

НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.В. Фомичев¹,
А.Е. Сосюкин¹,
Е.В. Малышева¹,
Б.С. Литвинцев¹,
Н.В. Лапина¹,
В.Ф. Пимбурский¹,
А.Е. Чухарев²

¹ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», 192019, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
²ООО Медицинский центр «Эко-безопасность», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследования последнего десятилетия, в результате которых выявлена взаимосвязь различных социально-значимых заболеваний (болезнь Альцгеймера, паркинсонизм, рассеянный склероз и др.) с воздействием на организм человека тяжелых металлов, стимулирует современную науку к созданию препаратов, способных быстро и безопасно выводить данные токсичные вещества из организма. В статье представлен обзор исследований по эффективности адсорбции тяжелых металлов современными энтеросорбентами, официально зарегистрированными в РФ как лекарственные препараты. Обозначена перспективность использования некрахмальных полисахаридов, входящих в состав современных биологически активных добавок, в целях создания новых лекарственных субстанций, для элиминации тяжелых металлов, представляющих угрозу общественному здоровью.

Ключевые слова: энтеросорбент; тяжелые металлы; дисэлементозы; отравление; сорбция, элиминация.

Цит: А.В. Фомичев, А.Е. Сосюкин, Е.В. Малышева, Б.С. Литвинцев, Н.В. Лапина, В.Ф. Пимбурский, А.Е. Чухарев. Настоящее и будущее применения энтеросорбентов в профилактике и лечении неблагоприятного воздействия соединений тяжелых металлов. Токсикологический вестник. 2020; 2: 41–46.

Введение. Непрерывное увеличение промышленного производства и расширение антропогенной деятельности приводит к росту экологической опасности, способствующей увеличению числа острых и хронических отравлений [1, 2]. На сегодняшний день в мире уже синтезировано не менее 3 миллионов химических веществ, большинство из которых являются вредными для организма человека [3]

По официальным данным, представленным в открытых статистических источниках Министерства здравоохранения Российской Федерации, частота случаев отравлений различными веществами в 2017–2018 годах составила 64,4–69,0 зарегистрированных больных на 100 тысяч населения. Сердечно-сосудистые заболевания, психоневрологические расстройства, проблемы питания, патология органов дыхания, нарушения

Фомичев Алексей Вячеславович (Fomichev Aleksey Vyacheslavovich), кандидат медицинских наук, главный врач врач-терапевт заместитель директора по клинической работе ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», fomichoff74@mail.ru;

Сосюкин Анатолий Евгеньевич (Sosyukin Anatolij Evgen'evich), доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник научного информационно-аналитического отдела ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», sae955@yandex.ru;

Малышева Екатерина Викторовна (Malysheva Ekaterina Viktorovna), врач-терапевт консультативно-диагностической поликлиники ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», katerinamalisheva@mail.ru;

Литвинцев Богдан Сергеевич (Litvincev Bogdan Sergeevich), доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», litvintsevs@yandex.ru;

Лапина Наталия Вадимовна (Lapina Nataliya Vadimovna), кандидат медицинских наук, заведующая отделом токсикологии ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», lapina2005@inbox.ru;

Пимбурский Виктор Федорович (Pimburskij Viktor Fedorovich), кандидат медицинских наук, врач-терапевт консультативно-диагностической поликлиники ФГБУН «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», pitvik@mail.ru;

Чухарев Александр Евгеньевич (Chukharev Aleksandr Evgen'evich), участковый врач-терапевт ООО Медицинский центр «Эко-безопасность», г. Санкт-Петербург, chuharevae@gmail.com.

