DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-143-149
УДК 637.1+637.131.2

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЛОКА ОТ ТОКСИКОЭЛЕМЕНТОВ

А. К. Какимов[1], Ж. Х. Какимова[1], И. А. Смирнова[2], Е. С. Жарыкбасов[2, *]

[1]РГП на ПХВ «Государственный университет им. Шакарима г. Семей», 071412, Казахстан, ВКО, г. Семей, ул. Глинки, 20а

[2]ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: erlan-0975@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 12.12.2017
Дата принятия в печать: 16.03.2018

© А. К. Какимов, Ж. Х. Какимова, И. А. Смирнова, Е. С. Жарыкбасов, 2018

Аннотация. В статье представлены результаты по содержанию свинца и кадмия в молочном сырье, отобранном из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области (Абайский, Аягозский районы). Обнаружено высокое содержание свинца (от 0,11 до 0,15 мг/л) в образцах молока, отобранных из населенных пунктов, наиболее близко расположенных к территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона. Для понижения содержания токсичных элементов в молочном сырье разработан экспериментальный фильтрационный стенд с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области. Модуль природного цеолита SiO_2/Al_2O_3 составляет 6,3 единицы, что определяет его как высокочистый клиноптилолит, высокоэффективный сорбционный ионообменный материал. В результате экспериментальных исследований установлено, что природный цеолит Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области проявляет сорбционные свойства по отношению к ионам кадмия и свинца. Применение цеолита в качестве сорбционно-фильтрующего материала способствует понижению содержания ионов кадмия и свинца в молоке в процессе фильтрации. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующим значительному изменению содержания исследуемых элементов, относятся: температура фильтрации 18–20 °С, частота оборотов насоса 300 об/мин, с фильтром экспериментального стенда, содержащим 200 г природного цеолита. Вместе с тем исследовано изменение органолептических и физико-химических показателей молока в процессе фильтрации. Установлено, что органолептические и физико-химические показатели в процессе фильтрации молока с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита не изменяются и соответствуют требованиям нормативных документов, регламентирующих показатели качества свежего молока. Наблюдается незначительное понижение титруемой кислотности молока.

Ключевые слова. Молоко, свинец, кадмий, природный цеолит, сорбционно-фильтрующий материал

Для цитирования: Перспективные направления применения цеолита для очистки молока от токсикоэлементов / А. К. Какимов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 143–149. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-143-149.

PROMISING AREAS OF ZEOLITE APPLICATION IN MILK PURIFICATION FROM TOXIC ELEMENTS

A.K. Kakimov[1], Zh.H. Kakimova [1], I.A. Smirnova[2], E.S. Zharykbasov[2,*]

[1]Shakarim State University of Semey 20a, Glinka Str., Semey, 071412, EKR, Kazakhstan

[2]Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: erlan-0975@mail.ru*

Received: 12.12.2017
Accepted: 16.03.2018

© A.K. Kakimov, Zh.H. Kakimova, I.A. Smirnova, E.S. Zharykbasov, 2018

Abstract. The article reveals the data on lead and cadmium content in raw milk samples taken in seven areas located in two districts of Semey Territory of East Kazakhstan Region (Abay and Ayagoz Districts). The authors determined high content of lead (from 0.11 to 0.15 mg/l) in milk samples taken in the populated areas which are located closer to the territory of the former Semipalatinsk Nuclear Test Site. To reduce the content of toxic elements in raw milk the authors developed an experimental filtration unit using natural zeolite brought from Tarbagataysky deposit (East Kazakhstan Region) as sorption-filtering material. Natural zeolite module SiO_2/Al_2O_3 consists of 6.3 units which characterizes it as a high-purity clinoptilolite, highly efficient sorption ion-exchange material. As a result of the experiments the authors determined that natural zeolite taken from Tarbagataysky deposit of East Kazakhstan Region shows sorption properties in relation to lead and cadmium ions. Zeolite application as a sorption-filtering material helps reduce cadmium and lead ion content in milk during filtration. The most suitable processing parameters of milk filtration which help change the content of the

considered elements significantly are the following: filtration temperature should be 18–20°C, pump rotation frequency – 300 rpm with filter of the experimental unit which consists of 200 g of natural zeolite. Besides, the authors studied the changes in organoleptic, physical and chemical properties of milk during filtration. The authors determined that organoleptic, physical and chemical properties during milk filtration using natural zeolite as a sorption-filtering material do not change and comply with the regulatory requirements which specify fresh milk quality parameters. Titratable acidity of milk reduces insufficiently.

