 © Авторы статьи / Authors of the article

ТОКСИКОЛОГИЯ/TOXICOLOGY

DOI: https://doi.org/10.60797/BMED.2026.10.2 EDN: LQVRSY

ЭНТЕРОСОРБЦИЯ ПРИ КАДМИЕВОЙ И РТУТНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ

Научная статья

Сибиряков В.К.[1], Малов А.М.[2,] *, Лапина Н.В.[3]
[2] ORCID : 0000-0003-2192-3042;
[3] ORCID : 0000-0002-3418-1095;
[1, 2, 3] Научно-клинический центр токсикологии имени академика С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (malexmish[at]rambler.ru)

Предложена: 30.04.2026; Принята: 28.08.2026; Опубликована: 25.09.2026

Аннотация

Этиотропная терапия — удаление токсического начала из организма является основным лечебным подходом при отравлениях тяжелыми металлами, в том числе кадмием и ртутью. В работе проведено сравнительное исследование действия комплексного энтеросорбента (ЭС) на основе альгината натрия и яблочного пектин в условиях хронической интоксикации крыс хлоридами кадмия и ртути на процессы, связанные с элиминацией этих металлов из организма.

Токсиканты и энтеросрбент вводили крысам дозировано внутрижелудочно зондом в течение 15 недель. Содержание кадмия и ртути в биосредах определяли спектрометрическим методом, а функцию почек (канальциевую реабсорбцию) оценивали по выведению фенолрота с мочой колориметрически.

Установлено, что интестинальная элиминация металлов более чем десятикратно превышает их выделение с мочой, причем кадмий выводится с калом в три раза интенсивнее чем ртуть. Применение ЭС значительно усиливает элиминацию обоих металлов, эффект более выражен для ренального удаления кадмия, чем для ртути и усиливается со временем; наблюдается нормализация содержания металлов в крови. ЭС оказывает позитивное влияние на канальциевую реабсорцию при интоксикации кадмием и ртутью.

Ключевые слова: интоксикация, кадмий, ртуть, энтеросорбция, крысы.

ENTERSORPTION IN CASES OF CADMIUM AND MERCURY POISONING

Research article

Sibiryakov V.K.[1], Malov A.M.[2,] *, Lapina N.V.[3]
[2] ORCID : 0000-0003-2192-3042;
[3] ORCID : 0000-0002-3418-1095;
[1, 2, 3] Scientific and Clinical Center of Toxicology named after Academician S. N. Golikov of the Federal Medical and Biological Agency, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (malexmish[at]rambler.ru)

Suggested: 30.04.2026; Accepted: 28.08.2026; Published: 25.09.2026

Abstract

Etiotropic therapy — the removal of the toxic agent from the body — is the primary therapeutic approach in cases of heavy metal poisoning, including cadmium and mercury. This study conducted a comparative analysis of the effects of a complex enterosorbent (ES) based on sodium alginate and apple pectin on the processes involved in the elimination of these metals from the body in rats with chronic cadmium and mercury chloride intoxication.

The toxicants and the enterosorbent were administered to the rats in measured doses via a gastric tube over a period of 15 weeks. The cadmium and mercury content in biological fluids was determined by spectrometric analysis, and renal function (tubular reabsorption) was assessed by measuring the excretion of phenol red in the urine using colorimetry.

It has been established that intestinal elimination of metals is more than ten times greater than their excretion in urine, with cadmium being excreted in faeces at three times the rate of mercury. The use of ES significantly enhances the elimination of both metals; the effect is more significant for the renal excretion of cadmium than for mercury and increases over time; a normalisation of blood metal levels is observed. ES has a positive effect on tubular reabsorption in cases of cadmium and mercury poisoning.

Keywords: intoxication, cadmium, mercury, enterosorption, rats.

Введение

Металлотоксикозы — нередкая форма заболеваний, вызванная поступлением в организм человека токсичных металлов (ТМ), отнесенных к первому классу опасности. По данным А.В. Фомичева с соавторами почти 3% населения России страны имеют превышение нормативных значений содержания тяжелых металлов в бисредах [1].

 © Авторы статьи / Authors of the article

Отравления кадмием (код МКБ-10 Т56.3) и ртутью (Т56.1) занимают не последнее место среди металлотоксикозов. П.Б. Таукин в своей брошюре «Осторожно ртуть!» сообщает о более чем о 150 ставших известными инцидентах, связанных со ртутью в России только за 2002–2004 гг. [2].