мочевыделительной функции зачастую связаны с избыточной химической нагрузкой [4]. Особую опасность представляют тяжелые металлы ввиду их высокой токсичности, способности к кумуляции в организме и выраженного нейротоксического действия. В частности, значительная роль в возникновении и прогрессировании экстрапирамидных и других двигательных расстройств зарубежными специалистами отводится специфическому токсическому воздействию соединений тяжелых металлов на организм человека [5,6]. Для России также актуален высокий уровень заболеваемости взрослого населения нейродегенеративными заболеваниями. В частности, динамика общей заболеваемости экстрапирамидными и другими двигательными расстройствами в 2016-2017 годах составила 269,9 – 272,0 зарегистрированных больных на 100 тысяч взрослого населения. Данные показатели сопоставимы с частотой выявления ишемического инсульта – 266,9 и 278,8 на 100 тысяч населения (в 2016 и 2017 годах соответственно).

В настоящее время во многих областях науки и техники наблюдается быстрое развитие нанотехнологий, т.е. научно-практических методов манипулирования веществами на уровне менее 100 нанометров. К таким частицам нанометрового диапазона в настоящее время относят соединения свинца, железа, марганца, серебра и др., которые возникают в ходе различных производственных процессов. Несмотря на перспективность таких технологий, у них имеется значительный недостаток – вредное воздействие на здоровье человека, причем уровень проникновения наночастиц значительно превышает сдерживающую способность средств индивидуальной защиты и барьерных систем организма человека. В Пармской декларации по окружающей среде и охране здоровья 2010 года последствия воздействия нанотехнологий и наночастиц на здоровье человека включены в перечень ведущих проблем в области охраны окружающей среды и здоровья населения [7]. Следовательно, внедрение нанотехнологий в производство диктует необходимость проведения исследований, направленных на разработку методов защиты лиц, занятых на производстве наноматериалов, а также профилактики и лечения их неблагоприятного действия, в том числе с помощью энтеросорбции [8,9].

Целью настоящего обзора литературы является определение перспектив использования энтеросорбентов в профилактике и лечении неблагоприятного воздействия соединений тяжелых металлов.

Пятилетний опыт работы ФГБУН ИТ ФМБА России по обследованию жителей и работников промышленных предприятий Санкт-Петербурга и Северо-Западного федерального округа, по-

казывает, что при химико-токсикологических исследованиях биосред этих лиц, превышение нормативных значений содержания соединений тяжелых металлов в биосредах (нестратификационная выборка) для 10,6 % респондентов, в том числе марганца у 5,4 %, ртути у 2,9%, кадмия у 1,2 %, свинца у 0,5% и др.

Современные руководства рекомендуют использовать для профилактики и лечения хронических интоксикаций тяжелыми металлами комплексную элиминационную терапию, представляющую собой совокупность мероприятий, включающих коррекцию питания, режима двигательной активности, физиотерапию, лекарственную терапию и энтеросорбцию, направленные на усиление естественных процессов детоксикации и/или активное выведение ксенобиотика [10]. Особый интерес из перечисленных мероприятий, по нашему мнению, представляет энтеросорбция, так как она является наиболее эффективной и наименее изученной составляющей элиминационной терапии. Вследствие недостатка информации специалисты вынуждены при выборе энтеросорбента и методики его применения (дозы, кратности, длительности и т.п.) опираться на рекламные проспекты производителей и торгующих организаций, в которых далеко не всегда содержится полная и достоверная информация. Данные, касающиеся эффективности различных энтеросорбентов, отрывочны, носят в основном общий характер, а информация о сравнительной эффективности сорбентов в отношении сорбции тяжелых металлов, в инструкции не приводится. В связи с этим, актуальным представляется изучение эффективности энтеросорбентов различной химической структуры, которые можно использовать для выведения избыточного количества металлов из организма, и их селективности по отношению к конкретному ксенобиотику, вызвавшему отравление [11].

На сегодняшний день, согласно данным регистра лекарственных средств России, в группу лекарственных препаратов «адсорбенты» входит 1608 препаратов, представленных 9 действующими веществами и 41 торговым названием [12], и каждый из них потенциально обладает, в той или иной степени, способностью к сорбции тяжелых металлов.

Основными характеристиками энтеросорбентов являются: сорбционная емкость – количество вещества, которое может поглотить сорбент на единицу своей массы; способность связывать молекулы разного размера и массы, а также бактериальные агенты; активная поверхность энтеросорбента – общая площадь адсорбирующей поверхности на единицу массы препарата [13].