Keywords. Milk, lead, cadmium, natural zeolite, sorption-filtering material

For citation: Kakimov A.K., Kakimova Zh.H., Smirnova I.A., Zharykbasov E.S. Promising Areas of Zeolite Application in Milk Purification from Toxic Elements. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 143–149 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-143-149.

Введение

Во всем мире обеспечение качества и безопасности пищевых продуктов является приоритетным направлением государственной политики развития аграрного сектора экономики. Среди многочисленных факторов, влияющих на качество и безопасность пищевых продуктов, одним из основных является экологическая чистота используемого сырья.

Исследованиями экологической безопасности сырья животного и растительного происхождения как одной из связующих цепочек в биогеохимической пищевой цепи занимаются многие ученые. Большое внимание при этом уделяется тяжелым металлам. Широкий спектр действия тяжелых металлов на организм человека определяет актуальность проблемы загрязнения окружающей среды данными ксенобиотиками [1].

Тяжелые металлы влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное и гонадотропное действие. Значительную опасность при хроническом воздействии, даже в небольших дозах, представляют такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, мышьяк и ртуть [2, 3]. Вместе с тем во многих исследованиях отмечается влияние экологического фактора на ухудшение технологических свойств молока [4, 5]. В связи с этим значительное число научных исследований последних лет посвящено определению тяжелых металлов в молоке и молочных продуктах, исследованию источников поступления токсикоэлементов в молочное сырье, а именно кормовых растений и объектов окружающей среды [6–8].

В настоящее время наиболее актуальным направлением является проведение новых научных исследований, направленных на снижение содержания токсикоэлементов в готовом продукте в процессе технологической обработки исходного сырья. На основе анализа литературных источников установлено, что содержание токсичных элементов в процессе технологической переработки сырья животного и растительного происхождения не только повышается, но и, в отдельных случаях, понижается. Основными процессами, влияющими на понижение содержания токсичных элементов, являются механическая, тепловая и физико-химическая обработки исходного сырья [9, 10].

Для понижения содержания токсичных элементов в исходном сырье применяют различные сорбенты природного и искусственного происхождения. Например, для очистки молока от токсичных элементов в качестве сорбирующего вещества был выбран «Полифепан» ЗАО «Сайнтек» – природный полимер растительного происхождения, состоящий в основном из лигнина, структурными элементами которого являются производные фенилпропана [11].

Для понижения содержания токсичных элементов в молочном сырье применяют и такие сорбенты, как порошок полифепана, графена, тетацин-кальция. Способ очистки молока, загрязненного токсичными элементами, включает:
– внесение в молоко-сырье сорбента с выдержкой от 5 до 20 мин (зависит от вида сорбента) при температуре 6 °С и постоянном перемешивании;
– очистку молока-сырья от сорбента центробежным способом на сепараторе-молокоочистителе с холодной очисткой [12, 13].

Среди сорбентов, используемых для очистки объектов окружающей среды и пищевых продуктов, все больше внимания уделяется цеолитам. Обширная информация, опубликованная в различных отечественных и иностранных изданиях за последние 20 лет, показывает, что цеолиты эффективно используются на практике. 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 ионообменной технологии [14].

В связи с этим цеолиты применяются для очистки от токсичных элементов, в том числе от тяжелых металлов, природных и сточных вод, а в сельском хозяйстве – как пищевые добавки в корм для животных и птиц. Кроме того, значительная пористость и адсорбционная способность природных цеолитов позволяют использовать их в качестве фильтрующего материала, например, при центробежной очистке растительных масел, при очистке биогаза с применением фильтра [15, 16].

В пищевой промышленности цеолиты нашли применение как адсорбенты и катализаторы. Цеолит является эффективным сорбентом для ионов тяжелых металлов [17]. В этой связи проводятся многочисленные исследования состава и адсорбционных свойств цеолитсодержащих пород различных месторождений [18, 19].