Наиболее эффективным походом в лечении таких нозологических форм является этиотропая терапия — удаление токсиканта из организма. Научные обзоры свидетельствуют о широких возможностях этого способа терапии как при острых, так при хронических формах металлотоксикозов [1], [3], [4].

Для элиминации ТМ используют хелатные препараты (Унитиол, BAL, DMSA, DMPS, EDTA и др.). Механизм их действия основан на образовании прочных комплексов с металлами и последующем выведением образовавшихся соединений через ренальную и интестинальную системы. Несмотря на достаточно высокую эффективность, препараты хелатной терапии обладают рядом недостатков, ограничивающих их применение: хелатирующие агенты сами по себе являются ксенобиотиками и обладают достаточно высокой токсичностью. Например, «Унитиол» (дитиолпропансульфонат натрия) классифицируется в справочниках как «высоко токсичное вещество», при его применении у пациента могут развиться проходящие симптомы отравления; эти вещества меняют минеральный баланс в организме, удаляя из него эссенциальные металлы [5]. Внутримышечное или подкожное введение этих препаратов должно осуществляться в условиях ЛПУ под наблюдением медицинского персонала. Исследователи ищут более селективные, мягкие и менее токсичные вещества, способные избирательно удалять из организма кадмий и ртуть.

Современный лечебно-профилактический подход к терапии токсического действия кадмия и ртути базируется на поиске и применении селективных органических природных сорбирующих средств с низкой токсичностью энтерального (перорального) способа применения. К настоящему времени сформировалась группа разнообразных по химическому составу и молекулярной организации веществ, способствующих выведению токсичных металлов, эти вещества при приеме внутрь (энтерально) за счет не до конца понятных механизмов выводят кадмий и ртуть с калом и мочой. Среди этой обширной группы веществ, названной энтеросорбентами (ЭС), последнее время выделяют препараты растительного происхождения полисахаридного ряда — альгинаты (производные альгиновой кислоты) и пектиновые вещества (пектины) [1], [6]. Эти продукты, имея приемлемые органолептические свойства, давно и успешно применяются в пищевой промышленности в качестве загустителей, улучшителей структуры и вкуса кондитерских изделий, а также при производстве лекарственных препаратов; некоторые из них получили статус БАДов. Помимо сорбционной активности, эти вещества проявляют в ряде случаев другие полезные для организма свойства, оказывая антацидное, противоязвенное, иммуномоделирующее, гемостатическое, антиаллергическое действие, улучшают моторику кишечника. Разработчики полагают, что альгинаты и пектины являются перспективной основой для создания энтеросорбента как лекарственного препарата.

Бурые многоклеточные водоросли Phaeophyta и морские красные водоросли Corallinaceae служат сырьем для получения альгиновых кислот, а затем и их солей — альгинатов. Соли альгиновых кислот по своей природе полиэлектролиты, растворимы в воде, т.е. являются хорошими ионообменниками, на чем основаны сорбционные свойства этих веществ. Установлен ряд сродства катионов к альгиновым кислотам — Ba > РЬ > Cu > Sr > Cd > Ca > Zn > Ni > Co > Mn >Fe >Mg, чем левее положение катиона в ряду, тем прочнее он связывается с альгиновой кислотой [7], [8], [9].

Пектины — свободные от целлюлозы водорастворимые вещества, состоящие из частично или полностью метоксилированных остатков разной длины цепей полигалактуроновых кислот. Для применения в пищевой и фармацевтической промышленности пектины получают из апельсинов, лимонов, сахарной свеклы, топинамбура, яблок и других овощей и фруктов. Эксперименты *in vitro* показали высокую сорбционную способность пектинов по отношению к ТМ [10].

Практика применения ЭС основана большей частью на рекламных рекомендациях производителей и торговых агентов и не всегда подтверждена системными экспериментальными исследованиями того тили иного препарата в условиях *in vivo*. Модельные эксперименты *in vitro*, выполненные с растворами, необходимый этап исследования сорбционных свойств потенциальных ЭС, но реальные условия сорбции в ЖКТ могут быть далеки от пробирочных. Широкий диапазон кислотности, ферментативная активность, богатая микрофлора, эффект комкования могут значительно изменить сорбционную активность альгинатов и пектинов. В этих условиях исследование сорбционных и терапевтических свойств альгинатов и пектинов на животных становится необходимым этапом продвижения потенциальных препаратов для медицинского применения.