Все современные энтеросорбенты должны со-

ответствовать следующим медицинским требованиям [11]: отсутствие токсических свойств, нетравматичность для слизистых оболочек, отсутствие перстигационных расстройств, хорошие функциональные (сорбционные) свойства, удобная лекарственная форма.

В настоящее время общепринятая классификация энтеросорбентов в доступной литературе отсутствует. В связи с этим, мы систематизировали предпринимаемые отдельными авторами попытки классифицировать сорбенты. Результаты проделанной работы представлены в таблице, где препараты разделены по виду лекарственной формы, химической и пористой структуре, механизмам сорбции и селективности [14; 15; 16].

По площади активной поверхности сорбции энтеросорбенты можно разделить на следующие группы:

Угольные сорбенты 1,2-2 м²/г;

Полимерные сорбенты и сорбенты из природных глин до 100 м²/г;

Кремниевые, в том числе гидрогелевые 180-300 м²/г;

Кремниевые сверх-высокодисперстные более 400 м²/г.

В последние десятилетия появилось много клинических и экспериментальных работ, посвященных эффективности энтеросорбции при острых и хронических отравлениях солями тяжелых металлов. Результаты этих исследований достаточно противоречивы, что связано по всей вероятности, с различными условиями проведения экспериментов (дозы токсикантов и энтеросорбентов, вида токсиканта и использованных лабораторных животных и др.) и клинических наблюдений (возраст, пол обследованных, вид экологической химической нагрузки и т.д.).

Так, в работе О.Ф. Рослого и соавт. [17] приведены результаты исследования применения полифепана в дозе 1 г/кг массы тела при интоксикации экспериментальных животных ацетатом свинца в дозах 0,05 LD₅₀ и 0,33 LD₅₀. В результате исследований было показано, что позитивное действие полифепана при моделировании отравлений соединениями свинца в дозе 0,05 LD₅₀ выразилось как в снижении содержания свинца в крови на 38%, так и в предотвращении снижения массы тела экспериментальных животных. При моделировании интоксикаций ацетатом свинца в дозе 0,33 LD₅₀ полифепан, кроме указанных ранее положительных эффектов, предотвращал развитие дистрофических изменений в печени и почках.

В работе В. А. Филипповой [18] предложена математическая модель, описывающая кинетические и термодинамические параметры адсорбции катионов ртути, свинца и никеля энтеросорбентами. Рассчитанные параметры позволяют количественно оценить эффективность энтеросорбентов, широко применяемых в клинической практике, по выведению тяжелых металлов из модельных растворов. Наиболее эффективными энтеросорбентами оказались активированный уголь и микроцеллюлоза, отличающиеся высокой адсорбционной емкостью и высоким сродством к катионам свинца и никеля, а также полифепан, имеющий высокое сродство к катионам ртути.

В более поздней работе В. А. Филипповой и соавт. [19] оценивали адсорбционную емкость и селективность энтеросорбентов различных поколений. Установлено, что энтеросорбенты отличаются друг от друга от поколения к поколению все более совершенными и разнообраз-

Таблица

Классификация энтеросорбентов

По лекарственной форме	По химической структуре	По механизмам сорбции	По селективности	По размеру пор
Гранулы Порошки Таблетки Пасты Гели Взвеси Коллоиды Инкапсулированные материалы Пищевые добавки Пищевые волокна	Углеродные На основе природных и синтетических смол, синтетических полимеров и неперевариваемых липидов Кремний-содержащие Сверхвысокодисперстные кремниевые Природные органические на основе пищевых волокон, гидролизного лигнина, хитина, пектинов и альгинатов Комбинированные препараты	Адсорбенты Абсорбенты Ионообменные материалы Сорбенты с сочетанными механизмами действия Сорбенты с каталитическими свойствами	Неселективные Селективные Бифункциональные Полифункциональные	Микропоры < 2нм Мезопоры 2-50нм Макропоры >50нм

