

УДК 676.164 +547.595

**Свойства энтеросорбентов,  
полученных иммобилизацией  
фурацилина и желатина на пористой подложке  
из луба коры березы**

**Е.В. Веприкова<sup>а</sup>, С.А. Кузнецова<sup>а,б</sup>,  
Н.В. Чесноков<sup>а,б</sup>, Б.Н. Кузнецов<sup>а,б\*</sup>**

*<sup>а</sup>Институт химии и химической технологии СО РАН,  
Россия, 660036, Красноярск, Академгородок, 50, стр. 24*

*<sup>б</sup>Сибирский федеральный университет,  
Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79*

Received 21.11.2013, received in revised form 18.12.2013, accepted 12.01.2014

*Изучены свойства энтеросорбентов, полученных иммобилизацией фурацилина и желатина на пористой подложке из луба коры березы. Установлено, что сорбент, содержащий фурацилин, сочетает высокую способность к десорбции фурацилина и к сорбции метиленового синего, чем выгодно отличается от промышленных энтеросорбентов. Исследовано влияние иммобилизации этих веществ на сорбционную активность полученных энтеросорбентов в отношении различных маркерных веществ. Показано, что по своим сорбционным свойствам они не уступают более дорогим энтеросорбентам, используемым в медицинской практике.*

*Ключевые слова: энтеросорбент, луб коры березы, иммобилизация, фурацилин, желатин.*

**Введение**

Береза, относящаяся к основным лесообразующим лиственным породам на территории России, традиционно используется в больших объемах для получения древесины, фанеры и древесного угля. На перерабатывающих предприятиях в результате окорки березовой древесины скапливаются многотоннажные отходы коры. Промышленное использование коры березы ограничивается производством дегтя и декоративных изделий из бересты. Основная часть отходов сжигается или вывозится в отвалы, хотя березовая кора и отдельные ее компоненты являются ценным потенциальным сырьем для производства материалов с практически важными свойствами. Наиболее перспективным направлением утилизации коры березы считается ее химическая переработка с получением биологически активных веществ. Например, из бересты

коры березы получают суберин, бетулин и его производные [1–4]. Луб может использоваться для получения дубильных веществ и антоцианидиновых красителей [5]. Обработка березового луба водным раствором NaOH позволяет получать сорбент, который проявляет высокую сорбционную активность в отношении веществ разной природы и по свойствам не уступает полифепану – промышленному энтеросорбенту из гидролизованного лигнина [5, 6].

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям возможности применения энтеросорбентов в качестве носителей для иммобилизации биологически активных соединений с целью создания препаратов пролонгированного действия. После десорбции иммобилизованного вещества эти сорбенты способны поглощать токсины различной природы [7, 8]. Кроме того, иммобилизация различных веществ на поверхности энтеросорбентов способствует увеличению их сорбционной активности и селективности [9, 10]. Большое внимание уделяется получению сорбентов, модифицированных различными белками. В зависимости от выбора белка можно получать энтеросорбенты с заданными свойствами [11, 12]. Потенциальная возможность использования сорбента из луба коры березы в качестве пористой подложки для иммобилизации веществ белковой природы показана в работе [13].

Цель данной работы – изучение свойств энтеросорбентов, полученных иммобилизацией фурацилина и желатина на подложке из луба коры березы.

### Экспериментальная часть

В качестве исходного сырья использовали воздушно-сухой луб (влажность  $7,5 \pm 0,5$  %) коры березы повислой, отобранной из отходов Красноярского деревоперерабатывающего комбината. Луб измельчали на дезинтеграторе марки «8255 Nossen» до размера частиц менее 0,5 мм. Луб имел следующий состав (% от массы абсолютно сухого вещества): легкогидролизуемые полисахариды – 26,8, трудногидролизуемые полисахариды – 22,3, лигнин – 34,5, водорастворимые вещества – 13,5, минеральные вещества – 3,4.

Получение энтеросорбента осуществляли обработкой луба водным раствором 2%-ного NaOH при температуре  $(65 \pm 5)$  °С по методике, описанной в работе [6]. Схема получения модифицированного энтеросорбента представлена на рис. 1.

Иммобилизацию фурацилина (фармакопейный препарат с содержанием фурацилина 97,5 %, «Дальхимфарм», Россия) и желатина (марка А, ОСТ6-17-421-84) проводили на энтеросорбенте, измельченном до фракции менее 0,25 мм.