Учитывая перспективность применения цеолита в пищевой отрасли для понижения токсичных элементов в пищевых продуктах, в данной работе поставлена следующая задача: исследовать и разработать технологический способ применения цеолита для понижения токсичных элементов в сырье молочного происхождения, основываясь на анализе содержания свинца и кадмия в сырьевых ресурсах.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования было выбрано коровье молоко. Образцы цельного молока были отобраны из семи 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 – к зоне максимального радиационного риска, Аягозский район – к зоне повышенного радиационного риска.

Места отбора исследуемых образцов были выбраны также с учетом розы ветров: это территории, расположенные в юго-восточном направлении со стороны бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

Содержание тяжелых металлов определялось с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой «VARIAN 820-ICPMS».

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования проведен анализ содержания ионов кадмия и свинца в сырье молочного происхождения. Результаты исследования представлены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, наибольшее содержание свинца, превышающее нормы предельно допустимой концентрации (ПДК 0,1 мг/л), наблюдается в городе Аягоз и селе Акшатау Аягозского района, а также в селах Жидебай и Карааул Абайского района.

Содержание кадмия во всех образцах молока, отобранных с исследуемых регионов, напротив, не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК 0,03 мг/л). Наибольшее содержание кадмия (0,027 мг/л) обнаружено в образцах молока, отобранных из села Карааул.

Превышение содержания свинца и повышенное содержание кадмия в образцах молока, по-видимому, связано с загрязнением объектов окружающей среды вследствие захоронения военных отходов на территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона, а также с результатами многолетнего использования всевозможного транспорта на исследуемой территории.

На основе анализа содержания свинца и кадмия в образцах молока, отобранных из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области, разработана технология переработки молочного сырья с повышенным содержанием ионов свинца и кадмия с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области.

Были проведены исследования минералогического и химического состава исследуемых образцов цеолита. На основании проведенных исследований установлено, что основными составляющими цеолита являются минералы клиноптилолит, кварц и калишпат.

По химическому составу цеолит содержит (%): SiO_2 – 73,93; Al_2O_3 – 11,65; CaO – 0,80; K_2O – 4,41; Na_2O – 1,12; MgO – 0,30; Fe_2O_3 – 2,05. Модуль цеолита SiO_2/Al_2O_3 составляет 6,3 единицы, что определяет его как высокочистый клиноптилолит, высокоэффективный сорбционный ионообменный материал.

Для проведения исследований был разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока. Технологическая схема проведения комплексных экспериментальных исследований процессов фильтрации молока представлена на рис. 2.