ными адсорбционными свойствами, адсорбционная емкость сорбента определяется не только величиной его активной поверхности, но и природой самого адсорбата. В частности, показано, что чем больше молярная масса тяжелого металла, тем легче протекает его адсорбция на поверхности исследуемых энтеросорбентов. Наиболее активными энтеросорбентами, имеющими наибольшее сродство к ртути, свинцу и никелю, являются активированный уголь и белый уголь. Однако их приблизительно одинаковая эффективность по связыванию и выведению тяжелых металлов обеспечивается воздействием разных суточных доз указанных энтеросорбентов. Так, средняя суточная доза белого угля в несколько раз меньше, чем угля активированного (2–12 и 20–30 г соответственно). По этой причине, в настоящее время угольные сорбенты теряют свою клиническую значимость в широкой медицинской практике. Применение белого угля при отравлении тяжелыми металлами имеет преимущества перед использованием энтеросорбентов более ранних поколений. Доказано, что энтеросорбенты четвертого поколения, в частности, белый уголь, основным компонентом которого является диоксид кремния, имеют высокоразвитую активную поверхность, обладают высокой адсорбционной способностью по отношению к соединениям тяжелых металлов при сведенной к минимуму возможности потери организмом полезных компонентов (в частности, микроэлементов и витамина С).

В работе Раимбакиевой Р.М. и соавт. [20] проводился эксперимент по выявлению наиболее эффективных адсорбентов для сорбтивов неорганической природы, представителем которых стала соль свинца. Для эксперимента были выбраны Уголь активированный, полиметилсилоксана полигидрат и кремния диоксид коллоидный, а также лигнин гидролизный и смектит диоктаэдрический производства разных фармацевтических компаний. Результаты эксперимента позволили сделать вывод, что наибольшей адсорбционной емкостью для неорганических сорбтивов обладают адсорбенты на основе кремнийорганических веществ – полиметилсилоксана полигидрат и кремния диоксид коллоидный.

В работе Файзулиной Р.А. и соавт. [11] в качестве исследуемых образцов сорбентов были отобраны различные по своим свойствам препараты: активированный уголь, смектит диоктаэдрический, натуральный хвойный комплекс и лигнин гидролизный. Полученные результаты сравнительной оценки сорбционной способности этих сорбентов по отношению к некоторым металлам показали различную их эффективность. Выявленные высокая сорбционная емкость и кинетика сорбции энтеросорбента активиро-

ванного угля обосновывают целесообразность его использования при значительном накоплении в организме тяжелых металлов, особенно Pb, Ni, Co, Cd, а также для получения быстрого эффекта энтеросорбции. В тех же случаях, когда имеется умеренный микроэлементный дисбаланс, возникший на фоне каких-либо хронических заболеваний (в частности, заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), почек, при нарушении процессов всасывания и выведения металлов), а также для людей, проживающих в неблагоприятных условиях антропогенного загрязнения, показано назначение энтеросорбента смектит диоктаэдрический. Он обладает достаточным сорбционным эффектом по отношению к токсичным металлам, но в меньшей степени сорбирует эссенциальные металлы. Использование натурального хвойного комплекса и лигнина гидролизного выявило низкую эффективность сорбции ими токсичных металлов и одновременное снижение концентрации эссенциальных металлов, что ограничивает использование этих препаратов. Помимо этого существенным ограничением в использовании сорбентов у детей является их неблагоприятное воздействие на различные физиологические процессы в организме [21]. Так, применение углеродных сорбентов более 10 дней в суточной дозе не менее 1 г/кг приводило к замедлению прироста массы тела без биохимических и гематологических нарушений. Кроме того, при измельчении таблетированных форм препараты механически раздражали слизистые оболочки ЖКТ. Вещества на основе лигнина при использовании более 10 суток вызывали ощущение дискомфорта и тяжести в животе, задержку стула.