Целью настоящей работы стало сравнительное изучение сорбционных свойств альгинат-пектинового энтеросорберта (ЭС) в условиях интоксикации крыс солями кадмия и ртути.

Методы и принципы исследования

Работа выполнена на белых беспородных крысах обоего пола исходной массой 180–200 г., выращенных в Федеральном государственном унитарном предприятии «Питомник лабораторных животных «Рапполово» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» в Ленинградской области.

При содержании животных применяли питьевую водопроводную воду и комбикорм рецепта № ПК-120-2сх_1148.

С животным обращались в соответствии с требованиями ГОСТ 33044-2014 от 01.08.2015 — «Принципы надлежащей лабораторной практики». Исследование выполнено с соблюдением правил биоэтики, утвержденных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 г. о защите животных, используемых для научных целей. Работа одобрена биоэтическим комитетом ФГБУ НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России (Протокол № 2.Х-21 от 28.03. 21).

 © Авторы статьи / Authors of the article

В работе использован предоставленный технологическим разработчиком препарата комплексный энтеросорбент (ЭС), представляющий собой смесь в виде водной суспензии альгината натрия (1%) и пектина яблочного (1%); низкоэтерифицированный яблочный пектин марки AU-701 (Германия), и альгинат натрия, выпускаемый Архангельским водорослевым опытным комбинатом для медицинских целей (ВФС 42-1680-87). ЭС вводили животным экспериментальной группы ежедневно в течение пяти дней в неделю на протяжении 15-ти недель в/ж с помощью зонда в объеме 10 мл/кг массы животного; доза сорбентов составляла пектина яблочного 100 мг/кг, альгината натрия — 100 мг/кг. При выборе дозы ЭС исходили из рекомендаций по применению подобных продуктов в качестве БАДов [11].

Для хронической интоксикации животных использовали хлориды кадмия и ртути, растворы которых вводили зондом на продолжении 15-ти недель.

В экспериментальных группах (контрольной и опытной) и фоновой было по 12 животных, каждая точка на графиках соответствует усредненным значениям соответствующих показателей, полученных от 12-ти животных.

Интоксикацию кадмием создавали путем в/ж введения раствора $CdCl_2$, (чда., CAS 10108-64-2) в суточной дозе 0,1 мг/кг. Ртутную интоксикацию создавали путем введения раствора сулемы, $HgCl_2$, (х.ч., CAS 7487-94-7) в суточной дозе 0,1 мг/кг.

Содержание кадмия в биосредах определяли спектрометрически [Свидетельство об аттестации № 224.0171/01.00258/2012 от 18.07.2012 г.] на анализаторе МГА-915 («Люмекс», Санкт-Петербург); использован стандарт ГСО 10128-2012. Ртуть определяли спктрометрически на анализаторе ртути [Свидетельство об аттестации № 224.0123/01.00258/2010 от 30.09.2010 г.]; использован стандарт ГСО 9652-2010.

Исследование канальциевой реабсорбции с применением фенолсульфофталеина (фенолрот, феноловый красный) было осуществлено на основе известных методических приемов изучения функции почек в эксперименте на животных. Краситель в норме практически полностью выделяется в мочу почечными канальцами и определяется колориметрически [12].

Динамика элиминации металлов построена на основе суточных заборов мочи и кала. Статистическая обработка данных выполнена с использованием прикладных программ параметрической статистики ОС Windows 10.

Основные результаты

В таблице 1 представлены данные элиминации кадмия и ртути в абсолютных и относительных (в скобках) величинах ренальным и интестинальным путями. Обращает на себя внимание то, что основная масса ТМ выводится из организма крысы с калом, ртути с мочой в абсолютном и относительном выражении выделяется больше, чем кадмия. Обращает на себя внимание значительное превышение массы выводимого кадмия интестинальным путем над аналогичной величиной для ртути. Это может свидетельствовать о том, что кадмий хуже всасывается в ЖКТ в отличие от ртути, обладающей хорошими кумулятивными свойствами и элиминация которой падает к концу наблюдения.