Сорбционные материалы, содержащие 2,5, 5 и 13 мг/г фурацилина, получали его сорбционной иммобилизацией на энтеросорбенте из луба коры березы. Концентрацию фурацилина в растворе 0,9%-ного NaCl (рН 5,4) варьировали от 15 до 200 мг/л. Сорбцию проводили в статических условиях при периодическом встряхивании с интенсивностью  $(120 \pm 10)$  колеб/мин при температуре  $(20 \pm 1)$  °С в течение 24 ч при соотношении сорбента и раствора фурацилина 0,1 г : 50 мл. Сорбенты отделяли от раствора и высушивали при комнатной температуре.

Образцы сравнения на основе промышленных энтеросорбентов УА-УБФ (древесный активированный уголь, ОАО «Уралбиофарм»), карбактин (активированный уголь марки ФТД-Д, АО «Медисорб») и СУМС-1 (углерод-минеральный сорбент на основе  $Al_2O_3$ , содержащий 10 вес.% пироуглерода, АОЗТ «Сорби») готовили аналогичным способом, используя раствор фурацилина концентрации 200 мг/л.

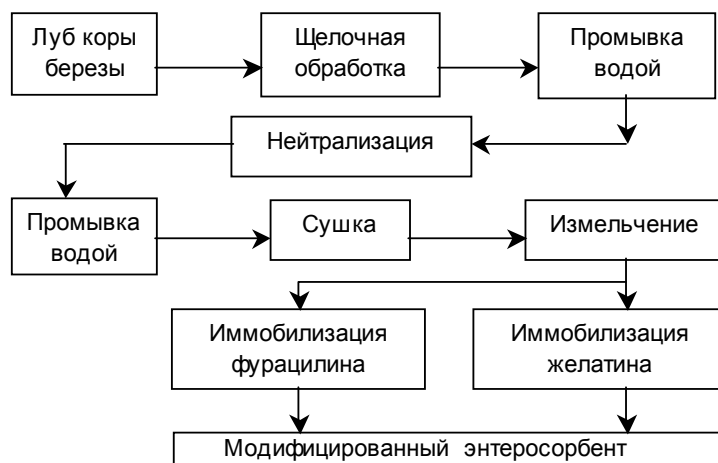


Рис. 1. Схема получения энтеросорбента из луба коры березы

Сорбенты с более высоким содержанием фурацилина (20 мг/г) получали комбинированным способом: сухой сорбент после сорбционной иммобилизации фурацилина (содержание фурацилина 13 мг/г) смешивали с его водной суспензией в соотношении 1:1. Влажные сорбенты выдерживали в течение суток в герметично закрытых бюксах, затем высушивали на воздухе при комнатной температуре.

Десорбцию фурацилина с энтеросорбентов проводили 0,9%-ным водным раствором NaCl (pH 5,4) в условиях, аналогичных сорбции при соотношении сорбента и раствора, равном 0,1 г : 25 мл. Концентрацию фурацилина определяли спектрофотометрически при длине волны 364 нм.

Сорбционную иммобилизацию желатина на энтеросорбенте проводили из водных растворов при pH 4,7. Раствор желатина содержал следующие фоновые электролиты: 0,9%-ный NaCl, по 0,2%-ные CaCl<sub>2</sub> и MgCl<sub>2</sub>. Количество иммобилизованного желатина варьировали изменением продолжительности и температуры сорбции, а также концентрации желатина в исходном растворе в соответствии с работой [13]. Энтеросорбент отделяли от раствора, последовательно обрабатывали 20%-ным раствором Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 3%-ным раствором MgCl<sub>2</sub> в течение 60 мин при перемешивании и промывали водой для удаления остатков солей. Готовый энтеросорбент сушили при комнатной температуре в течение суток.

Определение сорбционной активности энтеросорбентов проводили по маркерным веществам с разной молекулярной массой: метиленовый синий, моделирующий токсины с молекулярной массой до 500 атомных единиц массы (а. е. м.); витамин B<sub>12</sub>, моделирующий токсины молекулярной массы 500–1500 а.е.м.; альбумин, представляющий токсины белковой природы; билирубин с ММ 584,7 а.е.м. – эндотоксин пептидной природы. Сорбцию метиленового синего и альбумина проводили по методике [14], витамина B<sub>12</sub> – согласно [15], билирубина – в соответствии с методикой [16]. Показатель pH модельных растворов, содержащих 0,9%-ный NaCl, варьировали от 2,0 до 7,5. Сорбционные свойства промышленных энтеросорбентов (полифепан ООО «Экосфера», СУМС-1 АОЗТ «Сорби», МКЦ-101 ПО «Прогресс»), выбранных для сравнения, определяли аналогичным образом.