В последние годы ведутся исследования детоксицирующих свойств веществ, которые не признаны современной медициной в качестве лекарственных препаратов, но активно используются в качестве биологически активных добавок – некрахмальных полисахаридов [22]. Среди этих соединений обращают на себя внимание углеводные биополимеры, к которым относят альгинаты, фукоиданы, каррагинаны и хитозаны, содержащиеся в морских гидробионтах, и пектиновые вещества наземных растений и морских трав. Некрахмальные полисахариды отличаются от многих лекарственных препаратов тем, что, будучи природными соединениями, обладают потенциалом сорбционной активности и, в тоже время, низкой токсичностью, возможностью длительного применения без нарушения водно-электролитного баланса, наличием благоприятных физиологических эффектов в отношении органов желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и выделительной систем. Работы ряда авторов [23,24,25,26] указывают на эффективность

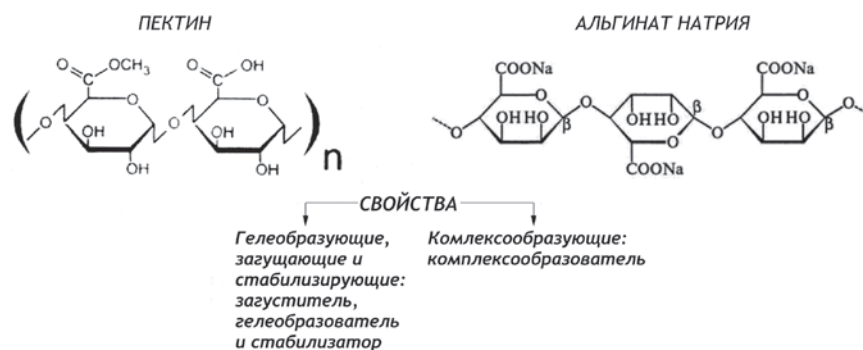


Рис. Структурная формула и свойства пектинов и альгинатов.

применения пектинов и альгинатов в качестве сорбентов в отношении тяжелых металлов (рис.).

Необходимо отметить, что кроме общих свойств, представленных на рисунке 1, альгинат натрия обладает выраженным гастропротективным действием и используется в настоящее время в качестве основного компонента ряда лекарственных препаратов [25].

Заключение. Выполненный в настоящей работе аналитический обзор свидетельствует о том, что существует довольно большое количество допущенных к клиническому применению препаратов сорбционного действия, однако остается нерешенным целый ряд вопросов, препятствующих их широкому использованию. В частности, остается неясным вопрос селективности энтеросорбентов к конкретному виду металлов, подлежащих элиминации из организма человека, доза и кратность применения, наличие или отсутствие

