

А. В. Маевская

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕЛЕКТИВНОСТИ СВЯЗЫВАНИЯ ИОНОВ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЭНТЕРОСОРБЕНТАМИ ПОЛИСАХАРИДНОЙ
ПРИРОДЫ**

Научный руководитель: старший преподаватель Е. М. Ермоленко

Кафедра биоорганической химии

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. В данном исследовании было установлено, что эффективными сорбентами с высокой селективностью связывающими ионы особо опасных поллютантов являются высокомолекулярные полисахариды пектин и хитозан, которые выводятся из организма человека в неизменном виде.

Ключевые слова: энтеросорбенты, полисахариды, анализ, металлы

Resume. It was detected in the research that polysaccharides chitin and chitosan are sorbents which link especially dangerous heavy metals with high selectivity.

Keywords: enterosorbents, polysaccharides, analysis, metals.

Актуальность. Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, попадающими в организм человека с питьевой водой и пищей и губительно влияющими на его здоровье, является весьма актуальной для современных индустриальных стран. В связи с этим возрастает значение таких профилактических средств, которые способствовали бы выведению радионуклидов и тяжелых металлов и могли бы применяться в течение продолжительного периода в виде добавок, не нарушая обмена веществ и не оказывая токсического воздействия на организм человека, - энтеросорбентов.

Цель: провести сравнительный анализ селективности связывания ионов тяжелых металлов энтеросорбентами полисахаридной природы и влияния кислотности сорбционной системы на эффективность процесса сорбции.

Материалы и методы. Исследования проводили с использованием эквимольных растворов $ZnSO_4$, $NiSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, $CuSO_4$ и $Cd(CH_3COO)_2$ с исходной концентрацией 0,25мМ. В качестве исследуемых энтеросорбентов были выбраны лигнин (препарат «Полифепан», ОДО «ЦНДИСИ», Республика Беларусь), пектин (ОАО «Белхим», Республика Беларусь), хитозан (препарат «ХИТОЗАН-ЭВАЛАР», ЗАО «Эвалар», РФ) и активированный уголь (ЗАО «Мелисорб», РФ). Эффективность связывания ионов тяжелых металлов оценивали методом, описанным Schiewer и Volesky. Исходное и конечное содержание ионов металлов анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе ААС-30 (Carl Zeiss Jena, Германия). Влияние кислотности исследовали в диапазоне 1–7 с использованием ионометра И-160МП (ГЗИП, Республика Беларусь). Концентрацию метиленового голубого определяли колориметрическим методом. Для характеристики и сравнительного анализа сорбционной способности использовали следующие величины: сорбционная емкость, удельная поверхность. Опыты проводили в 3 кратной повторности. Полученные данные анализировали с использованием статистических функций Microsoft Excel, уровень значимости – 95%.

Результаты и их обсуждение. Общепринятым является мнением, что высокая сорбционная емкость сорбента может быть обусловлена обширной поверхностью и развитой пористой структурой вещества, которая определяется площадью удельной поверхности. Она показывает величину поверхности на единицу массы адсорбента. Однако как нами было установлено с использованием методики на основе метиленового голубого, все представленные в работе энтеросорбенты обладают развитой пористой структурой ($S_{уд}$ более 400 г/м²) и различия по показателям удельной поверхностью среди исследованных образцов не являются статистически значимыми (таблица), что говорит о высоком сорбционном потенциале исследованных сорбентов. Но

не дает ответа на вопрос, есть ли различия в предпочтительности связывания различных химических соединений, в частности металлов-микроэлементов и металлов, не принимающих роли в нормальном метаболизме.

Таблица 1. Удельная поверхность энтеросорбентов

Сорбент	Сорбционная емкость по метиленовому голубому, мг/г	Удельная поверхность, м ² /г
уголь	0,015±0,0008	512,8±28,9
лигнин	0,017±0,0009	589,3±35,6
пектин	0,016±0,0008	545,3±31,4
хитозан	0,016±0,0008	560,8±34,7

Селективность (избирательность) связывания ионов тяжелых металлов входит в число наиболее важных характеристик сорбентов. Как видно на представленной диаграмме (рисунок) максимальные значения сорбционной емкости по отношению к ионам свинца и кадмия установлены для пектина и хитозана. Сорбционная активность по отношению к ионам эссенциальных элементов была у этих сорбентов в 2-3 раза ниже. Хотя существуют особенности в связывании ионов тяжелых металлов: пектин более активно связывал свинец по сравнению с кадмием, для хитозана была характерна обратная зависимость.

Соответствующие значения сорбционной емкости, установленные для образцов активированного угля, были ниже более, чем в 2 раза и не было выявлено значимых различий в селективности связывания ионов металлов. Особенность лигнина – избирательность связывания ионов цинка.

Столь значимые различия в сорбционной емкости энтеросорбентов различной химической природы со схожими показателями удельной поверхности говорят о значительной роли химических процессов в механизмах связывания ионов металлов, а не о простом осаждении в микропористом пространстве.

