

Шолпан Сапаровна Аманова – PhD, ассистент-профессор кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: amanova_sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

Information about the authors

Saniya Ibraimova* – Assistant Professor, Department of Food Safety and Quality, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: canek21@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9439-7461>.

Ayana Serikbaeva – Assistant Professor, Department of Food Safety and Quality, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ayana-sn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8252-1034>.

Gulzira Jumabekova – Master of Technical Sciences, Lecturer at the Department of «Technique and technology of the Food Production», International Engineering and Technology University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: guzika_j@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6375-3128>.

Raushan Izteliyeva – PhD, associate professor, Department of Food Safety and Quality, Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: iztelieva80@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-2798>.

Sholpan Amanova – Assistant Professor, Department of Food Safety and Quality, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: amanova_sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

Received 15.09.2025

Revised 17.10.2025

Accepted 20.10.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-35](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-35)



МРНТИ: 65.63.03

А.К. Базанова*, А.К. Какимов, Н.К. Ибрагимов, М.М. Ташыбаева

Шәкәрім университет,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЛОКА ОТ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация: Молоко является одним из наиболее значимых и питательных продуктов питания, однако его качество во многом зависит от экологической обстановки. Загрязнение окружающей среды приводит к накоплению тяжёлых металлов в пищевой продукции, что представляет угрозу для здоровья населения. Среди них наибольшую опасность представляют свинец (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As) и другие элементы. Целью работы являлось определение содержания свинца, кадмия и мышьяка в образцах сырого коровьего молока и исследование эффективности адсорбционной очистки с использованием природных сорбентов. Анализ проб из трёх населённых пунктов проводился методом инверсионно-вольтамперометрии. Установлено, что содержание кадмия в молоке из села Саржал превышает предельно допустимую концентрацию (0,067 мг/кг при норме 0,03 мг/кг), тогда как уровни свинца и мышьяка находились в пределах нормы. Для очистки молока применялась усовершенствованная экспериментальная установка с тремя сорбционными колоннами, загруженными шунгитом, цеолитом и кокосовым активированным углём. Наибольшая эффективность достигнута при комбинации 1+3 колонна (шунгит + кокосовый активированный уголь), обеспечившей снижение концентраций свинца на 91 %, кадмия на 75 % и мышьяка на 84 %. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения природных сорбентов для очистки молока и демонстрируют перспективность разработанной установки для использования в лабораторных и малых производственных условиях.

Ключевые слова: сырое коровье молоко, тяжёлые металлы, инверсионно-вольтамперометрический метод, шунгит, цеолит, кокосовый активированный уголь.

Введение

Современная молочная промышленность сталкивается с проблемами производства экологически безопасной продукции, что во многом связано с возможным загрязнением молочного сырья токсичными элементами [1]. Коровье молоко рассматривается как

полноценный продукт питания благодаря высокому содержанию белков, жиров и минеральных соединений. Однако его загрязнение тяжёлыми металлами представляет угрозу для здоровья человека [2]. Загрязнение молока тяжёлыми металлами происходит через воду, почву, воздух, а также оборудование и ёмкости для производства и хранения. Среди наиболее опасных тяжёлых металлов считаются: свинец (Pb), кадмий (Cd), никель (Ni), кобальт (Co), мышьяк (As) [3, 4]. Молоко, как массовый и биологически ценный продукт, подвержено загрязнению токсичными элементами, включая радионуклиды и тяжёлых металлов, что обуславливает необходимость разработки эффективных методов контроля и очистки. В рамках исследования была усовершенствована экспериментальная установка для адсорбционной очистки жидких пищевых продуктов от токсичных элементов, позволяющая повысить безопасность молока. Особый интерес представляет использование природных сорбентов, отличающихся высокой сорбционной ёмкостью, доступностью и экологической безопасностью [5].

Материалы и методы исследования

Для снижения концентрации токсичных элементов применялись природные сорбенты, обладающие выраженными адсорбционными, ионообменными и фильтрационными свойствами [6]. Например, для очистки молока от токсичных элементов в качестве сорбирующего вещества выбраны: цеолит Чанканайского месторождения (Кербулакский район, Алматинская область), шунгит Коксуского месторождения и активированный уголь 207С, полученный из скорлупы кокосовых орехов.

Ниже приведены характеристики природных сорбентов, использованных в экспериментальных исследованиях [7]:

Шунгитные углеродные минералы найдены в Коксуйском месторождении Алматинской области с подтвержденным запасом 49 млн. тонн [8] и известны под названием тауриты. Шунгитовые породы (тауриты) представляют собой природные наноструктурированные композиты, состоящие из углеродистого вещества и микрокристаллического кремнезёма. Они характеризуются высокой прочностью, химической стойкостью и электропроводностью [9].