Таблица 1 - Сопоставление путей элиминации ртути и кадмия из организма крыс

DOI: https://doi.org/10.60797/BMED.2026.10.2.1

Биосреды	Суточное выделение кадмия одной крысой				Суточное выделение ртути одной крысой			
	Наблюдение 10 недель		Наблюдение 15 недель		Наблюдение 10 недель		Наблюдение 15 недель	
	мкг/сутки	%	мкг/сутки	%	мкг/сутки	%	мкг/сутки	%
Моча	0,03	2,3	0,04	0,9	0,09	7,8	0,06	8
Кал	1,28	97,7	4,42	99,1	1,06	92,2	0,69	92
Моча+кал	1,31	-	4,46	-	1,15	-	0,75	-

Примечание: величины в % указаны от суммарной массы, т.е. моча+кал

В таблице 2 собраны опытные данные влияния ЭС на содержание ртути и кадмия в биосредах через 10 и 15 недель интоксикации крыс этими металлами. Цифры представляют собой величины, отнесенные к контрольным значения, т.е. без применения ЭС. Самый общий вывод состоит в том, что ЭС способствует выведению и кадмия, и ртути, как с мочой, так и с калом, нормализует содержание токсикантов в крови и почках.

Следует отметить более глубокое действие ЭС на выделение кадмия с мочой и его содержание в почках, чем ртути.

Без дополнительных исследований трудно сказать что-то определенное относительно особенностей механизмов элиминации и распределения кадмия и ртути, но синхронность изменений во времени, близкий порядок величин может говорить об общности задействованных механизмов выделения.

Усилением интестинальной сорбции кадмия и ртути во времени можно объяснить как уменьшение содержания этих металлов в крови к 15-й неделе наблюдения, так и уменьшение ренального выведения, хотя сама причина усиления остается неясной. Более интенсивным ренальным выведением кадмия, по сравнению со ртутью, по-видимому, следует объяснить более низкое чем ртути содержание этого металла в почках.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Таблица 2 - Сравнительная таблица данных эффективности сорбента при интоксикации кадмием и ртутью

DOI: https://doi.org/10.60797/BMED.2026.10.2.2

Токсикант	Сроки наблюдения (недели)	Относительное к контрольным значениям содержание кадмия и ртути, %			
		моча	кал	кровь	почки
Кадмий	10	267*	123	70*	55*
	15	175*	185*	35*	54*
Ртуть	10	122*	172*	63*	75*
	15	67*	193*	35*	75*

*Примечание: * — отличие значимо от контрольных значений, $P \leq 0,05$*

Лучшему пониманию сложной картины элиминации кадмия и ртути при интоксикации этими металлами и воздействию на этот процесс энтеросорбента помогают данные таблицы 3, в которой относительно фоновых значений представлено выделение фенолрота с мочой.

Этот краситель используется в медицинской практике для оценки канальциевой реабсорбции. В норме весь введенный в/м краситель переходит во вторичную мочу и покидает организм, при нарушении этой функции фенолрот задерживается в организме, его концентрация в моче падает. Фоновое, т.е. без интоксикации крыс и без использования ЭС количество фенолрота, выделяемого с мочой составило 238 мкг/100 г массы крысы.

Таблица 3 - Влияние ЭС на канальциевую секрецию почек условиях интоксикации кадмием и ртутью

DOI: https://doi.org/10.60797/BMED.2026.10.2.3

Условия эксперимента (интоксикации)	Относительное количество фенолрота, выделяемого с мочой, % от фонового значения – 100%			
	Кадмий		Ртуть	
	Сроки наблюдения (недели)			
	10	15	10	15
Металл	97,6	60,7*	74,0*	47,9*
Металл+сорбент	98,7	90,6	95,5	86,7*

*Примечание: * — отличие значимо от фоновых значений, $P \leq 0,05$*

Данные таблицы 3 свидетельствуют о позитивном влиянии ЭС на канальциевую реабсорцию как при интоксикации кадмием, так и ртутью; следует отметить значительное влияние ЭС на нормализацию канальциевой реабсорбции при ртутной интоксикации, сулема является классическими примером веществ, вызывающих острый некроз почечных канальцев [13]. В этом свете становится более понятным относительно невысокое по сравнению с кадмием содержание ртути в моче и наоборот — более высокое ее содержание в почках (табл. 2). В почках, несмотря на применение ЭС содержится почти в полтора раза больше металла, чем в тех же условиях кадмия.

Еще одно наблюдение можно сделать из анализа данных таблицы 3 — токсическое действие металлов на почки усугубляется со временем, причем со ртутью это происходит в большей мере.

Заключение

В условиях проведенного эксперимента энтеральной интоксикации крыс кадмием и ртутью установлено, что менее 10% токсикантов покидает организм животного ренально, остальная часть элиминируется интестинально. Применение комплексного ЭС приводит к значительному усилению выведения из организма кадмия и ртути, как с калом, так и с мочой, при этом со временем ренальная элиминация ослабевает, а интестинальная усиливается.