Полученные в работе результаты представляют собой усредненные значения по трем измерениям.

### Результаты и обсуждение

#### *Энтеросорбенты с антисептическими свойствами*

В качестве компонента для придания энтеросорбенту из луба коры березы антисептических свойств использовали фурацилин ( $C_6H_6N_4O_4$ ). Выбор фурацилина, который находит широкое применение в медицине, обусловлен возможностью сравнить свойства предлагаемого сорбента и препаратов на основе промышленных энтеросорбентов карбактин и СУМС-1, описанных в литературе [7].

Как следует из приведенной на рис. 2 изотермы сорбции, поглощение фурацилина из модельного раствора энтеросорбентом из луба коры березы описывается изотермой Ленгмюровского типа (тип I по классификации БЭТ). Энтеросорбент проявляет невысокую сорбционную активность в отношении антисептика – его предельная сорбция в исследованном интервале концентраций составляет 13,2 мг/г.

По способности сорбировать фурацилин он существенно уступает промышленным энтеросорбентам, выбранным в качестве образцов сравнения (табл. 1).

Известно, что эффективность сорбентов с пролонгированным выделением активного вещества определяется количеством и продолжительностью десорбции иммобилизованного

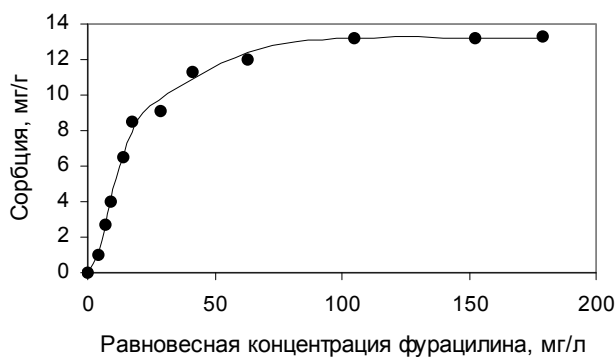


Рис. 2. Изотерма сорбции фурацилина сорбентом из луба коры березы

Таблица 1. Свойства энтеросорбента из луба и промышленных энтеросорбентов в отношении сорбции и десорбции фурацилина

Энтеросорбент	Сорбция*, мг/г	Десорбция, мг/г	
		1 ч	24 ч
Из луба коры березы	13,2±0,4	2,8±0,1	8,4±0,3
УА-УБФ	94,5±2,2	0,3±0,1	0,6±0,1
Карбактин	98,7±2,3	0,3±0,1	0,5±0,1
СУМС- 1	42,9±1,3	0,5±0,1	1,1±0,2

Примечание: сорбция из раствора фурацилина с концентрацией 200 мг/л.

вещества. Как следует из приведенных в табл. 1 данных, по способности десорбировать иммобилизованный фурацилин энтеросорбент из луба коры березы существенно превосходит углеродные энтеросорбенты УА-УБФ, карбактин и углерод-минеральный СУМС-1. При обработке энтеросорбента на основе луба 0,9%-ным раствором NaCl в течение 1 ч высвобождается 21,2 % иммобилизованного фурацилина. В случае энтеросорбента карбактина – только 0,32 %. Увеличение продолжительности десорбции до 24 ч приводит к увеличению количества выделенного в раствор фурацилина до 63,6 %. В случае образцов сравнения количество десорбированного фурацилина составляет всего 0,5–1,1 % (табл. 1). Таким образом, основное количество иммобилизованного на углеродных энтеросорбентах антисептика остается недоступным из-за его прочного связывания с подложкой. Причем применение различных десорбирующих растворов позволяет только незначительно увеличить десорбцию фурацилина (до 2–4 % в случае сорбента на основе СУМС-1).

Зависимость величины десорбции фурацилина от его содержания в энтеросорбенте из луба коры березы иллюстрирует рис. 3.

