

Введение Как рассматривалось нами в предыдущих публикациях, жители современных мегаполисов находятся под воздействием высоких уровней полиметаллического загрязнения [1-4]. Поскольку время, необходимое для снижения вдвое от исходного содержания накопившегося в органе или организме металла составляет 5-10 и более лет (если поглощение преобладает над выведением), то происходит кумуляция металлов с последующим токсическим действием на весь организм в целом, следовательно, необходимо применять различные методы их выведения, детоксикации и сорбции. Для реализации этих целей наиболее эффективным является метод энтеросорбции, основанный на связывании и выведения из организма через желудочно-кишечный тракт с лечебной или профилактической целью эндогенных и экзогенных веществ, надмолекулярных структур и клеток. В настоящее время самыми безопасными для реализации этих задач признаны энтеросорбенты на основе биополимеров [5-6]. Рекомендации производителей по приему энтеросорбентов универсальны и не зависят от уровня полиметаллической нагрузки, возраста и др. факторов, поэтому необходимо разработать рекомендации по оптимизации использования биополимерных энтеросорбентов в зависимости от фактического поступления металлов. Нами оценивалась сорбционная емкость наиболее распространенных и доступных биополимерных энтеросорбентов «Полифепан» и «Феокарпин». В качестве энтеросорбента сравнения нами использовался самый эффективный сорбент - активированный уголь, являющийся неспецифическим сорбентом, длительное использование которого не рекомендуется. Доказанным отрицательным фактором применения, угольных сорбентов, является сорбция витаминов, минеральных солей и других полезных веществ, а также неспецифическая сорбция ферментов (пепсина, трипсина, амилазы), что требует коррекции заместительной терапии ферментными препаратами. Кроме того, угольные энтеросорбенты могут оказывать повреждающее действие на слизистую, и их не следует длительно использовать при наличии эрозивного или язвенного процесса в желудочно-кишечном тракте. Углеволокнистые адсорбенты способны острыми краями перфорировать слизь, взаимодействуя с эритроцитами. Более безопасными в применении являются биополимерные энтеросорбенты [6,7]. Рассмотрим особенности структуры и свойств выбранных биополимерных энтеросорбентов. «Полифепан» создан на основе лигнина, который входит в состав ряда растительных пищевых продуктов и не является чужеродным для организма человека. Он изготавливается в виде влажного порошка (65-70%), обладает небольшой удельной поверхностью (15-209 м²/г) и объемом сорбционного пространства (0,15 см³/г), крупными размерами частиц (0,1-0,5 мм). Благодаря этим свойствам, «Полифепан» способен сорбировать низко- и среднемолекулярные вещества, к которым относятся металлы. Имеющийся на его поверхности значительный набор функциональных групп (метаксильных,

карбоксильных, карбонильных, различной природы гидроксильных и др.) обеспечивает адсорбцию, в т.ч. хемосорбцию и комплексообразование с различными сорбатами. «Феокарпин» также является представителем сорбентов растительного происхождения. Он создан на основе биологически активных веществ хвои и пищевого энтеросорбента – микрокристаллической целлюлозы. Активными веществами его являются натуральный хвойный комплекс, содержащий производные хлорофилла, каротиноиды, полипренолы, соли жирных кислот и смоляных кислот. По механизму сорбции «Феокарпин» сходен с «Полифепаном», однако, благодаря бóльшей удельной поверхности (в 2-26.7 раз) и объему сорбционного пространства пор (в 2.5-4 раза), соответствующих размерам мезо- и, преимущественно, микропор «Феокарпин» обладает свойством сорбции низкомолекулярных ксенобиотиков, в т.ч. и металлов [5,7]. Экспериментальная часть Навеска сорбента заливалась раствором солей металлов. Выдерживалась, периодически перемешиваясь определенное, заданное время и отфильтровывалась через беззольный фильтр. В фильтрате измерялась конечная концентрация металлов методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС), как один из наиболее селективных, воспроизводимых методов, позволяющих решать задачи определения сравнительной эффективности сорбентов в отношении металлов. Следует отметить, что в настоящее время атомно-абсорбционный анализ является одним из наиболее точных аналитических методов, отличающимся высокой избирательностью и быстротой исполнения. Кроме того, во многих случаях этот метод является арбитражным, большинство нормативов ориентировано на применение именно метода ААС. Данный метод особенно удобен для анализа растворов, так как в этом случае диссоциация молекул анализируемого вещества на атомы может быть достигнута термически в пламени газовой горелки. В сильно окисленном воздушно-ацетиленовом пламени определение уровня металлов достаточно селективно. Для каждого сорбента был проведен ряд параллельных наблюдений с различной экспозицией в растворе солей металлов. Растворы анализировались через 5 мин, 1 час, 6 часов и сутки экспозиции. Навеска каждого сорбента отбиралась в соответствии с его рекомендуемым суточным количеством приема. Объем раствора солей металлов соответствовал 10-ти кратному (по весу) количеству сорбента (т.е. на 1 г сорбента 10 мл раствора). При подготовке металлов в составе смеси солей и их концентраций мы руководствовались следующими положениями: для анализа применялись азотнокислые соли Zn, Cu, Fe, Co, Cd, Pb, Mn, Ni – т.е. наиболее распространенные как эссенциальные, так и токсичные металлы. При подготовке растворов использовались государственные стандарты (ГСО 7877-2000 (Pb), 7874-2000 (Cd), 7837-2000 (Zn), 7873-2000 (Ni), 6073-91 (Cu), 7834-2000 (Mn)) в соответствующих разведениях дистиллированной водой (фон ГСО 1 н HNO₃). Применялась стандартная стеклянная лабораторная посуда: пробирки и мерные цилиндры ГОСТ 1770-74. Концентрации металлов в