Сопоставление влияния ЭС на кадмиевую и ртутную интоксикацию демонстрирует различное как по интенсивности, так и по качеству эффекты, которые, по-видимому, обусловлены не только взаимодействием металла с ЭС, но и специфическим влиянием токсиканта на выделительную систему организма. В целом, подтверждается тезис

 © Авторы статьи / Authors of the article

о том, что эффект применения энтеросорбента на организм не сводится исключительно к сорбционному взаимодействию металл–сорбент.

ЭС является перспективным препаратом для создания лекарственного средства при отравлении кадмием или ртутью.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Фомичев А.В. Настоящее и будущее применения энтеросорбентов в профилактике и лечении неблагоприятного воздействия соединений тяжёлых металлов / А.В. Фомичев, А.Е. Сосюкин, Е.В. Малышева [и др.] // Токсикологический вестник. — 2020. — № 2. — С. 41–46.

2. Таукин П.Б. Осторожно, ртуть! / П.Б. Таукин. — Санкт-Петербург : Щит экологии, 2004. — 48 с.

3. Berillo D. The review of oral adsorbents and their properties / D. Berillo, A. Ermukhambetova // Adsorption. — 2024. — Vol. 30. — P. 1505–1527.

4. Fatullayeva S. A review on enterosorbents and their application in clinical practice: Removal of toxic metals / S. Fatullayeva, D. Tagiyev, N. Zeynalov // Colloids and Interface Science Communications. — 2021. — Vol. 45. — Art. 100545.

5. Характеристики загрязняющих веществ из раздела III. Для почв «Перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» : справочник / сост. Н.В. Костылева, Н.Л. Рачёва ; утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р. — Пермь : УралНИИ «Экология», 2017.

6. Ивницкий Ю.Ю. Пектины в профилактике острых отравлений / Ю.Ю. Ивницкий, К.А. Краснов, В.Л. Рейнюк [и др.] // Токсикологический вестник. — 2020. — № 2. — С. 29–34.

7. Хотимченко Ю.С. Физико-химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов-полисахаридов бурых водорослей / Ю.С. Хотимченко, В.В. Ковалёв, О.В. Савченко [и др.] // Биология моря. — 2001. — Т. 27. — № 3. — С. 151–162.

8. Аминина Н.М. Альгинаты: состав, свойства, применение / Н.М. Аминина, А.В. Подкорытова // Известия ТИНРО. — 1995. — Т. 118. — С. 130–136.

9. Коробков В.А. Внедрение природных сорбентов в практику профилактической энтеросорбции токсических металлов / В.А. Коробков; отв. ред. В.А. Коробков // Нетрадиционные объекты морского промысла и перспективы их использования : тезисы докладов научно-практической конференции. — Мурманск, 1997. — С. 69–74.

10. Кацева Г.П. Исследование взаимодействия пектиновых веществ с солями меди, ртути, цинка и кадмия / Г.П. Кацева // Химия природных соединений. — 1988. — № 2. — С. 171–175.

11. Методические указания по использованию в лечебно-профилактических целях пектинов и пектинсодержащих продуктов : № 5049-89 : утв. зам. гл. гос. санит. врача СССР В.И. Чебураевым 12.07.89. — Киев : Урожай, 1990. — 14 с.

12. Брюханов В.М. Методические подходы к изучению функции почек в эксперименте на животных / В.М. Брюханов, Я.Ф. Зверев, В.В. Лампатов [и др.] // Нефрология. — 2009. — Т. 13. — № 3. — С. 52–62.

13. Гигиенические критерии состояния окружающей среды: принципы и методы оценки нефротоксичности, связанной с воздействием химических веществ // ВОЗ. — Женева : Медицина, 1994. — 284 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Fomichev A.V. Nastoyashchee i budushchee primeneniya enterosorbentov v profilaktike i lechenii neblagopriyatnogo vozdeystviya soedineniy tyazhelykh metallov [The present and future of enterosorbents use in the prevention and treatment of adverse effects of heavy metal compounds] / A.V. Fomichev, A.E. Sosyukin, E.V. Malysheva [et al.] // Toksikologicheskiy vestnik [Toxicological Bulletin]. — 2020. — № 2. — P. 41–46. [in Russian]

2. Taukin P.B. Ostorozhno, rtut'! [Caution, mercury!] / P.B. Taukin. — Saint Petersburg : Shchit ekologii, 2004. — 48 p. [in Russian]

3. Berillo D. The review of oral adsorbents and their properties / D. Berillo, A. Ermukhambetova // Adsorption. — 2024. — Vol. 30. — P. 1505–1527.