Повышение содержания фурацилина в сорбенте от 2,5 до 13 мг/г приводит не только к увеличению количества десорбированного антисептика, но и к увеличению времени достижения равновесия. Для сорбента, содержащего 2,5 мг/г фурацилина, десорбционное равновесие достигается через 10 ч, и в раствор переходит 88 % иммобилизованного антисептика.

Следует отметить, что, варьируя содержание фурацилина в сорбенте от 13 до 20 мг/г, можно регулировать продолжительность выделения активного вещества соответственно специфике применения сорбента (рис. 3).

Установлено, что сорбционная иммобилизация фурацилина на энтеросорбенте из березового луба приводит к уменьшению его сорбционной активности в отношении метиленового синего (МС) (табл. 2).

Причем наблюдаемое уменьшение сорбции существенно ниже, чем в случае иммобилизации антисептика на энтеросорбентах УА-УБФ, карбактин и СУМС-1. По сорбции метиленового синего сорбент на основе СУМС-1 почти в 2 раза уступает сорбенту на основе луба коры березы. При продолжительности десорбции фурацилина 24 ч величина сорбции МС модифициро-

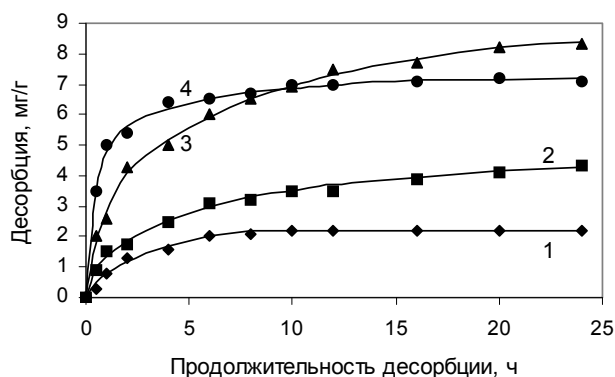


Рис. 3. Кинетические кривые десорбции фурацилина для энтеросорбента из луба коры березы с различным содержанием антисептика: 1 – 2,5 мг/г; 2 – 5 мг/г; 3 – 13 мг/г; 4 – 20 мг/г

Таблица 2. Активность сорбентов по метиленовому синему (МС)

Сорбент	Содержание фурацилина, мг/г	Сорбция МС исходным сорбентом, мг/г	Сорбция МС модифицированным сорбентом, мг/г	
			Исходный модифицированный сорбент	Модифицированный сорбент после десорбции фурацилина
Из луба коры березы	13,2	58,5±1,6	45,8±1,4	55,3±1,4
УА-УБФ	94,5	98,7±3,1	40,3±2,6	41,5±2,4
Карбактин	98,7	123,5±3,6	58,6±2,5	60,8±2,7
СУМС-1	42,9	48,7±1,3	25,2±1,1	28,1±1,3

Примечание: десорбция в течение 24 ч.

ванным сорбентом из луба практически та же, что и в случае исходного сорбента. Очевидно, после десорбции антисептика его пористая структура становится также полностью доступной для молекул МС, как и в исходном сорбенте из луба.

Сопоставление приведенных в табл. 1 и 2 данных показывает, что сорбент из луба коры березы является более предпочтительным носителем при получении модифицированных энтеросорбентов с пролонгированным антисептическим действием по сравнению с изученными промышленными энтеросорбентами. Разработанный энтеросорбент сочетает высокую десорбцию фурацилина и хорошую способность сорбировать метиленовый синий, моделирующий сорбцию токсинов.

#### *Энтеросорбенты, модифицированные желатином*

Желатин представляет собой линейный, высоко асимметричный полипептидный полимер белковой природы. Основным свойством желатина является набухание с образованием сетчатой полимерной структуры, доступной для проникновения молекул разного размера. Его сорбционные свойства обусловлены и наличием активных функциональных групп различной природы в структуре пептидной цепи – NH<sub>2</sub>, -COOH, – CONH<sub>2</sub> и др. [17]. Известно, что иммобилизация веществ белковой природы на твердой матрице позволяет получать энтеросорбенты с высокой сорбционной активностью, зависящей от свойств белка и сорбируемого вещества [12, 18].

Данные по влиянию количества желатина, иммобилизованного на энтеросорбенте из луба коры березы, на сорбционную активность модифицированных сорбентов в отношении маркерных веществ с различной молекулярной массой приведены в табл. 3.

