

Торф и продукты его переработки

УДК 54.055:665.7.032.53

ОЦЕНКА АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ

© А.А. Иванов*, А.В. Савельева, Н.В. Юдина, В.Н. Буркова

Институт химии нефти СО РАН, пр. Академический, 4, Томск, 634021
(Россия), e-mail: ivanov@ipc.tsc.ru

Исследована адсорбционная способность верхового торфа. Показано, что наибольшей эффективностью обладает композиция, состоящая из обезжиренного торфа с размером частиц 0,5–0,2 мм и 50%-ного водного раствора лактулозы в следующих соотношениях – 85 и 15% масс. соответственно. Данный модифицированный порошкообразный препарат из торфа по своим адсорбционным свойствам в отношении исследуемого маркера не уступает близкому по химической природе и составу медицинскому сорбенту.

Ключевые слова: верховой торф, экстракция липидов, лактулоза, адсорбционная способность.

Введение

Метод сорбционной детоксикации занимает важное место в области эффективной терапии, которая направлена на поддержание и восстановление естественных систем и функций организма. Энтеросорбция – вид сорбционной детоксикации, при котором сорбенты вводятся перорально в пищеварительный канал, они, проходя через различные отделы желудочно-кишечного тракта, поглощают токсические вещества и метаболиты различной природы [1, 2]. Расширение сферы применения и повышение эффективности энтеросорбции напрямую связаны с разработкой рациональных лекарственных форм.

Из препаратов современной номенклатуры в эфферентной терапии применяют активированные угли, силикагели, цеолиты, алюмогели, алюмосиликаты, пищевые волокна, органические и композиционные сорбенты [3–5]. На фармацевтическом рынке России они представлены в виде гранул (СКН, АДБ, СКТ-БАВЧ), порошков (энтеросорб, полифепан, полисорб), таблеток (уголь активированный, карболен, лакто-филтрум), паст, гелей, взвесей, коллоидов (энтеродез), волокон (белосорб), инкапсулированных материалов (энтеросгель). Но их эффективность не всегда удовлетворяет предъявляемым к ним требованиям.

В настоящее время все большее предпочтение отдается препаратам природного происхождения [6–8].

Высокая степень обогащенности торфа биологически активными веществами и микроэлементами свидетельствует о целесообразности и перспективности его применения в качестве сырья для изготовления высокоэффективных лекарственных препаратов, биологически активных добавок, косметических средств

Иванов Александр Анатольевич – научный сотрудник, кандидат химических наук, тел.: (3822) 49-27-56, e-mail: ivanov@ipc.tsc.ru

Савельева Анна Викторовна – научный сотрудник, кандидат биологических наук, тел.: (3822) 49-27-56, e-mail: anna@ipc.tsc.ru

Юдина Наталья Васильевна – заведующая лабораторией, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, тел.: (3822) 49-27-56, e-mail: natal@ipc.tsc.ru

Буркова Валентина Николаевна – старший научный сотрудник, доктор химических наук, тел.: (3822) 49-19-21, e-mail: biolit111@ipc.tsc.ru

и т.д. [9]. Принимая во внимание актуальность проблемы разработки новых лекарственных средств и препаратов космецевтики на основе природного сырья, отличающихся низкой токсичностью и ограниченным спектром побочных явлений, можно рассматривать торф как дешевую и практически неограниченную сырьевую базу для их производства.

Цель данного исследования – оценка адсорбционных свойств верхового торфа.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

Исследования проводились на образцах малоразложившегося верхового сфагнового торфа Томской области.

Для исследования общетехнических свойств торфа использовали стандартные методики определения ботанического состава, степени разложения [10].

Изучение группового состава торфа проводили по комплексной схеме, разработанной для исследования растительного сырья [11]. Последовательной экстракцией из торфа выделялись горячей водой водорастворимые компоненты – полисахариды и полифенолы ($t=95\text{ }^{\circ}\text{C}$), затем смесью растворителей в соотношении 1 : 1 (метилтретбутиловый эфир : этиловый спирт) – липиды. Гуминовые кислоты извлекались при комнатной температуре 0,1 н NaOH с последующим осаждением из раствора 10% HCl до pH 2. Осадок промывался дистиллированной водой и высушивался в вакуумном шкафу.