4. Fatullayeva S. A review on enterosorbents and their application in clinical practice: Removal of toxic metals / S. Fatullayeva, D. Tagiyev, N. Zeynalov // Colloids and Interface Science Communications. — 2021. — Vol. 45. — Art. 100545.

5. Kharakteristiki zagryaznyayushchikh veshchestv iz razdela III. Dlya pochv "Perechnya zagryaznyayushchikh veshchestv, v otnoshenii kotorykh primenyayutsya mery gosudarstvennogo regulirovaniya v oblasti okhrany okruzhayushchey sredy" [Characteristics of pollutants from Section III. For soils of the "List of pollutants subject to state regulation in the field of environmental protection"] : handbook / compiled by N.V. Kostyleva and N.L. Racheva ; approved by Order № 1316-r of the Government of the Russian Federation dated 8 July 2015 № 1316-r. — Perm : Ural Research Institute ‘Ecology’, 2017. [in Russian]

 © Авторы статьи / Authors of the article

6. Ivnitskiy Yu.Yu. Pektiny v profilaktike ostrykh otravleniy [Pectins in the prevention of acute poisoning] / Yu.Yu. Ivnitskiy, K.A. Krasnov, V.L. Reynyuk [et al.] // Toksikologicheskiy vestnik [Toxicological Bulletin]. — 2020. — № 2. — P. 29–34. [in Russian]

7. Khotimchenko Yu.S. Fiziko-khimicheskie svoystva, fiziologicheskaya aktivnost' i primenenie al'ginatov-polisakharidov burykh vodorosley [Physicochemical properties, physiological activity and application of alginates-polysaccharides of brown algae] / Yu.S. Khotimchenko, V.V. Kovalev, O.V. Savchenko [et al.] // Biologiya morya [Marine Biology]. — 2001. — Vol. 27. — № 3. — P. 151–162. [in Russian]

8. Aminina N.M. Al'ginaty: sostav, svoystva, primenenie [Alginates: composition, properties, application] / N.M. Aminina, A.V. Podkorytova // Izvestiya TINRO [Proceedings of TINRO]. — 1995. — Vol. 118. — P. 130–136. [in Russian]

9. Korobkov V.A. Vnedrenie prirodnykh sorbentov v praktiku profilakticheskoy enterosorbtsii toksicheskikh metallov [Introduction of natural sorbents into the practice of preventive enterosorption of toxic metals] / V.A. Korobkov; resp. ed. V.A. Korobkov // Netraditsionnye ob'ekty morskogo promysla i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Non-traditional objects of marine fisheries and prospects for their use] : abstracts of the scientific and practical conference. — Murmansk, 1997. — P. 69–74. [in Russian]

10. Katseva G.P. Issledovanie vzaimodeystviya pektinovykh veshchestv s solyami medi, rtuti, tsinka i kadmiya [Study of the interaction of pectin substances with salts of copper, mercury, zinc and cadmium] / G.P. Katseva // Khimiya prirodnykh soedineniy [Chemistry of Natural Compounds]. — 1988. — № 2. — P. 171–175. [in Russian]

11. Metodicheskie ukazaniya po ispol'zovaniyu v lechebno-profilakticheskikh tselyakh pektinov i pektinsoderzhashchikh produktov [Guidelines for the use of pectins and pectin-containing products for therapeutic and prophylactic purposes] : № 5049-89 : approved by V.I. Cheburayev, Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR, on 12 July 1989. — Kyiv : Urozhay, 1990. — 14 p. [in Russian]

12. Bryukhanov V.M. Metodicheskie podkhody k izucheniyu funktsii pochek v eksperimente na zhivotnykh [Methodological approaches to the study of renal function in animal experiments] / V.M. Bryukhanov, Ya.F. Zverev, V.V. Lampatov [et al.] // Nefrologiya [Nephrology]. — 2009. — Vol. 13. — № 3. — P. 52–62. [in Russian]

13. Gigienicheskie kriterii sostoyaniya okruzhayushchey sredy: printsipy i metody otsenki nefrotoksichnosti, svyazannoy s vozdeystviem khimicheskikh veshchestv [Environmental health criteria: principles and methods for assessing nephrotoxicity associated with exposure to chemicals] // VOZ. — Geneva : Meditsina, 1994. — 284 p. [in Russian]