Цеолиты Чанканайского месторождения получен из одноимённого месторождения Кербулакского района Алматинской области Республики Казахстан [10]. Цеолиты представляют собой твёрдые зернистые материалы, имеющие весьма пористую структуру и обладающие большой удельной поглощающей поверхностью [11]. В пищевой промышленности цеолиты нашли применение в качестве адсорбентов и катализаторов [12]. Например, для очистки молока от токсичных элементов в качестве сорбирующего вещества большое внимание уделяется цеолитом. Цеолиты – природные или синтетические алюмосиликаты, обладающие высокими сорбционными характеристиками и способностью избирательно поглощать катионы, такие как свинец, кадмий и другие. Они проявляют сорбцию катионов тяжёлых металлов и могут эффективно использоваться для очистки молочных продуктов от радионуклидов [13, 14].

Уголь активированный 207С из скорлупы кокосовых орехов применяется для очистки питьевой и технологической воды, обладает высокой плотностью и прочностью, устойчив к многократной регенерации. Это позволяет проводить многократные промывки его в угольных фильтрах. Активированный уголь индийского производства имеет высокую степень активации, благодаря чему обладает прекрасными сорбционными способностями [15]. В таблице 1 указаны основные показатели состава природных сорбентов, применённых в исследовании [16].

Методы исследования: для определения содержания тяжёлых металлов был использован инверсионно-вольтамперометрический метод.

Объекты исследования: в качестве объектов исследования было выбрано сырое коровье молоко. В качестве объектов исследования использовались образцы цельного молока, отобранные в трёх населённых пунктах – Бакыршык, Кайнар и Саржал. Молоко хранили при - 20°С до анализа.

На первом этапе исследования был проведён анализ содержания ионов свинца, кадмия и мышьяка в сыром коровьем молоке методом инверсионно-вольтамперометрии. Данные отражены на рисунке 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика состава природных сорбентов, использованных в эксперименте

Показатель	Таурит (ТК)	Цеолит природный СТ 72-1907-17-ТОО-01-2020	Кокосовый активированный уголь
Минералогический состав	кальцит, кварц, серицит, углеродистый материал	клиноптилолит (основа), кварц, полевые шпаты	углерод ≥ 80 %, пористая структура
Внешний вид	порода чёрного цвета	красно-коричневый серый цвет	порошок/ гранулы чёрного цвета
Химический состав	С – 7,0-15,0 % SiO ₂ – 30,0-55,0 % CaO – 9,36 % MgO – 1,44 % Fe ₂ O ₃ – 4,83 % Al ₂ O ₃ – 9,41 % TiO ₂ – 0,89 % K ₂ O – 2,19 % Na ₂ O – 0,40 %	SiO ₂ – 60-74 % CaO – 0,2-1,2 % MgO – 0,13-6,40 % Fe ₂ O ₃ – 1,40-5,83 % FeO – 0,067-0,199 % Al ₂ O ₃ – 14-15 % TiO ₂ – 0,07-0,7 % K ₂ O – 0,66-4,03 % Na ₂ O – 0,61-5,45 % P ₂ O ₅ – 0,012-0,173 %	С – 80-90 % Н – 0,5-1,5 % О – 5-15 % N – до 0,5 % S – ≤ 0,1 % SiO ₂ – 0,5-1,5 % Al ₂ O ₃ – 0,5-1,0 % Fe ₂ O ₃ – 0,1-0,5 % CaO – 0,3-0,7 % MgO – 0,2-0,5 % K ₂ O + Na ₂ O – 0,2-0,6 %

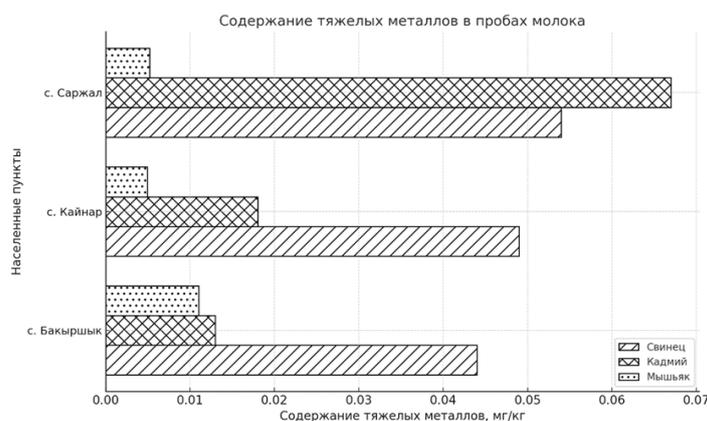


Рисунок 1 – Содержание свинца, кадмия и мышьяка в молоке (с. Бакыршык, с. Кайнар, с. Саржал)

Анализ проб молока из трёх населённых пунктов (с. Бакыршык, с. Кайнар, с. Саржал) показал наличие свинца, кадмия и мышьяка в различной концентрации (рис. 1). Полученные значения сопоставлялись с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) согласно ГОСТ 33824-2016 (для свинца и кадмия) [17] и ГОСТ 31628-2012 (для мышьяка) [18].

В пробах молока из с. Бакыршык содержание свинца составило 0,044 мг/кг (при норме 0,1 мг/кг), кадмия – 0,013 мг/кг (при норме 0,03 мг/кг), мышьяка – 0,011 мг/кг (при норме 0,05 мг/кг). Дополнительно установлены погрешности измерений, которые варьировали в пределах ± 0,003 - 0,013 мг/кг в зависимости от элемента.