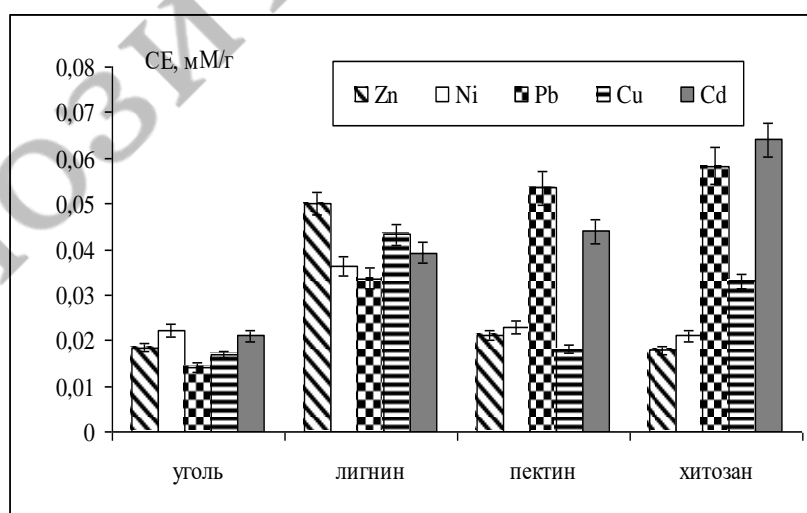


Рисунок 1 - Селективность связывания ионов тяжелых металлов сорбентами

Процесс связывания ионов тяжелых металлов и его эффективность зависят от многих внешних условий, наблюдаемых в сорбционной системе в естественных условиях. Значительное влияние на процессы энтеросорбции оказывает кислотность среды, поскольку различные отделы пищеварительной системы имеют различный уровень pH.

В опытах по изучению влияния кислотности сорбционной системы, было установлено, что пектин и хитозан проявляют максимальную сорбционную активность при pH 7-7,5, лигнин – 6,0-6,5, сорбционная активность активированного угля не зависела от кислотности сорбционной системы. Различия в связывании ионов тяжелых металлов лигнином при различных уровнях pH были более значимыми, но активная сорбция установлена во всем исследованном диапазоне. Пектин и хитозан при pH ниже 4 практически не связывали металлы-микроэлементы и сорбционная емкость была равна практически нулю, ионы цинка не связывались даже при pH 5. Сорбция ионов кадмия этими сорбентами происходила и при pH 6.

Таким образом, зависимость эффективности сорбции ионов тяжелых металлов пектином и хитозаном говорит о том, что в процессе связывания активную роль играют функциональные группы, находящиеся на поверхности сорбентов. Оптимальные условия для связывания тяжелых металлов в нейтральном и слабощелочном диапазоне, что соответствует физиологическим условиям тонкого кишечника, где и происходят наиболее активный обмен между химусом и ворсинками кишечника, характерны для пектина и хитозана.

Выводы:

1 Все представленные в работе энтеросорбенты обладают развитой пористой структурой (более 400 м²/г), но различия по показателям удельной поверхности среди исследованных образцов не являются значимыми.

2 Эффективными сорбентами в высокой селективностью связывающими ионы особо опасных поллютантов – свинца и кадмия являются полисахариды пектин и хитозан. Особенностью предпочтительной сорбции лигнина была высокая активность связывания ионов цинка. Значения сорбционной емкости активированного угля были ниже аналогичных показателей, установленных для остальных сорбентов более, чем в 2-3 раза, и было выявлено значимых различий в селективности связывания ионов металлов.

3 Столь значимые различия в сорбционной емкости сорбентов различной химической природы со схожими показателями удельной поверхности говорят о значительной роли химических процессов в механизмах связывания ионов металлов, а не о простом осаждении в микропористом пространстве.

4 Пектин и хитозан проявляют максимальную сорбционную активность при pH 7-7,5, лигнин – 6,0-6,5, сорбционная активность активированного угля не зависела от кислотности сорбционной системы. Изменения в значениях pH не оказала существенного влияния на ряды предпочтительности связывания ионов тяжелых металлов для данных природных сорбентов.

A. V. Maevskaya

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEAVY METALS LINKING ABILITY WITH ENTEROSORBENTS OF THE POLYSACCHARIDE NATURE

Tutors: assistant professor E. M. Ermolenko

Department of Bioorganic Chemistry

Belarusian State Medical University, Minsk

Литература

1. Дудкин М.С., Щелкунов Л.Ф. Пищевые волокна и новые продукты питания (обзор) // Вопр. питания.– 1998.– № 2.– С. 35–41.
2. Каль М.Н., Цыганов А.Р., Вильдфлуш И.Р. Приемы снижения накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственный культурах на загрязненных почвах // Инф. бюллетень, № 6 (38).– Минск: Белниц «Экология», 2002.– 44с.
3. Кушнева В.С. Пектины различной степени этерификации и пектинсодержащий препарат «Медетопект» как факторы, способствующие элиминации свинца из организма // Медицина труда и промышленная экология.–1997.– № 7.– С. 27–31.
4. Пищевые волокна в рациональном питании человека / П.А.Кашинцев, В.И.Залевский, В.П.Мазанчук, А.В.Перевязка. – М.: 1989.– С. 155–160.
5. Пищевые волокна как энтеросорбенты экологически вредных веществ / М.С. Дудкин, Л.Ф.Щелкунов, Т.В.Сагайдак, Е.И.Данилова // Экология человека и пробл. воспит. мол. ученых: Сб. науч. тр. межд. конф.– Одесса: Астропринт, 1997.– Ч II.– С. 215–217.
6. Энтеросорбция / Под ред. Н.А.Белякова.– Л., 1991.– 336 с.
7. Schiewer S., Volesky B. Modeling of the proton-metal ion exchange in biosorption // Environmental Science and Technology.– 1995.– Vol. 29.– P. 3049-3058.
8. ГОСТ 4453-74(88) Уголь активированный осветляющий древесный порошкообразный. М.: Госстандарт, 1989.– 24 с.