Иммобилизация желатина на энтеросорбенте из луба приводит к увеличению его сорбционной активности в отношении метиленового синего и билирубина. Причем по сорбции этих маркерных веществ энтеросорбенты, содержащие 55 и 100 мг/г желатина, практически не отличаются. Следует отметить, что максимальная сорбционная емкость энтеросорбента по желатину составляет не более 100 мг/г. Было установлено, что увеличение содержания желатина в энтеросорбентах до 16–23 % (смешением сорбента с гелем желатина) нецелесообразно из-за уменьшения сорбционной активности по метиленовому синему [19]. Исходный и модифици-

Таблица 3. Сорбционная активность образцов энтеросорбента из луба коры березы, модифицированных желатином (концентрация NaCl в модельных растворах 0,9 %, pH 5,0, температура 20 °C)

Образцы энтеросорбентов из луба коры березы	А <sub>мс</sub> , мг/г	А <sub>В12</sub> , мг/г	А <sub>альб</sub> , мг/г	А <sub>бил</sub> , мкмоль/г
Энтеросорбент, содержащий 25 мг/г желатина	68,9 ± 3,1	2,9 ± 0,3	27,4 ± 1,4	45,7 ± 2,5
Энтеросорбент, содержащий 55 мг/г желатина	75,5 ± 3,5	3,1 ± 0,3	22,1 ± 1,2	51,9 ± 2,7
Энтеросорбент, содержащий 100 мг/г желатина	76,7 ± 3,4	2,8 ± 0,3	21,3 ± 1,1	52,2 ± 3,1
Исходный энтеросорбент	58,9 ± 2,4	2,4 ± 0,2	59,1 ± 2,3	38,0 ± 1,5

Примечание: А<sub>мс</sub>, А<sub>В12</sub>, А<sub>альб</sub>, А<sub>бил</sub> – адсорбция метиленового синего, витамина В<sub>12</sub>, альбумина и билирубина соответственно.

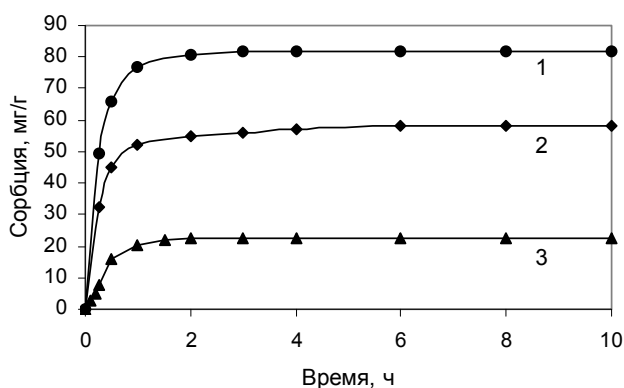


Рис. 4 Кинетические кривые сорбции метиленового синего (1), билирубина (2) и альбумина (3) при 20 °C из модельных растворов, содержащих 0,9 % NaCl и имеющих pH 5,0

рованные энтеросорбенты из луба характеризуются незначительной сорбцией витамина В<sub>12</sub>. Вероятно, полимерная сетчатая структура, образующаяся при набухании желатина, малодоступна для молекул этого маркера. Модифицированные энтеросорбенты независимо от количества иммобилизованного желатина сорбируют значительно меньше альбумина по сравнению с исходным энтеросорбентом. Аналогичный результат получен при сорбции альбумина на подложке из полиэтилена с иммобилизованным слоем желатина [20].

Была изучена кинетика сорбции метиленового синего, альбумина и билирубина модифицированным сорбентом, содержащим 100 мг/г желатина (рис. 4).

Модифицированный энтеросорбент на основе луба достаточно быстро сорбирует метиленовый синий и билирубин. За 30 мин исследуемый сорбент поглощает 80,2 % МС и 77,4 % билирубина от величины предельной равновесной сорбции этих маркеров. Сорбция МС и билирубина, достигаемая в течение 1 ч, увеличивается до 93,5 и 90,2 % соответственно.