В пробах молока из с. Кайнар концентрация свинца составила 0,049 мг/кг, кадмия – 0,018 мг/кг, мышьяка – 0,0049 мг/кг, что также не превышает установленных значений.

Наибольшие значения тяжёлых металлов зафиксированы в пробах из с. Саржал: свинец – 0,054 мг/кг, кадмий – 0,067 мг/кг, мышьяк – 0,0052 мг/кг. При этом концентрация кадмия оказалась выше допустимого уровня (0,03 мг/кг), что свидетельствует о возможном неблагоприятии в экологической обстановке данного региона.

Таким образом, концентрации свинца и мышьяка в молоке из исследованных населённых пунктов не превышали, однако уровень кадмия в молоке из села Саржал значительно превышал предельно допустимую концентрацию. Данный факт указывает на необходимость дальнейшего мониторинга экологической ситуации и источников поступления кадмия в корма и продукты животного происхождения.

Для проведения исследований очистки молока от токсичных элементов усовершенствован экспериментальный «Стенд для фильтрационной очистки жидких пищевых продуктов от радионуклидов и солей тяжёлых металлов» [19]. Способ очистки молока, загрязнённого токсичными элементами, включает: напорную систему с приёмной ёмкостью, насосом, манометром, расходомером и тремя вертикальными колоннами, работающими как по отдельности, так и в различных комбинациях. Для фильтрации молока на экспериментальном стенде были использованы три фильтра [19], в каждую колонну загружают различные природные сорбенты, в котором объём засыпки каждого сорбента составляет 100 мл (по шкале мерного стакана) [20]. В состав фильтрационной установки входили три сорбционные колонки: первая была заполнена шунгитом, вторая – цеолитом, третья – кокосовым активированным углём. Перед модифицированием сорбенты измельчали на планетарной мельнице до размера частиц 2-1 мм. Далее сорбенты были разделены на фракции с использованием вибрационного сита с размерами ячеек 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 и 0,1 мм [21].

После полученного нужного размера сорбентов, приступаем к приготовлению для использования:

1. Перед использованием *шунгит* мы просеивали через сито с размером ячеек 0,5-1 мм для удаления пылевых фракций и мелких частиц. И подвергали предварительной подготовке, включающей промывание дистиллированной водой до нейтрального pH, кислотную (0,05-0,1 М HNO_3 или 0,1 М HCl) и, при необходимости, щелочную обработку (0,1 М NaOH), а также сушку при 110-150 °С в течение 3-4 часов. Данная обработка позволила удалить механические и химические примеси и повысить сорбционную активность [21, 22].

2. *Цеолит* предварительно очищали от пыли и механических примесей с помощью сито с размером ячеек 0,5-1 мм, промывали дистиллированной водой до нейтрального pH, при необходимости обрабатывали разбавленными растворами кислот (0,1 М HCl или HNO_3) и щёлочи (0,1 М NaOH), после чего высушивали при 110-150 °С в течение 3-4 часов [22].

3. *Кокосовый активированный уголь* перед использованием поместили в сетчатое сито (размер ячеек около 0,5 мм), чтобы просеять его для удаления мелких частиц. Промывали дистиллированной водой до нейтрального pH, при необходимости обрабатывали разбавленными кислотами (0,05-0,1 М HNO_3 или 0,1 М HCl) для удаления примесей, после чего сушили при 105-120 °С в течение 3-5 ч [22].

Частота вращения насоса варьировалась в пределах 135-200 Вт. Исследования были проведены при температуре 18-20 °С как наиболее оптимальной температуре адсорбции.

Результаты научных исследований

На рисунках 2-4 приведены результаты исследования влияния параметров процесса фильтрации на содержание кадмия, свинца и мышьяка.

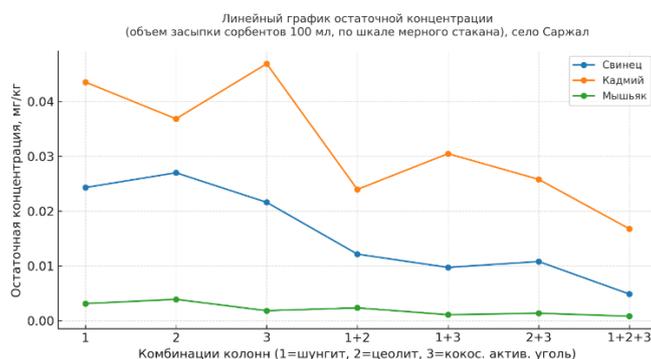


Рисунок 2 – Линейный график остаточной концентрации тяжёлых металлов (Pb, Cd, As) после фильтрации молока через комбинации колонн, село Саржал

Полученные исследования показывают что, до фильтрации в молоке из с. Саржал концентрация тяжёлых металлов составляла: свинец – 0,054 мг/кг (при ПДК 0,1 мг/кг, ГОСТ 33824-2016), кадмий – 0,067 мг/кг (выше ПДК 0,03 мг/кг, ГОСТ 33824-2016), мышьяк – 0,0052 мг/кг (ниже ПДК 0,05 мг/кг, ГОСТ 31628-2012). После прохождения через сорбционные колонны наблюдается выраженное снижение концентраций всех исследованных тяжёлых

металлов (рис. 2). Наиболее значимый результат достигнут при использовании комбинации шунгит + кокосовый активированный уголь (1+3), где содержание свинца снизилось до 0,00972 мг/кг, кадмия – 0,03048 мг/кг, а мышьяка – 0,00109 мг/кг относительно исходных значений. Максимальная степень очистки (свинец – 91 %, кадмий – 75 %, мышьяк – 84 %) наблюдалась при комбинации трёх сорбентов (1+2+3).