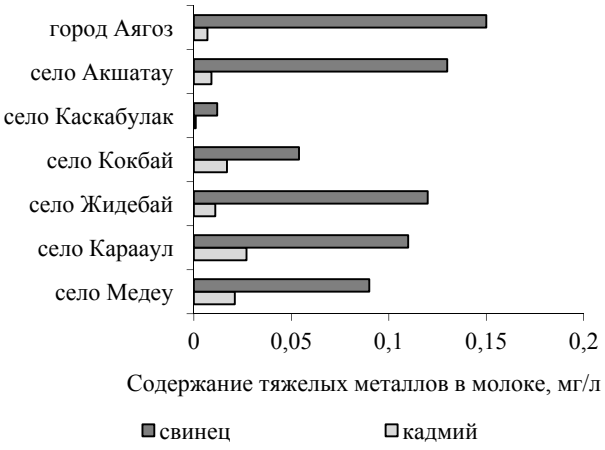

Рисунок 1 – Содержание тяжелых металлов в образцах молока Семейского региона

Figure 1 – Content of heavy metals in milk samples from Semey Region

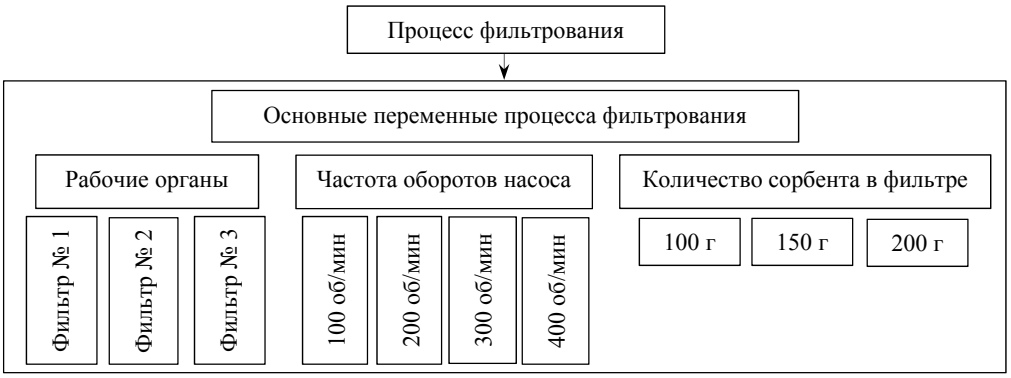

Рисунок 2 – Технологическая схема проведения эксперимента

Figure 2 – Process flow diagram for the experiment

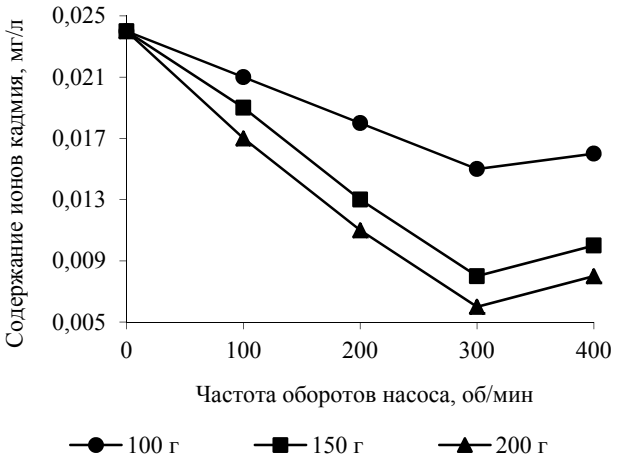

Рисунок 3 – Изменение содержания ионов кадмия в молоке в процессе фильтрации

Figure 3 – Changes in cadmium ion content in milk during filtration

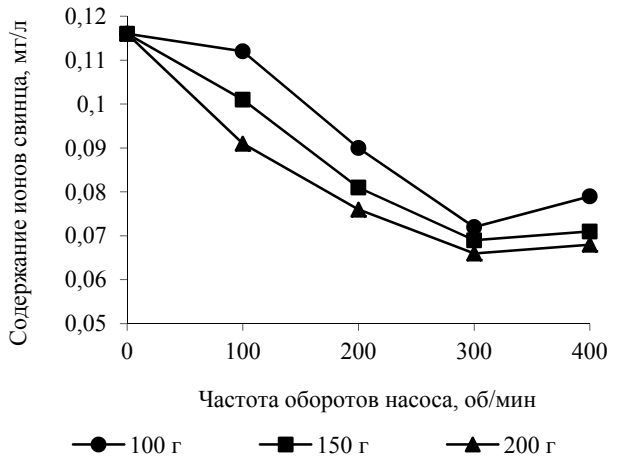

Рисунок 4 – Изменение содержания ионов свинца в молоке в процессе фильтрации

Figure 4 – Changes in lead ion content in milk during filtration

Таблица 1 – Органолептические показатели молока до фильтрации и после фильтрации

Table 1 – Organoleptic milk properties before and after filtration

Наименование показателя	Характеристика	
	молоко до фильтрации	молоко после фильтрации
Консистенция	однородная жидкость без осадка и хлопьев	однородная жидкость без осадка и хлопьев
Вкус и запах	чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку	чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку
Цвет	белый	белый

Для проведения комплексных экспериментальных исследований образцы цельного молока были отобраны в пастбищный период в частных хозяйствах Семейского региона, где молочное сырье характеризуется повышенным содержанием свинца и кадмия.

Перед исследованием все образцы молока были смешаны. Для фильтрации молока на экспериментальном стенде были использованы три фильтра, содержащие 100, 150 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 температуре адсорбции [20].

Результаты исследования влияния основных переменных процессов фильтрования на изменение содержания кадмия и свинца представлены на рис. 3 и 4.

На основании проведенных исследований установлено, что с увеличением объема цеолита в фильтрах содержание исследуемых элементов понижается. Так, в образцах молока содержание кадмия (рис. 3) максимально понизилось от 0,024 до 0,006 мг/л. Содержание же свинца в образцах молока (рис. 4) уменьшилось от 0,116 до 0,066 мг/л.