местного и общего неблагоприятного действия при длительном применении и т.д. Однако, несмотря на противоречивость проблемы использования энтеросорбентов при отравлениях тяжелыми металлами и дисэлементозах, применение препаратов указанной группы в целях коррекции нарушенного элементного статуса остается ведущим направлением, требующим более углубленного изучения. Кроме того, рост промышленного производства, включение в производственный процесс нанотехнологий, ухудшение экологической обстановки в мире делает актуальным создание новых средств, методов профилактики и лечения хронических интоксикаций, вызванных ксенобиотиками. Разработка новых энтеросорбентов на основе пектинов и альгинатов, проводимая в ФГБУН ИТ ФМБА России, представляется перспективным и отвечающим современным медицинским требованиям научным направлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев В.Н., Боев В.М., Шагеев Р.М., Фролова Е.Г. Гигиеническая оценка формирования риска здоровью при воздействии металлов и их соединений. Вестник ОГУ. 2006. Прил.: Биоэлементология. 2: 89-92.
2. Луковникова Л.В., Фролова А.Д., Чекунова М.П. Металлы в окружающей среде, проблемы мониторинга. Эфферентная терапия. 2004; 1: 74-79.
3. Литвинцев, Б.С., Иванов М.Б., Литвиненко И.В., Рейнюк В.Л., Фомичев А.В., Великова В.Д. Дисэлементозы и нейродегенерация. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2019; 67 (3): 96-97.
4. Петленко С.В., Иванов М.Б., Лось С.П., Голубков А.В., Комнатный С.Б., Богданова Е.Г. и др. Новый подход к интегральной оценке иммунной системы человека в условиях воздействия комплекса факторов химически опасных объектов. Medline.ru. 2010; 11 (17): 195-216. Режим доступа: <http://medline.ru/public/art/tom11/art17.html>
5. Малов А.М., Александрова М.Л. Медико-экологические аспекты ртутной контаминации в условиях мегаполиса. Medline.ru. Российский биомедицинский журнал. 2009; 10: 102-112.
6. Черных Н.А., Баева Ю.И. Тяжелые металлы и здоровье человека. Вестник РУДН. 2014;1 (10): 125-134.
7. Ahn, J.S, K.W. Kang, W.Y. Kang [et al.]. Mercury poisoning in a fisherman working on a pelagic fishing vessel due to excessive tuna consumption. J. Occup. Health. 2018; 60.1: 89-93.
8. Нанотехнологии и здоровье населения: научные данные и управление рисками Отчет о совещании экспертов ВОЗ 10-11 декабря 2012 г., Бонн, Германия. Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ. 2014.
9. Шумакова А.А., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото С.Х., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Токсичность свинца при его совместном введении с наноструктурным диоксидом кремния [контаминант пищи: опыты на крысах]. Вopr. питания. 2015; 84 (2): 10-18.
10. Софронов Г.А, Александров М.В., Головки А.И. и др. Экстремальная токсикология. СПб.: Меднига «ЭЛ-БИ-СПб»; 2016.
11. Лужников Е.А. Медицинская токсикология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.
12. Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев, Ю.А. Тунакова Современные подходы к использованию сорбционных технологий в коррекции микроэлементных нарушений у детей. Эффективная фармакотерапия. 2011; 5: 49-55.
13. Регистр лекарственных средств России. Available at: https://www.rlsnet.ru/fg_index_id_495.htm.
14. Урсова Н. И., Горелов А. В. Современный взгляд на проблему энтеросорбции. Оптимальный подход к выбору препарата. РМЖ. 2006; 19: 1391-1396.
15. Панфилова В.Н., Тарушенко Т.Е. Применение энтеросорбентов в клинической практике. Педиатрическая фармакология. 2012; 9 (6): 34-39.
16. Садовникова И. И. Бытовые отравления. Эффективная помощь на догоспитальном этапе. РМЖ. 2010; (18) 5: 288-290.
17. Тарасенко Ю. А. Энтеросорбция как метод выведения из организма тяжелых металлов и радионуклидов. Поверхность. 2014; 6: 110-121.
18. Рослый О.Ф., Герасименко Т.И., Федорук А.А. Оценка энтеросорбции свинца полифепаном. Эфферентная терапия. 2000; 6 (4): 69-71.
19. Филиппова В. А. Термодинамический и кинетический подход изучению адсорбции тяжелых металлов на различных энтеросорбентах. Проблемы здоровья и экологии. 2014;1 (39): 110-115.
20. Филиппова В. А., Лысенкова А. В., Игнатенко В. А., Довнар А. К. Сравнительная характеристика адсорбционных свойств энтеросорбентов. Проблемы здоровья и экологии. 2016; 1 (47): 41-46.
21. Раимбакиева Р.М., Сафарова Р.А., Беляк Е.Л. Выявление наиболее эффективных адсорбентов на основе изучения их адсорбционных свойств. Инновации. Интеллект. Культура Тезисы XXI Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции молодых ученых и студентов. Тюменский государственный нефтегазовый университет; Тобольский индустриальный институт. 2014: 64-66.
22. Новокшенов А.А., Соколова Н.В. Метод энтеросорбции и его клиническая эффективность в комплексной терапии ОКИ у детей. Вопросы современной педиатрии. 2011; 10(1): 140-147.
23. Денисова А.И., Мосталыгина Л.В., Кокшарова Ю.В., Викулин Д.И. Новые композиционные природные материалы в качестве сорбентов ионов свинца (II). Вестник Курганского Государственного Университета. 2015; 3 (37): 99-102.
24. Хотимченко Ю.С., Ермак И.М., Бедняк А.Е., Хасина Э.И., Кропотов

A.B., Коленченко Е.А., Сергущенко И.С., Хотимченко М.Ю., Ковалев В.В. Фармакология некрахмальных полисахаридов. Вестник ДВО РАН. 2005; 1: 72-82.
25. Макарова К. Е. Металлсвязываю-

щая активность низкомолекулярных некрахмальных полисахаридов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток; 2014.
26. Хотимченко П. Ю. Разработка

фармакологических средств на основе низкомолекулярных пектинов и альгинатов для антитоксической терапии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток; 2015.