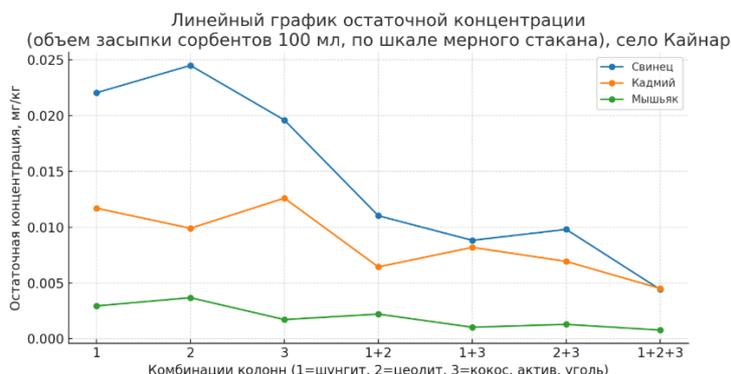


Рисунок 3 – Линейный график остаточной концентрации тяжёлых металлов (Pb, Cd, As) после фильтрации молока через комбинации колонн, село Кайнар

Полученные исследования показывают, что в исходных пробах молока из с. Кайнар концентрация тяжёлых металлов составила: свинец – 0,049 мг/кг (при ПДК 0,1 мг/кг, ГОСТ 33824-2016), кадмий – 0,018 мг/кг (ниже ПДК 0,03 мг/кг, ГОСТ 33824-2016), мышьяк – 0,0049 мг/кг (ниже ПДК 0,05 мг/кг, ГОСТ 31628-2012).

После прохождения через сорбционные колонны отмечено существенное снижение концентраций всех трёх токсичных элементов (рис. 3). Наиболее эффективной оказалась комбинация шунгит + кокосовый активированный уголь (1+3), при которой остаточное содержание свинца снизилось до 0,00882 мг/кг, кадмия – 0,00819 мг/кг, а мышьяка – более 0,00103 мг/кг по сравнению с исходными значениями. Максимальная степень очистки фиксировалась при использовании всех трёх колонн (1+2+3), где концентрации тяжёлых металлов приблизились к минимальным значениям.

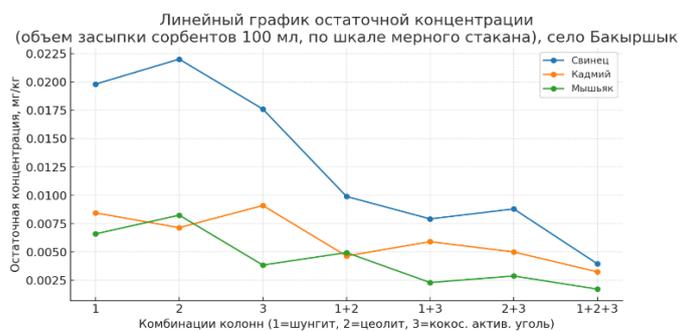


Рисунок 4 – Линейный график остаточной концентрации тяжёлых металлов (Pb, Cd, As) после фильтрации молока через комбинации колонн, село Бакыршык

Полученные исследования показывают что, в исходных пробах молока из с. Бакыршык содержание тяжёлых металлов составило: свинец – 0,044 мг/кг (при ПДК 0,1 мг/кг), кадмий – 0,013 мг/кг (при ПДК 0,03 мг/кг), мышьяк – 0,011 мг/кг (при ПДК 0,05 мг/кг). После применения сорбционных колонн концентрации всех исследованных элементов значительно снизились (рис. 4). Наиболее эффективной оказалась комбинация шунгит + кокосовый активированный уголь (1+3), где остаточное содержание свинца уменьшилось более чем в 0,00792 мг/кг, кадмия – 0,00591 мг/кг, а мышьяка – 0,00231 мг/кг. Максимальная степень очистки наблюдалась при совместном использовании трёх колонн (1+2+3), когда показатели тяжёлых металлов достигли минимальных значений.

Обсуждение научных результатов

Все комбинации колонн показали снижение остаточной концентрации тяжёлых металлов (свинца, кадмия и мышьяка) по сравнению с исходным содержанием в молоке.

Отдельные колонны (1 – шунгит, 2 – цеолит, 3 – кокосовый активированный уголь) обеспечивают частичное удаление загрязнителей, однако эффективность различается в зависимости от металла.