При этом увеличение числа оборотов насоса фильтрующей установки до 300 об/мин положительно отражается на снижении содержания исследуемых элементов в образцах молока. При увеличении числа оборотов насоса фильтрующей установки до 400 об/мин содержание исследуемых элементов в образцах молока понижается в меньшей степени, чем при фильтрации молока с частотой оборотов насоса фильтрующей установки 300 об/мин. Влияние увеличения частоты оборотов насоса в фильтрующей установке до 400 об/мин на степень уменьшения кадмия и свинца в образцах молока можно объяснить сокращением длительности контакта цеолита с жидкой фазой молока.

На следующем этапе были исследованы изменения органолептических и физико-химических показателей молока в процессе фильтрации. Результаты исследования органолептических показателей представлены в табл. 1.

На основании проведенных исследований установлено, что по органолептическим показателям молоко до фильтрации и после фильтрации (табл. 1) при температуре 18–20 °С не изменяется и соответствует требованиям нормативных документов, регламентирующих качество свежего молока.

Результаты исследования физико-химических показателей представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, по физико-химическим показателям массовые доли жира, белка и сухих веществ в молоке до фильтрации и после фильтрации не изменились. В связи с тем, что содержание сухих веществ в молоке до фильтрации и после фильтрации составляло 12 %, показатель плотности молока остался неизменным.

Таблица 2 – Физико-химические показатели молока до фильтрации и после фильтрации

Table 2 – Physical and chemical milk properties before and after filtration

Наименование показателя	Норма	
	молоко до фильтрации	молоко после фильтрации
Кислотность, °Т	19	18
Плотность, г/см^3	1,028	1,028
Массовая доля жира, %	5,5	5,5
Массовая доля сухих веществ, %	12	12
Массовая доля белка, %	2,89	2,89

Вместе с тем необходимо отметить, что в молоке после фильтрации титруемая кислотность понизилась на 1 °Т.

Понижение титруемой кислотности молока после фильтрации можно объяснить тем, что основными компонентами молока, обусловливающими его титруемую кислотность, являются кислые фосфорнокислые соли кальция, натрия, калия, лимоннокислые соли, углекислота, белки и др.

Известно, что органические соединения свинца при длительном поступлении в организм животного способны замещать кальций из фосфата кальция, особенно при недостатке в кормах солей кальция. Поэтому можно предположить, что свинец ведет себя подобно кальцию, то есть, замещая кальций в молоке, свинец находится в фазе истинного раствора молока в виде фосфорнокислых солей. При понижении содержания свинца в молоке после фильтрации незначительно понижается содержание фосфорнокислых солей свинца в коллоидной фазе и в фазе истинного раствора молока, что обусловливает незначительное понижение титруемой кислотности молока в процессе его фильтрации через сорбционный материал.

Таким образом, на основании проведенных исследований обнаружено высокое содержание свинца (от 0,11 до 0,15 мг/л) в образцах молока, отобранных из населенных пунктов, ближе всего расположенных к территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

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 природный цеолит Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области проявляет сорбционные свойства в отношении ионов кадмия и свинца. Применение же цеолита в качестве сорбционно-фильтрующего материала способствует понижению содержания ионов кадмия и свинца в молоке в процессе фильтрации. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующим значительному изменению содержания исследуемых элементов, относятся: температура фильтрации 18–20 °С, частота оборотов насоса 300 об/мин, с фильтром экспериментального стенда, содержащим 200 г природного цеолита.

После фильтрации молока при температуре 18–20 °С на экспериментальной стендовой фильтрационной установке основные показатели молока не изменились.

Список литературы

1. The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review / A. Khan [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Vol. 22, № 18. – P. 13772–13799. DOI: 10.1007/s11356-015-4881-0.

2. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г. А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1 (23). – С. 182–192.

3. Health risk assessment of Al and heavy metals in milk products for different age groups in China / M. Yu [et al.] // Polish Journal of Environmental studies. – 2015. – Vol. 24, № 6. – P. 2707–2714. DOI: 10.15244/pjoes/58964.

4. Топурия, Г. М. Экология и качество молока / Г. М. Топурия, Л. Ю. Топурия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6. – С. 227–229.

5. Кокаева, М. Г. Повышение экологической безопасности молока и молочных продуктов в техногенной зоне РСО – Алания / М. Г. Кокаева, Р. Б. Темираев // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 6. – С. 36–38.

6. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine / A. Abdulkhaliq [et al.] // International Food Research Journal. – 2012. – № 19 (3). – P. 1089–1094.

7. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption / M. Younus [et al.] // South African Journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 166–169. DOI: 10.4314/sajas.v46i2.7.

8. Демиденко, Г. А. Содержание свинца и кадмия в молочной продукции, реализуемой в городе Красноярске / Г. А. Демиденко, В. В. Шуранов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 9. – С. 163–166.

9. Шапошников, А. А. Распределение токсичных веществ в молочных продуктах / А. А. Шапошников, Н. Г. Габрук // Молочная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 26–28.

10. Че, С. Н. Влияние тепловой обработки на физические показатели и содержание тяжелых металлов в макромицетах / С. Н. Че, В. И. Бакайтис, И. Э. Цапалова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 2 (37). – С. 138–143.

11. Забодалова, Л. А. Влияние методов детоксикации на технологические свойства молочного сырья / Л. А. Забодалова, И. Ю. Потороко // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 2. – С. 82–90.

12. Пат. 2441397 Российская Федерация, МПК A23L 1/015, A23C 7/04. Способ очистки молока-сырья от токсичных металлов / Полянская И. С., Топал О. И. ; заявитель и патентообладатель Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина. – № 2010129412/13. – 5 с.

13. Пат. 2327357 Российская Федерация, МПК A23L 1/015, A23C 7/04. Способ очистки молока-сырья от кадмия / Охрименко О. В., Забегалова Г. Н., Чекулаева Л. Н. ; заявитель и патентообладатель Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина. – № 2006118909/13. – 4 с.

14. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application / J. Vilcek [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2013. – № 2. – P. 228–234.

15. Земсков, В. И. Свойства фильтрующих перегородок из природного цеолита / В. И. Земсков, Г. М. Харченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (114). – С. 148–152.

16. Семенова, О. П. Цеолит – наполнитель фильтра для очистки биогаза / О. П. Семенова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. – 2014. – № 4. – С. 47–50.

17. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type / Ghasemi-Fasaei R. [et al.] // International Research Journal of Applied and Basic Sciences. – 2012. – № 3 (10). – P. 2079–2084.

18. Савченков, М. Ф. Цеолиты России / М. Ф. Савченков // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – № 2. – С. 38–44.

19. Васильянова, Л. С. Цеолиты в экологии / Л. С. Васильянова, Е. А. Лазарева // Новости науки Казахстана. – 2016. – № 1 (127). – С. 61–85.

20. Комаров, В. М. Адсорбенты и их свойства / В. М. Комаров. – Минск : Наука и техника, 1977. – 248 с.

References

1. Khan A., Khan S., Khan M.A., Qamar Z., Waqas M. The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review. *Environmental Science and Pollution Research,* 2015, vol. 22, no. 18, pp. 13772–13799. DOI: 10.1007/s11356-015-4881-0.

2. Teplaya G.A. Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchey sredy (obzor literatury) [Heavy metals as a factor of environmental pollution (a review)]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan bulletin of ecological education], 2013, no. 1(23), pp. 182–192.

3. Yu M., Liu Y., Achal V., Fu Q.-L., Li L. Health risk assessment of al and heavy metals in milk products for different age groups in china. *Polish Journal of Environmental studies,* 2015, vol. 24, no. 6, pp. 2707–2714. DOI: 10.15244/pjoes/58964.

4. Topuriya G.M., Topuriya L.Yu. Ekologiya i kachestvo moloka [Ecology and quality of milk]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2016, no. 6, pp. 227–229.

5. Kokaeva M.G., Temiraev R.B. Povyshenie ekologicheskoy beopasnosti moloka i molochnykh produktov v tekhnogennoy zone RSO-Alaniya [Increase of environmental safety of milk and dairy products in the technogenic zone of RNO-Alania]. *Syrodelie i maslodelie* [Cheese and butter making], 2015, no. 6, pp. 36–38.

6. Abdulkhaliq A., Swaileh K.M., Hussein R.M., Matani M. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *International Food Research Journal,* 2012, no. 19(3), pp. 1089–1094.

7. Younus M., Abbas T., Zafar M., Saleem G. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption. *South African Journal of Animal Science,* 2016, vol. 46, no. 2, pp. 166–169. DOI: 10.4314/sajas.v46i2.7.