Для получения энтеросорбента торф предварительно обезжиривали путем экстракции смесью метилтретбутилового эфира и этилового спирта в соотношении 1 : 1, выделяя при этом биологически активный концентрат липидов, используемый для разработки препаратов космецевтики. Обезжиренный торф высушивался и измельчался – в данной работе проведено исследование влияния размера частиц торфа на его адсорбционную способность, для чего торф фракционировался по размеру частиц (мм): >1; 1–0,5; 0,5–0,2; 0,2–0,1; <0,1.

В состав энтеросорбента дополнительно вводилась лактулоза для придания пребиотических свойств. К обезжиренному торфу с наиболее оптимальным размером частиц (установленным по результатам предварительных исследований) добавляли пребиотик – лактулозу в виде 50%-ного водного раствора в следующих соотношениях: торф 85–70% масс., лактулоза 15–30% масс. [12]. После смешивания компонентов готовые композиции подсушивали до остаточной влажности 10%.

Относительной количественной характеристикой функциональной активности сорбентов является адсорбционная способность (АС), определяемая по модельным веществам-маркерам [13]. В нашем случае использовался краситель метиленовый синий, имитирующий среднемолекулярные токсиканты, ответственные за развитие метаболического токсикоза, и принятый в качестве маркера для большинства медицинских сорбентов [4, 13]. Адсорбцию проводили из модельного раствора с pH 4,7 и растворов, имитирующих в первом приближении физиологические среды: среду желудка с pH 2 и среду 12-перстной кишки с pH 7,5 (0,9% раствор NaCl, pH которого доведена с помощью соляной кислоты до значения 2 или гидрокарбоната натрия – до значения 7,5 соответственно) [4].

Методика определения АС заключалась в измерении оптической плотности осветленного раствора с веществом-маркером после контакта его с навеской сырья в течение определенного времени [14].

В качестве эталонов использовали субстанции угля активированного, полисорба и лактофильтрума. Уголь активированный представляет собой гидрофобный адсорбент, имеющий в своей структуре все типы пор; полисорб – полимерный высокодисперсный кремния диоксид, имеющий непористую структуру; лактофильтрум – содержит 85% гидролизного лигнина и 15% лактулозы.

Обсуждение результатов

В таблице 1 приведена общая характеристика исследуемого торфа. Данный торф относится к верховому типу с преобладанием в его ботаническом составе мха *Sphagnum fuscum*. По своим характеристикам торф является среднекислым, малозольным, характеризуется невысокой степенью разложения и имеет исходную влажность 82%.

Групповой состав исследуемого торфа представлен в таблице 2 и является типичным для верховых торфов моховой группы [15].

На рисунках 1–3 приведены экспериментальные данные по сорбции вещества-маркера торфяными энтеросорбентами в сравнении с другими известными препаратами.

Из полученных данных видно, что при pH 4,7 максимальная АС наблюдалась у образцов обезжиренного торфа с размером частиц 0,2–0,1 мм, <0,1 мм и у исходного, неэкстрагированного торфа (рис. 1). Однако все процессы взаимодействия энтеросорбентов и токсикантов проходят в желудке и отделах кишечника, имеющих в первом случае кислую среду (pH 2), в другом – слабощелочную (pH 7,5).

Таблица 1. Общетехническая характеристика торфа

Тип торфа	Верховой
Ботанический состав, %	фускум – 70 магелланикум – 15 сфагновый
Вид торфа	
Степень разложения, %	10
Зольность, %	5
Кислотность	4,7

Таблица 2. Групповой состав торфа, % масс.

ВР	ПС	ПФ
1,6	0,4	1,2
Л	ГК	ЛГ+ТГ+лигнин
2,7	3,8	91,9

Примечания: ВР – водорастворимые вещества, ПС – полисахариды, ПФ – полифенолы, Л – липиды, ГК – гуминовые кислоты, ЛГ – легкогидролизуемые вещества, ТГ – трудногидролизуемые вещества