- Шунгит (1) наиболее эффективно снижает концентрацию свинца.
- Цеолит (2) проявил умеренную универсальность, но уступает в селективности.
- Кокосовый активированный уголь (3) оказался наиболее эффективным для удаления мышьяка.

Комбинации колонн дают хороший эффект:

- 1+2 (шунгит + цеолит) и 2+3 (цеолит + кокосовый активированный уголь) колонны показали средние результаты,
- комбинация 1+3 (шунгит + кокосовый активированный уголь) оказалась **оптимальной** она обеспечила наибольшее снижение концентраций всех трёх металлов одновременно.

Полная последовательность 1+2+3 (шунгит + цеолит + кокосовый активированный уголь) также эффективна, но по ряду металлов уступает комбинации 1+3 (шунгит + кокосовый активированный уголь), что делает последнюю более рациональной с точки зрения энергозатрат и конструкции установки. В итоге, оптимальным режимом адсорбционной очистки в усовершенствованной экспериментальной установке является использование **комбинации колонн 1 (шунгит) и 3 (кокосовый активированный уголь)**. Эта схема обеспечивает максимальное снижение остаточной концентрации тяжёлых металлов (свинец, кадмий, мышьяк) в молоке при минимальных конструктивных затратах.

Заключение

Использование природных сорбентов в усовершенствованной экспериментальной установке позволяет эффективно снижать концентрацию тяжёлых металлов в молоке. Конструкция установки обеспечивает возможность гибкой комбинации сорбционных колонн, что делает её перспективной для лабораторных исследований и внедрения в малых производственных условиях. Важным преимуществом является возможность индивидуального включения каждой колонны или их комбинированного соединения в различных последовательностях с помощью системы кранов, что позволяет подбирать наиболее результативные режимы адсорбции в зависимости от условий эксперимента. Полезная модель обеспечивает проведение исследований процессов сорбции с применением различных сорбентов при разных режимах фильтрации жидких пищевых продуктов. Установлено, что увеличение объёма сорбентов в фильтрах сопровождается снижением содержания исследуемых элементов.

Список литературы

1. Самусенко Л.Д. Качество и безопасность молока: основа продовольственной безопасности / Л.Д. Самусенко, С.Н. Химичева // Вестник аграрной науки. – 2018. – №1(70). – С. 46-50. <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-i-bezopasnost-moloka-osnova-prodovolstvennoy-bezopasnosti/viewer>. (дата обращения: 12.07.2025).
2. Impact of potentially toxic compounds in cow milk: How industrial activities affect animal primary productions / S. Forcada et al // Foods. – 2023. – Vol. 12, № 8. – 17 p. <https://doi.org/10.3390/foods12081718>.
3. Contamination of milk and dairy products with heavy metals / H. İstanbulluoğlu et al // Turkey Klinikleri Journal of Medical Sciences. – 2013. – № 33. – P. 410-419. <https://doi.org/10.5336/medsci.2012-29718>.
4. The effect of environmental factors on heavy metal and mineral compositions of raw milk and water samples / E. Bigucu et al // Journal of Tekirdag Agricultural Faculty. – 2016. – № 13 – P. 61-70.
5. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study / P.D.L.C. Bueno et al // Water Res. – 2017. – № 110. – P. 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.060>.
6. Wei Y. Novel Adsorbents and Adsorption Methods for Pollutant Removal / Y. Wei, Y.Wu, X. Wang // Toxics. – 2023. – № 11(12). – P. 11-13. <https://doi.org/10.3390/toxics11120954>.
7. Meier W.M., Olson D.H. and Baerlocher Ch, Atlas of Zeolite Structure Types / Meier W.M., Olson D.H. and Baerlocher Ch, // 3rd Ed., Butterworth Heinemann, London. – 1987. – 152 p. https://www.iza-structure.org/books/Atlas_5ed.pdf. (дата обращения: 08.07.2025).