27. Хотимченко М. Ю. Сорбционные свойства и фармакологическая активность некрахмальных полисахаридов: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. Владивосток; 2011.

REFERENCES:

1. Dunaev V.N., Boev V.M., Shageev R.M., Frolova E.G. Hygienic assessment of health risk formation when exposed to metals and their compounds. Bulletin of Orel State University. 2006. Add.: Bioelementology. 2: 89-92 (in Russian).
2. Lukovnikova L.V., Frolova A.D., Chekunova M.P. Metals in the environment, monitoring problems. Efferent therapy. 2004. 1: 74-79 (in Russian).
3. Litvincev B.S., Ivanov M.B., Litvinenko I.V., Rejnjuk V.L., Fomichev A.V., Velikova V.D. Deselementosis and neurodegeneration. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2019, 67; 3: 96-97 (in Russian).
4. Petlenko S.V., Ivanov M.B., Los' S.P., Golubkov A.V., Komnatniy S.B., Bogdanova E.G. et al. The new approach to an integrates estimation of immune system of the person in conditions of influence of a complex of factors of objects of chemical hazard. Medline.ru. 2010; 11 (17): 195-216. Available at: <http://medline.ru/public/art/tom11/art17.html> (in Russian).
5. Malov A.M., Alexandrova M.L. Medical and environmental aspects of mercury contamination in a metropolis. Medline.ru. Russian Biomedical Journal. 2009; 10: 102-112 (in Russian).
6. Chernykh N.A., Baeva Yu.I. Heavy metals and human health. Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. 2014; 1 (10): 125-134.
7. Ahn J.S., Kang K.W., Kang W.Y. et al. Mercury poisoning in a fisherman working on a pelagic fishing vessel due to excessive tuna consumption. J. Occup. Health. 2018; 60.1: 89-93.
8. Nanotechnology and Public Health: Scientific Evidence and Risk Management Report of the WHO Expert Meeting 10-11 December 2012, Bonn, Germany. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2014 (in Russian).
9. Shumakova A.A., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.H., Gmoshinskij I.V., Hotimchenko S.A. Lead toxicity when co-administered with nanostructured silicon dioxide [food contaminant; experiments on rats]. Problems of Nutrition. 2015; 84 (2): 10-18 (in Russian).
10. Sofronov G.A., Aleksandrov M.V., Golovko A.I. et al. Extreme toxicology. SPb.: Medkniga «ELBI-SPb»; 2016. (in Russian).
11. Luzhnikov E.A. Medical toxicology: national guidelines. Moscow: GEOTAR-Media, 2014.
12. Fajzullina R.A., Valiev V.S., Tunakova Yu.A. Modern approaches to the use of sorption technologies in the correction of trace elements in children. Effective pharmacotherapy. 2011; 5: 49-55 (in Russian).
13. The register of medicines of Russian Federation. Available at: https://www.rlsnet.ru/fg_index_id_495.htm (in Russian).
14. Ursova N.I., Gorelov A.V. A modern view of the problem of enterosorption. The optimal approach to the choice of drug. Russian medical journal. 2006; 19: 1391-1396 (in Russian).
15. Panfilova V.N., Tarushenko T.E. The use of enterosorbents in clinical practice. Pediatric pharmacology. 2012; 9 (6): 34-39 (in Russian).
16. Sadovnikova I.I. Home poisoning. Effective prehospital care. Russian Medical Journal. 2010; (18) 5: 288-290 (in Russian).
17. Tarasenko Yu.A. Enterosorption as a method for removing heavy metals and radionuclides from the body. Surface. 2014; 6: 110-121 (in Russian).
18. Roslyj O.F., Gerasimenko T.I., Fedoruk A.A. Assessment of enterosorption of lead by polyhepan. Efferent therapy. 2000; 6 (4): 69-71 (in Russian).
19. Filippova V.A. Thermodynamic and kinetic approach to studying the adsorption of heavy metals on various enterosorbents. Health and environmental issues. 2014; 1 (39): 110-115 (in Russian).
20. Filippova V.A., Lysenkova A.V., Ignatenko V.A., Dvornar A.K. Comparative characteristics of the adsorption properties of enterosorbents. Health and environmental issues. 2016; 1 (47): 41-46 (in Russian).
21. Raimbakieva R.M., Safarova R.A., Belyak E.L. Identification of the most effective adsorbents based on the study of their adsorption properties. Innovations. Intelligence. Culture Theses of the XXI all-Russian (with international participation) scientific and practical conference of young scientists and students. Tyumen State Oil and Gas University; Tobolsk Industrial Institute. 2014: 64-66.
22. Novokshonov A.A., Sokolova N.V. Enterosorption and its clinical effectiveness in complex treatment of acute intestinal infections in children. Current Pediatrics. 2011; 10(1): 140-147 (in Russian).
23. Denisova A.I., Mostalygina L.V., Koksharova Yu.V., Vikulin D.I. New composite natural materials as sorbents of lead ions (II). Bulletin of Kurgan State University. 2015; 3 (37): 99-102 (in Russian).
24. Hotimchenko Yu.S., Ermak I.M., Bednyak A.E., Hasina E.I., Kropotov A.V., Kolnenchenko E.A. et al. Pharmacology of Non-Starch Polysaccharides. Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005; 1: 72-82 (in Russian).
25. Makarova K.E. Metal-binding activity of low molecular weight non-starch polysaccharides: abstract of the PhD thesis in biology. Vladivostok; 2014 (in Russian).
26. Hotimchenko R.Yu. Development of pharmacological agents based on low molecular weight pectins and alginates for antitoxic therapy: abstract of the PhD thesis in biology. Vladivostok; 2015 (in Russian).
27. Hotimchenko M.Yu. Sorption properties and pharmacological activity of non-starch polysaccharides: abstract of the PhD thesis in biology. Vladivostok; 2011 (in Russian).

