

*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/м<sup>2</sup>) 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.

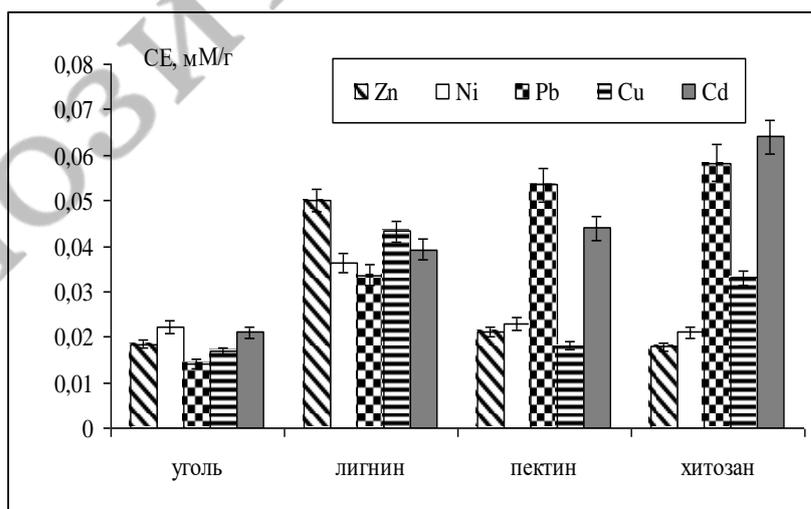
**Таблица 1.** Удельная поверхность энтеросорбентов

Сорбент	Сорбционная емкость по метиленовому голубому, мг/г	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /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 рН.

В опытах по изучению влияния кислотности сорбционной системы, было установлено, что пектин и хитозан проявляют максимальную сорбционную активность при рН 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 рН были более значимыми, но активная сорбция установлена во всем исследованном диапазоне. Пектин и хитозан при рН ниже 4 практически не связывали металлы-микроэлементы и сорбционная емкость была равна практически нулю, ионы цинка не связывались даже при рН 5. Сорбция ионов кадмия этими сорбентами происходила и при рН 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 м<sup>2</sup>/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 рН 7-7,5, лигнин – 6,0-6,5, сорбционная активность активированного угля не зависела от кислотности сорбционной системы. Изменения в значениях рН 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.