растворе подбирались таким образом, чтобы во-первых, возможно было зафиксировать вероятные флуктуации концентраций, во-вторых, чтобы эти концентрации были близки к физиологическим. Исключением являются типичные тяжелые металлы (Pb, Co, Ni), так как в норме в организме их концентрации очень низки, поэтому для них была выбрана условная величина 1 мг/л. Таким образом, начальные концентрации металлов в тестовом растворе составили: Fe, Cu – 2 мг/л; Zn – 5 мг/л; Mn, Ni, Co, Cd, Pb – 1 мг/л. Результаты исследования представлены в Таблица 1 с принятыми сокращениями: У- активированный уголь, Ф-Феокарпин, П-Полифепан. В результате исследования установлено, что наиболее эффективную сорбционную способность продемонстрировал активированный уголь (63%). Но его курсовое использование запрещено ввиду неселективного выведения металлов и нарушения слизистой оболочки желудка. На втором месте по эффективности стоит «Полифепан», достаточно эффективно (35-40%), поглощающий большинство исследованных металлов. «Феокарпин» проявил меньшую сорбционную способность. По инструкциям к препаратам Полифепана» может использоваться не более 10 дней, «Феокарпин» может использоваться и более длительное время (15 дней и более), что выгодно его отличает в практическом применении (щадящая сорбция, сохранение микроэлементного баланса в организме).

Таблица 1 - Сорбция металлов в модельных и тестовом растворах (в скобках) Образец У., 5 м У., 1 ч У., 6 ч У., 24 ч Ф., 5 м Ф., 1 ч Ф., 6 ч Ф., 24 ч П., 5 м П., 1 ч П., 6 ч П., 24 ч

	У.	5 м У.	1 ч У.	6 ч У.	24 ч Ф.	5 м Ф.	1 ч Ф.	6 ч Ф.	24 ч П.	5 м П.	1 ч П.	6 ч П.	24 ч
Fe (1,94)	0,18	0,29	0,30	0	2,86	3,80	4,47	3,84	3,39	4,66	5,75	7,70	7,70
Cu (1,87)	0	0	0	0	10,1	12,51	16,60	19,04	1,25	1,39	1,72	1,67	1,67
Zn (5,1)	0	0	0	0	2,84	2,85	2,91	2,37	2,97	4,70	3,28	1,55	1,55
Mn (0,97)	3,18	3,07	1,42	3,08	1,32	1,40	1,44	0,98	1,44	1,19	1,65	1,27	1,27
Ni (1,09)	0	0	0	0	1,00	0,71	0,77	0,80	1,10	0,66	0,57	0,60	0,60
Co (0,96)	0,14	0,08	0	0	0,64	0,62	0,52	0,41	0,90	0,53	0,22	0,22	0,22
Pb (0,99)	0	0	0	0	0,9	0,8	0,82	0,81	0,6	0,61	0,63	0,51	0,51
Cd (0,96)	0,06	0,06	0,05	0,01	0,81	0,86	0,77	0,88	0,87	0,95	0,88	0,82	0,82

Для обоснованного определения доз применения препаратов мы руководствовались следующими положениями. Согласно нашим расчетам, сорбционная эффективность различных сорбентов в заданном диапазоне концентраций колеблется в пределах 5-50 мкг/г. Учитывая то обстоятельство, что в эксперименте на каждый грамм сорбента бралось 10 мл раствора, можно использовать следующее отношение: 100 г сорбента на 1 литр дуоденального содержимого – часовой объем секреции желудочного сока у детей-подростков 12-14 лет. Снижение концентрации металлов при этом отношении составит от 17,2 до 23,5% (в среднем 20,4%), в зависимости от металла и характерной для него концентрации. Иначе говоря, каждый 1 г сорбента дает увеличение сорбции на $20,4/100=0,2\%$ на 1 л дуоденального содержимого в течение часа. Таким образом, 10 г сорбента снизят концентрацию металлов в дуоденальном содержимом на 2% в течение часа, что через 10 дней обеспечит снижение концентрации металлов в сыворотке не менее чем на 20% (в среднем по всем

металлам или до 35,3% по свинцу). Таким образом, прием 10 г сорбента в течение суток может обеспечить снижение металлов в сыворотке на 2% от исходного. Отметим также, что увеличение/снижение дозировки сорбента на 1 г, через 10 суток приведет к увеличению/замедлению снижения концентрации металлов в сыворотке крови на 2% от исходного. Проверим предлагаемые положения для определения выведения свинца из организма с помощью биополимерных энтеросорбентов. На 100 г сорбента -1 литр дуоденального содержимого – часовой объем секреции желудочного сока у детей-подростков 12-14 лет. Снижение концентрации свинца при этом отношении составит от 16,5% (0,033 мкг/мл от 0,2), то есть каждый 1 г сорбента дает увеличение сорбции на $16,5/100=0,165\%$ на 1 л дуоденального содержимого в течение часа. 10 г сорбента снизят концентрацию металла в дуоденальном содержимом на 1,65% в течение часа, что через 10 дней обеспечит снижение концентрации свинца в сыворотке не менее чем на 35%. В результате всех проведенных исследований и экспериментов, за основу усредненной сорбционной эффективности условного семидневного курса энтеросорбции взяты следующие значения: содержание свинца в организме снижается на 35%, меди на 15%, цинка на 19%, хрома на 39,6%, стронция на 40%, железа на 45%, кобальта на 22%, кадмия на 66%, никеля на 35% и марганца на 18%.