A.V. Fomichev¹, A.E. Sosyukin¹, E.V. Malysheva¹, B.S.Litvincev¹, N.V. Lapina¹, V.F. Pimburskij¹, A.E. Chukharev²

PRESENT AND FUTURE APPLICATIONS OF ENTEROSORBENTS IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF ADVERSE EFFECTS OF HEAVY METAL COMPOUNDS

¹Institute of Toxicology of the Federal Medical Biological Agency, 192019, Saint Petersburg, Russian Federation

²Limited Liability Company Medical Center «Eco-Safety», Saint Petersburg, Russian Federation

Research of the last decade, which revealed the relationship of various socially significant diseases (Alzheimer's disease, parkinsonism, multiple sclerosis, etc.) with the impact of heavy metals on the human body, stimulates modern science to create drugs that can quickly and safely remove these toxic substances from the body. The article presents a review of studies on the effectiveness of heavy metal adsorption by modern enterosorbents officially registered in the Russian Federation as drugs. The prospects of using non-starch polysaccharides, which are part of modern biologically active additives, in order to create new medicinal substances for the elimination of heavy metals that pose a threat to public health are indicated.

Keywords: enterosorbent, heavy metals, deselementoses, poisoning, adsorption, elimination.

Quote: A.V. Fomichev, A.E. Sosyukin, E.V. Malysheva, B.S.Litvincev, N.V. Lapina, V.F. Pimburskij, A.E. Chukharev. Present and future applications of enterosorbents in the prevention and treatment of adverse effects of heavy metal compounds. Toxicological Review. 2020; 2: 41-46

Материал поступил в редакцию 13.04.2020 г.