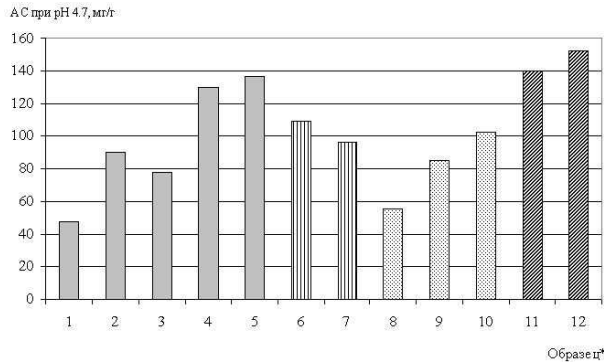


Рис. 1. Адсорбционная способность (АС) торфа и известных препаратов при pH 4,7

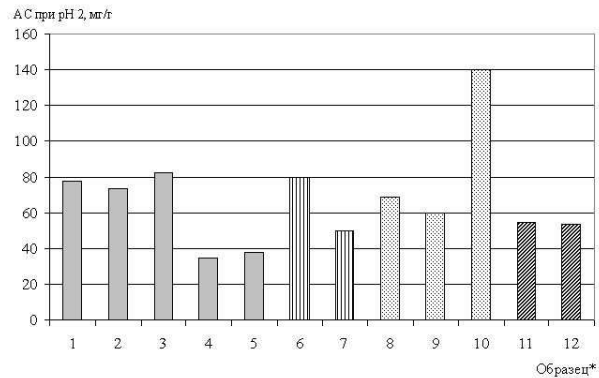
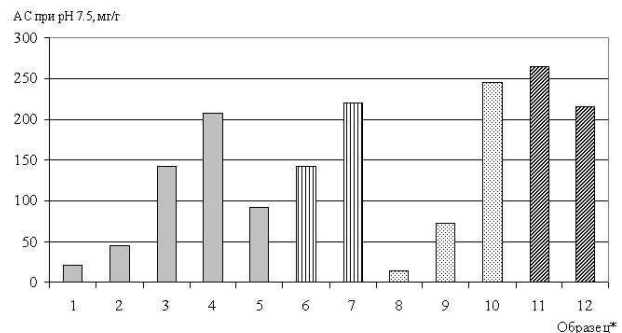


Рис. 2. Адсорбционная способность (АС) торфа и известных препаратов при pH 2

Рис. 3. Адсорбционная способность (АС) торфа и известных препаратов при pH 7,5



*Расшифровка образцов (размер частиц): 1 – >1 мм; 2 – 1–0,5 мм; 3 – 0,5–0,2 мм; 4 – 0,2–0,1 мм; 5 – <0,1 мм; 6 – неэкстрагированный торф, > 1 мм; 7 – неэкстрагированный торф, <0,1 мм; 8 – уголь активированный; 9 – лактофильтрум; 10 – полисорб; 11 – торф 0,5–0,2 мм (85% масс.) + лактулоза (15% масс.); 12 – торф 0,5–0,2 мм (70% масс.) + лактулоза (30% масс.)

Как известно, верховой торф состоит из слаборазложившихся целлюлозных растительных остатков и, проходя через желудок, торфяные частицы также практически не подвергаются изменениям. В среде желудка важную роль в сорбции токсинов играют гуминовые вещества, входящие в состав торфа, которые усиливают сорбцию токсинов на поверхности торфяных частиц и препятствуют их десорбции [16]. Кроме того, размер торфяных частиц также играет роль в усилении перистальтики кишечника.

В модельном растворе с pH 2 (имитация среды желудка) наибольшая степень адсорбции маркера отмечена для обезжиренного торфа с частицами 0,5–0,2 мм (82,5 мг/г) и препарата полисорб (140 мг/г) (рис. 2).

При pH 7,5 (имитация среды 12-перстной кишки) среди образцов торфа максимальная АС наблюдалась у образцов неэкстрагированного торфа и у обезжиренного с частицами 0,2–0,1 и 0,5–0,2 мм. АС препарата полисорб составляла 245 мг/г (рис. 3).

В зависимости от выбранного значения pH (2 или 7,5) модельного раствора поверхность сорбента будет приобретать положительный или отрицательный заряд. Метиленовый синий относится к основным

красителям и в модельных растворах находится в катионной, ионизированной форме, поэтому необходимо учитывать эффекты электростатического взаимодействия, которые либо облегчают, либо подавляют сорбцию [17]. При рН 2 наблюдается эффект электростатического отталкивания положительно заряженной поверхности сорбента и катионов маркера, что «притормаживает» диффузию катионов в пористую структуру, чем объясняется снижение степени сорбции маркера при рН 2 [18]. Аналогичное влияние на сорбцию метиленового синего в различных модельных средах оказывают ионы кальция и магния, которые присутствуют в биологических средах желудка и кишечника. При повышении рН поверхность сорбента приобретает отрицательный заряд, и электростатическое притяжение между отрицательно заряженной поверхностью сорбента и катионами метиленового синего повышается, что облегчает сорбцию.