8. Efremova S.V. The structure of Kazakhstan shungite / S.V. Efremova, M.K. Korolev // *Solid Fuel Chem.* – 2003. – Vol. 37. – P. 9-18.
9. Мусина У.Ш. Экологический потенциал Коксуского шунгита / У.Ш. Мусина // *Гидрометеорология и экология.* – 2010. – № 4. – С. 154-159.
10. Камбарова Э.А. Адсорбция тяжёлых металлов на модифицированной эпоксидной смолой поверхности шунгита и цеолита / Э.А. Камбарова // *Вестник Таразского регионального университета имени М.Х. Дулати.* – 2024. – С. 15-20.
11. Андриенко П.Е. Проблемы различных методов очистки воды / П.Е. Андриенко, Ж.А. Арушанян // *Научные исследования молодых учёных: сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции.* – Пенза: МЦНС Наука и Просвещение. – 2024. – С. 32-35.
12. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type / R. Ghasemi-Fasaee et al // *International Research Journal of Applied and Basic Sciences.* – 2012. – Vol. 3, № 10. – P. 2079-2084.
13. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application / J. Vilcek et al // *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* – 2013. – Vol. 19, № 2. – P. 228-234.
14. Auerbach S.A. Handbook of Zeolites Science and Technology / S.A. Auerbach, K.A. Carrado, P.K. Dutta– NY.: CRC Press, 2003. – 1204 p.
15. Кокосовый активированный уголь (сорбция): – URL: <https://sebekpro.ru/catalog-resheniy/gotovyie-resheniya/172-kokosovyy-aktivirovannyy-ugol-sorbtsiya.html>. (дата обращения: 13.07.2025).
16. Adsorption of Heavy Metals: Mechanisms, Kinetics, and Applications of Various Adsorbents in Wastewater Remediation-A Review / Z. Raji et al // *Waste.* – 2023. – vol. 1, № 3. – 31 p.
17. ГОСТ 33824-2016. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка). – Введ. 01.07.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – С. 8-13.
18. ГОСТ 31628-2012. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2014. – С. 6-11.
19. Патент РК №11024, G01N 15/00 Стенд для фильтрационной очистки жидких пищевых продуктов от радионуклидов и солей тяжёлых металлов, 22.08.2025, бюл. № 34.
20. Современные подходы к снижению содержания радионуклидов и солей тяжёлых металлов в жидких пищевых продуктах с использованием адсорбционных технологий: Аналит. Обзор / А.К. Базанова и др. – Семей: «Pro100Print», 2025. – 67 с.
21. ГОСТ 16187-70. Сорбенты. Метод определения фракционного состава. – Введ. 01.07.1971. 1970. – 6 с.
22. ГОСТ 16188-70. Сорбенты. Метод определения прочности при истирании. – Введ. 01.07.1971. 1970. – 5 с.

References

1. Samusenko L.D. Kachestvo i bezopasnost' moloka: osnova prodovol'stvennoi bezopasnosti / L.D. Samusenko, S.N. Khimicheva // *Vestnik agrarnoi nauki.* – 2018. – №1(70). – S. 46-50. <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-i-bezopasnost-moloka-osnova-prodovol'stvennoy-bezopasnosti/viewer>. (data obrashcheniya: 12.07.2025). (In Russian).
2. Impact of potentially toxic compounds in cow milk: How industrial activities affect animal primary productions / S. Forcada et al // *Foods.* – 2023. – Vol. 12, № 8. – 17 p. <https://doi.org/10.3390/foods12081718>. (In English).
3. Contamination of milk and dairy products with heavy metals / N. İstanbulluoğlu et al // *Turkey Klinikleri Journal of Medical Sciences.* – 2013. – № 33. – P. 410-419. <https://doi.org/10.5336/medsci.2012-29718>. (In English).
4. The effect of environmental factors on heavy metal and mineral compositions of raw milk and water samples / E. Bigucu et al // *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty.* – 2016. – № 13 – P. 61-70. (In English).
5. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study / P.D.L.C. Bueno et al // *Water Res.* – 2017. – № 110. – P. 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.060>. (In English).

6. Wei Y. Novel Adsorbents and Adsorption Methods for Pollutant Removal / Y. Wei, Y.Wu, X. Wang // *Toxics*. – 2023. – № 11(12). – P. 11-13. <https://doi.org/10.3390/toxics11120954>. (In English).
7. Meier W.M., Olson D.H. and Baerlocher Ch, Atlas of Zeolite Structure Types / Meier W.M., Olson D.H. and Baerlocher Ch, // 3rd Ed., Butterworth Heinemann, London. – 1987. – 152 p. https://www.iza-structure.org/books/Atlas_5ed.pdf. (data obrashcheniya: 08.07.2025). (In English).
8. Efremova S.V. The structure of Kazakhstan shungite / S.V. Efremova, M.K. Korolev // *Solid Fuel Chem.* – 2003. – Vol. 37. – R. 9-18. (In English).
9. Musina U.SH. Ehkologicheskii potentsial Koksuskogo shungita / U.SH. Musina // *Gidrometeorologiya i ehkologiya*. – 2010. – № 4. – S. 154-159. (In Russian).
10. Kambarova EH.A. Adsorbtsiya tyazhelykh metallov na modifitsirovannoi ehpkosidnoi smoloi poverkhnosti shungita i tseolita / EH.A. Kambarova // *Vestnik Tarazskogo regional'nogo universiteta imeni M.KH. Dulati*. – 2024. – S. 15-20. (In Russian).
11. Andrienko P.E. Problemy razlichnykh metodov ochistki vody / P.E. Andrienko, ZH.A. Arushanyan // *Nauchnye issledovaniya molodykh uchenykh: sbornik statei XXVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. – Penza: MTSNS Nauka i Prosveshchenie. – 2024. – S. 32-35. (In Russian).
12. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type / R. Ghasemi-Fasaei et al // *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. – 2012. – Vol. 3, № 10. – P. 2079-2084. (In English).
13. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application / J. Vilcek et al // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2013. – Vol. 19, № 2. – P. 228-234. (In English).
14. Auerbanch S.A. Handbook of Zeolites Science and Technology / S.A. Auerbanch, K.A. Carrado, P.K. Dutta– NY.: CRC Press, 2003. – 1204 p. (In English).
15. Kokosovyi aktivirovannyi ugol' (sorbtsiya): – URL: <https://sebekpro.ru/katalog-resheniy/gotovye-resheniya/172-kokosovyy-aktivirovannyj-ugol-sorbtsiya.html>. (data obrashcheniya: 13.07.2025). (In Russian).
16. Adsorption of Heavy Metals: Mechanisms, Kinetics, and Applications of Various Adsorbents in Wastewater Remediation-A Review / Z. Raji et al // *Waste*. – 2023. – vol. 1, № 3. – 31 p. (In English).
17. GOST 33824-2016. Produkty pishchevye i prodovol'stvennoe syr'e. Inversionno-vol'tamperometricheskii metod opredeleniya sodержaniya toksichnykh ehlementov (kadmiya, svintsya, medi i tsinka). – Vved. 01.07.2017. – M.: Standartinform, 2016. – S. 8-13. (In Russian).
18. GOST 31628-2012. Produkty pishchevye i prodovol'stvennoe syr'e. Inversionno-vol'tamperometricheskii metod opredeleniya massovoi kontsentratsii mysh'yaka. – Vved. 01.07.2013. – M.: Standartinform, 2014. – S. 6-11. (In Russian).
19. Patent RK №11024, G01N 15/00 Stend dlya fil'tratsionnoi ochistki zhidkikh pishchevykh produktov ot radionuklidov i solei tyazhelykh metallov, 22.08.2025, byul. № 34. (In Russian).
20. Sovremennnye podkhody k snizheniyu sodержaniya radionuklidov i solei tyazhelykh metallov v zhidkikh pishchevykh produktakh s ispol'zovaniem adsorbtsionnykh tekhnologii: Analit. Obzor / A.K. Bazanova i dr. – Semei: «Pro100Print», 2025. – 67 s. (In Russian).
21. GOST 16187-70. Sorbenty. Metod opredeleniya fraktsionnogo sostava. – Vved. 01.07.1971. 1970. – 6 s. (In Russian).
22. GOST 16188-70. Sorbenty. Metod opredeleniya prochnosti pri istiranii. – Vved. 01.07.1971. 1970. – 5 s. (In Russian).