Как следует из рис. 4, в течение 30 мин альбумин сорбируется медленнее других маркерных веществ – сорбция составляет 21,3 % от равновесного значения. Это обусловлено, вероятно, конформационными изменениями молекул альбумина на поверхности модифицированного

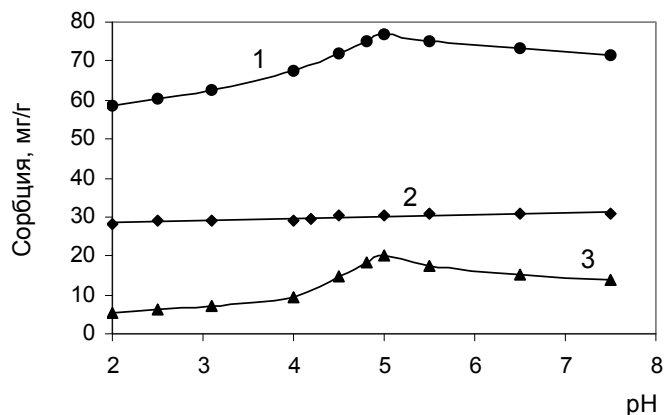


Рис. 5. Влияние pH модельных растворов на сорбцию метиленового синего (1), билирубина (2) и альбумина (3) сорбентом из луба коры березы, модифицированным желатином (содержание желатина в сорбенте 100 мг/г, концентрация NaCl в растворе 0,9 %, температура 20 °С, время контакта 1 ч)

сорбента. Увеличение продолжительности сорбции до 1 ч приводит к увеличению величины сорбции альбумина до 89,4 % от равновесного значения, что сравнимо с сорбцией метиленового синего и билирубина. Отметим, что продолжительность сорбции в течение 1 ч традиционно применяется для определения емкости энтеросорбентов и позволяет оценить его эффективность в комплексе с другими характеристиками [15].

Известно, что желатин является типичным амфолитом с изоэлектрической точкой при pH 4,7–5,0 [17, 21]. Вероятно, поверхность сорбента после иммобилизации желатина может проявлять подобные свойства. В кислых и щелочных модельных растворах поверхность модифицированного сорбента будет приобретать положительный или отрицательный заряд. Можно предположить, что эффекты электростатического взаимодействия с поверхностью сорбента будут влиять на сорбцию выбранных маркерных веществ [11].

Установлено, что изменение значений pH модельных растворов влияет на сорбцию метиленового синего (МС) и альбумина даже в присутствии фоновых электролитов (рис. 5).

Максимальная сорбция этих маркерных веществ наблюдается при pH 5,0, т.е. вблизи изоэлектрической точки желатина [17, 21]. Метиленовый синий в исследованном интервале pH находится в катионной форме. Поэтому повышение кислотности до pH 2,0 приводит к снижению сорбции МС в результате отталкивания положительно заряженной поверхности сорбента и катионов маркера. Понижение кислотности от 5,0 до 7,5 увеличивает притяжение катионов МС к отрицательно заряженной поверхности сорбента, что притормаживает их диффузию в набухшую полимерную структуру желатина [21]. Высокая сорбционная активность модифицированного желатином сорбента в отношении метиленового синего может объясняться способностью функциональных групп желатина (-COOH и др.) к взаимодействию с катионами маркерного вещества.

Изоэлектрические точки альбумина (pH 4,8–4,9), применяемого в качестве белкового маркера, и желатина на поверхности модифицированного сорбента (4,7–5,0) совпадают [17]. В результате независимо от значения pH модельного раствора сорбция альбумина будет опреде-



Таблица 4. Сорбционная активность модифицированных сорбентов из луба коры березы и промышленных энтеросорбентов

Сорбент	Амс, мг/г		А <sub>В12</sub> , мг/г		А <sub>альб</sub> , мг/г		А <sub>бил</sub> , мкмоль/г	
	рН 2,0	рН 7,5	рН 2,0	рН 7,5	рН 2,0	рН 7,5	рН 2,0	рН 7,5
Сорбент из луба коры березы (55)* <sup>1</sup>	57,1	70,6	2,1	2,7	5,3	14,2	46,5	52,2
Сорбент из луба коры березы (100)* <sup>2</sup>	58,7	71,5	1,9	2,7	5,5	13,8	48,0	52,9
Полифепан	49,4	52,6	2,0	2,4	0	32,5	15,4	15,9
СУМС – 1	43,5	49,2	8,5	8,1	4,2	12,4	25,6	29,4
МКЦ	21,6	22,4	2,1	2,7	1,8	9,5	17,4	18,6

Примечание: Амс, А<sub>В12</sub>, А<sub>альб</sub>, А<sub>бил</sub> – адсорбция метиленового синего, витамина В<sub>12</sub>, альбумина и билирубина, соответственно; \*<sup>1</sup> – содержание желатина в сорбенте 55 мг/г; \*<sup>2</sup> – содержание желатина в сорбенте 100 мг/г.