Анализируя представленные данные по АС исследуемых образцов обезжиренного торфа, можно сделать вывод, что наиболее эффективным для применения и последующей доработки является торф с частицами размером 0,5–0,2 мм, который имеет одновременно высокие показатели адсорбции при рН 2 и 7,5.

С целью улучшения эффективности применения торфяного энтеросорбента и придания ему дополнительных пребиотических свойств в состав исследуемой композиции был включен молочный сахар – лактулоза.

Лактулоза – дисахарид, молекула которого состоит из галактозы и фруктозы [19]. Лечебно-профилактические свойства лактулозы определяются тем, что она не переваривается в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта, а проходит транзитом в толстый кишечник, где создает питательную среду для роста и развития бифидо- и лактобактерий, т.е. является сильным специфическим стимулятором роста полезной микрофлоры кишечника. Утилизируя лактулозу бифидо- и лактобактерии, выделяют молочную кислоту, которая подавляет рост гнилостной и болезнетворной микрофлоры. Подавление роста болезнетворной микрофлоры приводит к формированию в организме мощного защитного фактора – нормальной микрофлоры кишечника, которая способствует нормализации обмена белков, жиров и углеводов, правильному всасыванию витаминов, микро- и макроэлементов, снижению гистаминов, регуляции всасывания холестерина, препятствует всасыванию слизистой оболочкой кишечника многих токсических веществ, защищая печень от тяжелой работы по их нейтрализации.

В нашем случае эффективность действия лактулозы будет обеспечиваться ее иммобилизацией на обезжиренном торфе и дозированной доставкой лактулозы на таком носителе на очищенную торфом от токсинов слизистую ткань с оставшимися лакто- и бифидобактериями. Таким образом будет обеспечиваться субстрат, которым должны питаться полезные бактерии.

Исследования АС полученной композиции из обезжиренного торфа с размером частиц 0,5–0,2 мм и лактулозы выявили ее высокие показатели по адсорбции маркерного вещества при рН 4,7 и 7,5, значительно превосходящие таковые для обезжиренного торфа без лактулозы и известного препарата лакто-фильтрум (рис. 1 и 3). Однако при рН 2 наблюдалось незначительное снижение АС данной композиции (рис. 2). Наилучшие показатели выявлены для образца со следующим соотношением компонентов: обезжиренный торф 85% масс., лактулоза 15% масс. Уменьшение АС при рН 2 не снижает эффективности применения предлагаемого энтеросорбента, так как основная часть заражений и заболеваний желудочно-кишечного тракта приходится на кишечные инфекции, и поглощение токсинов в кишечнике (при рН 7,5) является наиболее важным моментом [20–22].

Подобранные количественные соотношения компонентов являются оптимальными для проявления у энтеросорбента высоких адсорбционных свойств. В дальнейшем для комплексной оценки действия предложенного энтеросорбента предстоит выявить его пребиотические свойства – влияние на рост полезной кишечной микрофлоры.

Заключение

Таким образом, исследования адсорбционной способности верхового торфа, предварительно подвергнутого экстракции липидов, показали, что наибольшей эффективностью обладает композиция, состоящая из обезжиренного торфа с размером частиц 0,5–0,2 мм и 50%-ного водного раствора лактулозы в следующих соотношениях – 85 и 15% масс. соответственно. Данный образец энтеросорбента имеет наибольший показатель адсорбции в условиях, имитирующих среду 12-перстной кишки, значительно превосходящий таковой для известного, близкого по химической природе и составу коммерческого препарата в 3,6 раза.