А.Қ. Базанова*, А.Қ. Кәкімов, Н.К. Ибрагимов, М.М. Ташыбаева

Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru

СҮТТЕГІ ЗИЯНДЫ ЗАТТАРДЫ ТАЗАРТУҒА АРНАЛҒАН ЖЕТІЛДІРІЛГЕН ҚОНДЫРҒЫДА ТАБИҒИ СОРБЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Сүт – ең маңызды әрі құнарлы азық-түлік өнімдерінің бірі, алайда оның сапасы экологиялық жағдайға тікелей байланысты. Қоршаған ортаның ластануы ауыр металдардың азық-түлік өнімдерінде жиналуына әкеліп, адам денсаулығына қауіп төндіреді. Олардың ішінде ең қауіптілері – қорғасын (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As) және басқа да элементтер. Зерттеудің мақсаты – шикі сиыр сүтіндегі қорғасын, кадмий және мышьяқтың мөлшерін анықтау және табиғи сорбенттерді

пайдалану арқылы адсорбциялық тазарту тиімділігін бағалау. Үш елді мекеннен алынған сынамалар инверсиялық-вольтамперометриялық әдіс арқылы талданды. Саржал ауылынан алынған сүт сынамаларында кадмий мөлшері шекті рұқсат етілген концентрациядан (0,067 мг/кг, норма – 0,03 мг/кг) асып кеткені анықталды, ал қорғасын мен мышьяк деңгейлері рұқсат етілген шектерде болды. Сүтті тазарту үшін үш сорбциялық бағаны бар жетілдірілген эксперименттік қондырғы қолданылды, олар шунгит, цеолит және кокос белсендірілген көмірімен толтырылған. Ең жоғары тиімділік 1+3 колонна комбинациясында (шунгит + кокос жаңғағы белсендірілген көмірі) байқалды, ол қорғасынның мөлшерін 91 %-ға, кадмийді – 75 %-ға, ал мышьяқты – 84 %-ға төмендетті. Алынған нәтижелер табиғи сорбенттерді сүтті тазарту үшін пайдаланудың орынды екенін дәлелдейді және әзірленген қондырғыны зертханалық және шағын өндірістік жағдайда қолданудың болашағын көрсетеді.

Түйін сөздер: шикі сиыр сүті, ауыр металдар, инверсиялық-вольтамперометриялық әдіс, шунгит, цеолит, кокос жаңғағы белсендірілген көмірі.