ляться эффектом электростатического отталкивания одноименно заряженных поверхностей сорбента и макромолекул адсорбата. Чувствительность сорбции альбумина к изменениям рН может быть обусловлена конформационными изменениями его молекул, свойственными биологическим полиэлектролитам [21].

Изменение рН модельного раствора билирубина не влияет на его сорбцию (рис. 5, кривая 2). Следовательно, эффекты электростатического взаимодействия не осложняют процесс сорбции этого маркера. Очевидно, поглощение билирубина происходит за счет включения его молекул в набухающую сетчатую структуру желатина.

Известно, что сорбция маркерных веществ из модельных растворов, содержащих 0,9 % NaCl, при рН 2,0 и 7,5 позволяет оценить эффективность энтеросорбента в среде желудка и кишечника соответственно [15]. Полученные данные показывают, что модифицированный желатином сорбент способен одинаково эффективно удалять билирубин из растворов, моделирующих среду желудка и кишечника (рис. 5). Способность к сорбции токсинов, близких по природе к метиленовому синему, лучше в растворе, моделирующем среду кишечника. Однако при рН 2,0 сорбция этого маркера также достаточно высока – 58,7 мг/г.

Было проведено сравнение свойств сорбентов, полученных иммобилизацией желатина на подложке из луба коры березы, и промышленных энтеросорбентов (табл. 4).

По величине сорбции метиленового синего и билирубина модифицированные сорбенты из луба превосходят исследованные промышленные образцы независимо от рН среды. По величине сорбции альбумина в модельной среде с рН 7,5 модифицированные сорбенты уступают только полифепану. Причем они способны удалять альбумин из кислых модельных растворов. Сорбционная емкость по витамину В<sub>12</sub> у модифицированных желатином сорбентов, полифепана и МКЦ практически одинакова, а для углерод-минерального СУМС-1 существенно выше как в кислой, так и в щелочной среде. Это обусловлено, вероятно, наличием более развитой пористой структуры СУМС-1, доступной для молекул витамина В<sub>12</sub>.

### Заключение

Показана возможность получения модифицированных сорбентов различного назначения путем иммобилизации фурацилина и желатина на подложке из луба коры березы. Установлено,

что в отличие от промышленных энтеросорбентов сорбенты с антисептическими свойствами, полученные иммобилизацией фурацилина на лубе, сочетают высокую способность к десорбции фурацилина и к сорбции метиленового синего. Эти сорбенты характеризуются длительным временем выделения фурацилина (не менее 24 ч) и сохраняют способность сорбировать токсины, моделируемые метиленовым синим.

Установлено, что иммобилизация желатина на энтеросорбенте из луба коры березы приводит к существенному увеличению (в среднем в 1,3 раза) его сорбционной активности в отношении метиленового синего и билирубина. Применение этих модифицированных желатином сорбентов для удаления токсинов разной природы наиболее эффективно в растворах, моделирующих среду кишечника. Показано, что по своим свойствам полученные сорбенты сравнимы с более дорогими промышленными аналогами.