8. Demidenko G.A., Shuranov V.V. Soderzhanie svintsa i kadmiya v molochnoy produktsii, realizuemoy v gorode Krasnoyarske [The content of lead and cadmium in dairy products sold in the city of Krasnoyarsk]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2015, no. 9, pp. 163–166.

9. Shaposhnikov A.A., Gabruk N.G. Raspredelenie toksichnykh veshhestv v molochnykh produktakh [Distribution of toxic substances in dairy products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2014, no. 6, pp. 26–28.

10. Che S.N., Bakaytis V.I., Tsapalova I.E. Vliyanie teplovoy obrabotki na fizicheskie pokazateli i soderzhanie tyazhelykh metallov v makromitsetakh [The effect of heat treatment on physical parameters and the content of heavy metals in macromycetes]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 2(37), pp. 138–143.

11. Zabodalova L.A., Potoroko I.Yu. Vliyanie metodov detoksikatsii na tekhnologicheskie svoystva molochnogo syr'ya [Influence of methods of detoxification on technological properties of dairy raw materials]. *Protsessy i apparaty pishhevykh proizvodstv* [Processes and devices of food production], 2011, no. 2, pp. 82–90.

12. Polyanskaya I.S., Topal O.I. *Sposob ochistki moloka-syr'ya ot toksichnykh metallov* [Method of purification of raw milk from toxic metals]. Patent RF, no. 2441397, 2012.

13. Okhrimenko O.V., Zabegalova G.N., Chekulaeva L.N. *Sposob ochistki moloka-syr'ya ot kadmiya* [Method of cleaning milk-raw materials from cadmium]. Patent RF, no. 2327357, 2008.

14. Vilcek J., Torma S., Adamisin P., Hronec O. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2013, no. 2, pp. 228–234.

15. Zemskov V.I., Kharchenko G.M. Svoystva fil'truyushchikh peregorodok iz prirodnogo tseolita [Properties of filtering partitions from natural zeolite]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2014, no. 4(114), pp. 148–152.

16. Semenova O.P. Tseolit – napolnitel' fil'tra dlya ochistki biogaza [Zeolite – filler filter for cleaning biogas]. *Vestnik Severo-Vostochnogo Federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova* [Bulletin of the North-Eastern Federal University nam. M.K. Ammosov], 2014, no. 4, pp. 47–50.

17. Ghasemi-Fasaei R., Gafari-Haghighi M., Mousavi S.M., Dehghan M. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences,* 2012, no. 3(10), pp. 2079–2084.

18. Savchenkov M.F. Tseolity Rossii [Zeolites of Russia]. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'* [XXI century. Technospheric safety], 2017, no. 2, pp. 38–44.

19. Vasil'yanova L.S., Lazareva E.A. Tseolity v ekologii [Zeolites in ecology]. *Novosti nauki Kazakhstana* [Science news of Kazakhstan], 2016, no. 1(127), pp. 61–85.

20. Komarov V.M. *Adsorbenty i ikh svoystva* [Adsorbents and their properties]. Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1977. 248 p.

Какимов Айтбек Калиевич
д-р. техн. наук, профессор, руководитель центра послевузовского образования, РГП на ПХВ «Государственный университет им. Шакарима г. Семей», 071412, Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20а, тел.: +7 (7222) 35-95-49, e-mail:kancel@semgu.kz

Какимова Жайнагуль Хасеновна
канд. техн. наук, заведующая кафедрой стандартизации и биотехнологии, РГКП на ПХВ «Государственный университет имени Шакарима г. Семей», 071400, Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20а, тел.: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Смирнова Ирина Анатольевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

Жарыкбасов Ерлан Сауыкович
аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: erlan-0975@mail.ru

Aitbek K. Kakimov
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Dean of the Information and Communicative Technology Faculty, Shakarim State University of Semey, 20a, Glinka Str., Semey, 071400, Kazakhstan, phone: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Zhaynagul H. Kakimova
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Department of Standartization and Biotechnology, Shakarim State University of Semey, 20a, Glinka Str., Semey, 071400, Kazakhstan, phone: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Irina A. Smirnova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Milk and Milk Products Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

Erlan S. Zharykbasov
Postgraduate Student of the Department of the Technology Milk and Milk Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: erlan-0975@mail.ru