A.K. Bazanova*, A.K. Kakimov, N.K. Ibragimov, M.M. Tashybayeva

Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

*e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru

APPLICATION OF NATURAL SORBENTS IN AN IMPROVED INSTALLATION FOR THE PURIFICATION OF MILK FROM TOXIC ELEMENTS

Milk is one of the most important and nutritious food products; however, its quality largely depends on environmental conditions. Environmental pollution leads to the accumulation of heavy metals in food products, posing a threat to public health. Among them, lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), and other elements are considered the most hazardous. The aim of this study was to determine the content of lead, cadmium, and arsenic in raw cow's milk samples and to evaluate the efficiency of adsorption purification using natural sorbents. Samples collected from three settlements were analyzed by the method of inversion voltammetry. It was found that the cadmium content in milk from the village of Sarzhal exceeded the maximum permissible concentration (0.067 mg/kg at a standard of 0.03 mg/kg), whereas lead and arsenic levels remained within permissible limits. For milk purification, an improved experimental installation with three sorption columns filled with shungite, zeolite, and coconut-based activated carbon was used. The highest efficiency was achieved with the 1+3 column combination (shungite + coconut activated carbon), which reduced lead concentration by 91%, cadmium by 75%, and arsenic by 84%. The obtained results confirm the feasibility of using natural sorbents for milk purification and demonstrate the potential of the developed installation for application in laboratory and small-scale production conditions.

Key words: raw cow's milk, heavy metals, inversion voltammetry, shungite, zeolite, coconut activated carbon.

Сведения об авторах

Арай Қайратовна Базанова* – докторант кафедры биоинженерных систем, Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Айтбек Калиевич Какимов – доктор технических наук, профессор кафедры биоинженерных систем, Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, преподаватель кафедры биоинженерных систем, Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Маржан Мейрамбекқызы Ташыбаева – PhD, преподаватель кафедры биоинженерных систем, Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: marzhan06081990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-5906>.

Авторлар туралы мәліметтер

Арай Қайратқызы Базанова* – «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының докторанты, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Айтбек Қалиұлы Кәкімов – техника ғылымдарының докторы, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының профессоры, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының оқытушысы, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Маржан Мейрамбекқызы Ташыбаева – PhD, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының оқытушысы; Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: marzhan06081990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-5906>.

Information about the authors

Aray Bazanova* – doctoral student, Department of «Bioengineering Systems», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Aitbek Kakimov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Bioengineering Systems», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Nadir Ibragimov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lecturer, Department of «Bioengineering Systems», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Marzhan Tashybayeva – PhD, Lecturer, Department of «Bioengineering Systems»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: marzhan06081990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-5906>.

Поступила в редакцию 15.09.2025

Поступила после доработки 09.10.2025

Принята к публикации 13.10.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-36](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-36)



FTAXP: 65.13.23

А.А. Макенова*, С.Д. Мусаева, Ж.Б. Қалдыбекова, А.Ж. Айтбаева

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
1600018, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

ФЕРМЕНТАЦИЯ КЕЗІНДЕ *VIGNA RADIATA* L. «ЖАСЫЛ ДӘН» ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ АМИНҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫ

Аңдатпа: Ғаламдық ақуыз тапшылығы жағдайында және функционалды тағам өнімдеріне қызығушылықтың артуына байланысты алмастырылмайтын аминқышқылдарының жоғары мөлшеріне ие дәнді-бұршақ дақылдарына ерекше көңіл бөлінуде. Бұл зерттеу *Vigna radiata* L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарындағы алмастырылмайтын аминқышқылдары профилінің ферментация процесіндегі динамикасын бағалауға арналған. Жұмыс автордың 72 сағат бойы тұқымдарды өнгіру арқылы жүргізілген өз эксперименттік деректеріне негізделген, кейін аминқышқылдық талдау орындалған.

Талдау нәтижесінде бақылау үлгілеріндегі алмастырылмайтын аминқышқылдарының (ЕАА) жалпы мөлшері 8032 мг/100 г құрғақ затты құрағаны анықталды. 24-ші сағатта бұл көрсеткіш 8798 мг/100 г дейін өсті, 48-ші сағатта ең жоғары мәніне жетіп, 9674 мг/100 г болды (шамамен 20,4 % өсім), ал 72-ші сағатта аздап төмендеп, 9390 мг/100 г құрады. Ең айқын өзгерістер лейцин+изолейцин бойынша (2895-тен 3493 мг/100 г дейін) және лизин бойынша (1394-тен 1674 мг/100 г дейін) байқалды. Треонин мөлшері 605-тен 714 мг/100 г дейін, ал валин – 1178-ден 1430 мг/100 г дейін артты.

Алынған нәтижелер маш тұқымдарының ферментациясы эндогенді ферменттік жүйелерді белсендіріп, аминқышқылдарының жиналуына және олардың биожетімділігінің артуына ықпал ететінін дәлелдейді. Бұл деректер жоғары ақуыздық құндылыққа ие функционалды тағам өнімдерін әзірлеуде практикалық маңызға ие. Ұсынылған жұмыс «Жасыл дән» сорты бойынша алғаш рет жүргізілген авторлық зерттеу болып табылады және *Vigna radiata* ақуызының ферментация процесіндегі биохимиялық өзгерістері туралы ғылыми түсініктерді кеңейтеді.

Түйін сөздер: *Vigna radiata* L., алмастырылмайтын аминқышқылдары, ферментация, ақуыздық құндылық, функционалды өнімдер.

Кіріспе

Функционалды тағам өнімдері қазіргі уақытта әлемдік азық-түлік индустриясындағы ең жылдам дамып келе жатқан салалардың бірі. Олардың мақсаты ағзаны энергия және