### Список литературы

1. Кислицин А.Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, свойства, применение // Химия древесины. 1994. № 3. С. 3-28.
2. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Еськин А.П., Полежаева Н.И. Выделение бетулина и суберина из коры березы, активированной в условиях «взрывного автогидролиза» // Химия растительного сырья. 1998. № 1. С. 5-9.
3. Левданский В.А., Кузнецов Б.Н., Полежаева Н.И., Иванченко Н.М., Левданский А.В. Влияние активации коры березы перегретым паром на выход и состав экстрактов, содержащих бетулин и дубильные вещества // Химия растительного сырья. 2005. № 2. С. 15-20.
4. Судакова И.Г., Кузнецов Б.Н., Гарынцева Н.В. Изучение процесса выделения субериновых веществ из бересты березовой коры // Химия растительного сырья. 2008. № 1. С. 41-44.
5. Кузнецова С.А., Левданский В.А., Кузнецов Б.Н., Щипко М.Л., Рязанова Т.В., Ковальчук Н.М. Получение дубильных веществ, красителей и энтеросорбентов из луба березовой коры // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. Т. 13. № 3. С. 401-409.
6. Веприкова Е.В., Кузнецова С.А., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н. Свойства энтеросорбентов, полученных из автогидролизованной коры березы // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. Т. 20. № 6. С. 673-678.
7. Коваленко Г.А., Кузнецова Е.В. Адсорбция антисептиков (фурацилина, хлоргексидина) и витамина Е на углеродсодержащих энтеросорбентах // Химико-фармацевтический журнал. 2000. Т. 34. № 6. С. 45-49.
8. Пак Т.С., Тахтаганова Д.Б., Кристаллович Э.Л. Энтеросорбент на основе фиброина натурального шелка и его механохимическая модификация дезоксипеганин гидрохлоридом // Химико-фармацевтический журнал. 2007. Т. 41. № 1. С. 21.
9. Пьянова Л.Г. Углеродные сорбенты в медицине и протеомике // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. Т. 20. № 1. С. 113-122.
10. Николаев В.Г. Энтеросорбция: состояние вопроса и перспективы на будущее // Вестник проблем биологии и медицины. 2007. № 4. С. 7-17.
11. Sarnatskaya V.V., Lindup W.E., Walther P et. Albumine, bilirubine and activated carbon: new edges of an old triangle. // Art.Cells, Blood Substit. And Immobiliz. Biotechnologie. 2002. №2. P. 113-127.

12. Воробьева О.В., Кунижев С.М., Анисенко О.В., Филь А.А. Сорбенты на основе белкового комплекса казеина. I. Структурные характеристики сорбентов // Вестник Ставропольского ГУ. 2003. Вып. 34. С. 111-115.

13. Веприкова Е.В., Щипко М.Л., Кузнецова С.А., Кузнецов Б.Н. Изучение сорбции маркера белковой природы – желатина на пористой подложке из луба березы // Катализ в промышленности. 2011. № 2. С. 72-76.

14. Решетников В.И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм //Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. № 5. С. 28-32.

15. Маркелов Д.А., Ницак О.В., Геращенко И.И. Сравнительное изучение адсорбционной активности медицинских сорбентов // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42. № 7. С. 30-33.

16. Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э., Леман И. Основы биохимии / под ред. Ю.А. Овчинникова. М.: Мир, 1981. Т. 2. 726 с.

17. Мазуров В.И. Биохимия коллагеновых белков. М.: Медицина, 1974. 248 с.

18. Bettelheim Frederic A., Priel Zvi. Adsorption of biopolymers on solid surface // journal of colloid and interface science. 1979.V 70. P. 395-398.

19. Веприкова Е.В., Щипко М.Л., Чунарев Е.Н. Свойства порошкообразных и таблетированных препаратов на основе энтеросорбента из луба коры березы // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 31-36.

20. Baszkin A., Boissonnade M.M. Competitive adsorption of albumin against collagen at solution – air and solution – polyethylene interfaces // Journal of biomedical materials research. 1993. V. 27. P. 145-152.

21. Джайлс Ч., Ингрэм Б., Клюни Дж. и др. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. М.: Мир, 1986. 488 с.

## **Properties of Enterosorbents Obtained by Immobilization of Furacilin and Gelatin on the Porous Carrier from Inner Birch Bark**

**Eugenia V. Veprikova<sup>a</sup>, Cvetlana A. Kuznetsova<sup>a,b</sup>,  
Nikolay V. Chesnokov<sup>a,b</sup> and Boris N. Kuznetsov<sup>a,b</sup>**

*<sup>a</sup>Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS,  
Siberian Branch,*

*50/24 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia*

*<sup>b</sup>Siberian Federal University*

*79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia*

---

*Properties of enterosorbents obtained by immobilization of furacilin and gelatin on the porous carrier from inner birch bark were studied. It was established, that the sorbent containing furacilin in contrast to commercial enterosorbents combines a high ability for desorption of the furacilin and for sorption of the methylene blue. Influence of furacilin and gelatin immobilization obtained enterosorbents on the sorption of different mark substances was investigated. It was found, that they have the sorption properties similar to more expensive enterosorbents using in medical practice.*

*Keyword: enterosorbent, inner birch bark, immobilization, furacilin, gelatin.*

---