. materialov v 3 t. - Novosibirsk: SGUGiT, 2015. T.1. – S. 200-206. (In Russian).

3. Gavrilova N.B. Gigienicheskie osnovy pitaniya i kontrolya kachestva pishchi [Hygienic principles of nutrition and food quality control] // Uchebnoe posobie, 1998. –S. 124-148. (In Russian).

4. Kakimov, A., Jilkisheva, A., Mayorov, A., Zharykbasova, K., Kakimova, Z., Mirasheva, G., Zharykbasov, Y., Zolotov, A., & Yessimbekov, Z. Developing the process parameters of milk pasteurization for reducing the concentration of toxic elements and radionuclides // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 14(13). 2019. – P. 2443-2447.

5. Mollobaeva D.S., Ponomaryova E.V. Issledovaniya shvejcarskih uchenyh o pol'ze moloka i molochnyh produktov [Research by swiss scientists on the benefits of milk and dairy products] // Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. – 2016. - №4 (7) oktyabr'-dekabr'. – 4 s. (In Russian).

6. Aliev M.M., Bajramova A.G., Ibragimova L.R. Kachestvo moloka pri poluchenii ego v sanitarnyh usloviyah [Milk quality under sanitary production conditions] / The XXIX International Scientific and Practical Conference «Trends in science and practice of today», July 26-29, 2022, Stockholm, Sweden. – S.15-18. (In Russian).

7. Choudhary M., Peter C., Shukla S.K., Govender P.P., Joshi G.M., Wang R. Environmental issues: A challenge for wastewater treatment. In Green Materials for Wastewater Treatment; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, -2020. – P. 1-12.

8. Sharahi F.J., Shahbazi A. Melamine-based dendrimer amine-modified magnetic nanoparticles as an efficient Pb (II) adsorbent for wastewater treatment: Adsorption optimization by response surface methodology. Chemosphere 2017, 189, – P. 291-300.

9. Forcada, Sergio, Mario Menéndez-Miranda, Carlos Boente, José Luis Rodríguez Gallego, José M. Costa-

Fernández, Luis J. Royo, and Ana Soldado. 2023. “Impact of Potentially Toxic Compounds in Cow Milk: How Industrial Activities Affect Animal Primary Productions.” Foods 12(8). doi:10.3390/foods12081718. –17 p.

10. Pietrzak-Fiećko R., Smoczyński S. Evaluation of Cs-137 Content in Powdered Cow Milk from Four Regions Of Poland // Polish J. of Environ. Stud. – 2009 – Vol. 18, No.4. – P. 745-748.

11. Sarsembayeva N.B. Abdigaliyeva T.B., Utepova Z.A., Biltebay A.N., Zhumagulova S.Zh. Heavy metal levels in milk and fermented milk products produced in the Almaty region, Kazakhstan // Veterinary World. 2020. № 4 (13). – P. 609-613.

12. Bueno P.D.L.C., Gillerman L., Gehr R., Oron G. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study. Water Res. 2017, 110, – P. 66-73.

13. Patent RK № 30570, G01N 15/00 Stend dlya modelirovaniya fil'tracii zhidkostej [Stand for liquid filtration modeling] Respublikanskoe gosudarstvennoe predpriyatie na prave hozyajstvennogo vedeniya "Gosudarstvennyj universitet im. SHakarima goroda Semej", 2014/1842.1, 16.11.2015, byul. №11. (In Russian).

14. Bazanova A.K., Kakimov A.K., Ibragimov N.K., Muratbaev A.M. Сыяқ тамақ өнімдерін ұлы заттардан тазартуға арналған қондырғы // Қазақстан-тоңазыту – 2025: XIV халықаралық ғылыми-техникалық конференция байандамаларының жинары. – 2025, 29-30 сәуір. – Б. 30-33. (In Kazakh).

15. Bazanova A.K., Kakimov A.K., Erengaliev A.E., Lobasenko B.A., Ibragimov N.K., Muratbaev A.M. // Sovremennnye podhody k snizheniyu soderzhaniya radionuklidov i soley tyazhelyh metallov v zhidkih pishchevyh produktah s ispol'zovaniem adsorbcionnyh tekhnologij: Analit. obzor. – Semej: “Pro100Print”, 2025. – 67 s. (In Russian).