Список литературы

1. Лукичев Б.Г., Цюра В.И., Панина И.Ю., Авизова Т.С. Энтеросорбция / под ред. Н.Я. Белякова. Л., 1991. 329 с.
2. Гаев П.А., Калев О.Ф., Коробкин А.В. Энтеросорбция как метод эфферентной терапии : учебное пособие. Челябинск, 2001. 56 с.
3. Николаев В.Г., Михаловский С.В., Гурина Н.М. Современные энтеросорбенты и механизмы их действия // Эффективная терапия. 2005. Т. 11. №4. С. 3–17.
4. Маркелов Д.А., Ницак О.В., Герашенко И.И. Сравнительное изучение адсорбционной активности медицинских сорбентов // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42, №7. С. 30–33.
5. Мазанкова Л.Н. Энтеросорбентные препараты // Фармакотерапия в детской гастроэнтерологии. М., 1998. С. 128–135.
6. Эшер У.Дж., Девис Т.А., Клейн Э. Сорбенты и их клиническое применение. Киев, 1989. 398 с.
7. Хотимченко Ю.С., Кропотов А.В. Применение энтеросорбентов в медицине // Тихоокеанский медицинский журнал. 1999. №2. С. 84–89.
8. Николаев В.Г., Михаловский С.В., Николаева В.В., Олещук А.М., Лисничук Н.Е. Энтеросорбция: состояние вопроса и перспективы на будущее // Вісник проблем біології і медицини. 2007. №4. С. 7–17.
9. Соколов Б.Н., Колесин В.Н., Ямпольский А.Л. Торф в народном хозяйстве. М., 1988. 268 с.
10. ГОСТ 28245.2-89. Методы определения ботанического состава и степени разложения. М., 1989.
11. Стадников Г.Л. Химия торфа. 2-е изд. М., 1932. 68 с.
12. Патент 2167669 (РФ). Композиция для приготовления лекарственной формы энтеросорбента, способ приготовления готовой лекарственной формы энтеросорбента и способ профилактики и лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта / А.В. Диковский, Л.В. Неумывакин. 27.05.2001.
13. Решетников В.И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37, №5. С. 28–32.
14. ГОСТ 4453-74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия. М., 1992. 32 с.
15. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. М., 1989. 304 с.
16. Перминова И.В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : дис. ... докт. хим. наук. М., 2000. 359 с.
17. Джайлс Ч., Ингрэм Б., Клюни Дж.И др. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. М., 1986. 488 с.
18. Веприкова Е.В., Щипко М.Л., Кузнецова С.А., Ковальчук Н.М., Кузнецов Б.Н. Сорбция органических веществ, моделирующих различные факторы интоксикации, энтеросорбентом из луба коры березы // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. №8. С. 239–247.
19. Лекарственные препараты и их применение (состав, свойства, применение, взаимодействие, противопоказания) : справочник / ред. С.К. Судаков. М., 1998. 423 с.
20. Учайкин В.Ф., Новокшенов А.А., Соколова Н.В. Энтеросорбция – эффективный метод этиопатогенетической терапии острых кишечных инфекций // Детские инфекции. 2005. №3. С. 39–43.
21. Учайкин В.Ф., Новокшенов А.А., Соколова Н.В., Бережкова Т.В. Энтеросорбция – роль энтеросорбентов в комплексной терапии острой и хронической гастроэнтерологической патологии. Пособие для врачей. М., 2008. 24 с.
22. Беляков Н.А., Михайлович В.А., Соломенников А.В., Умеров А.Х., Мирошниченко А.Г., Баубекова Н.А., Гриценко И.В., Шульга В.П. Проницаемость кишечника на фоне энтеросорбции при перитоните // Эфферентная терапия. 1995. Т. 1, №1. С. 44–48.

Поступило в редакцию 10 февраля 2012 г.

*Ivanov A.A.**, *Savelyeva A.V.*, *Yudina N.V.*, *Burkova V.N.* THE EVALUATION OF ADSORPTION CAPACITY OF MODIFIED PEAT ENTEROSORBENTS

Institute of petroleum chemistry SB RAS, pr. Akademicheskii, 4, Tomsk, (Russia), e-mail: ivanov@ipc.tsc.ru

The adsorption capacity of high-moor peat has been investigated. It was shown that the greatest efficiency has a composition consisting of fat-free peat with a particle size of 0,5–0,2 mm and 50% aqueous solution of lactulose in the following proportions – 85 and 15% wt. respectively. This modified powder preparation from peat does not yield to medical sorbent with similar chemical nature and composition in relation to adsorption of investigated marker.

Keywords: high-moor peat, extraction of lipids, lactulose, adsorption capacity.

* Corresponding author.

References

1. Lukichev B.G., Tsiura V.I., Panina I.Iu., Avizova T.S. *Enterosorbtsiia / pod red. N.Ia. Beliakova*. [Enterosorption. Ed. N.Y. Belyakov.]. Leningrad, 1991, 329 p. (in Russ.)
2. Gaev P.A., Kalev O.F., Korobkin A.V. *Enterosorbtsiia kak metod efferentnoi terapii : uchebnoe posobie*. [Enterosorption as a method of efferent therapy: a training manual.]. Chelyabinsk, 2001, 56 p. (in Russ.)
3. Nikolaev V.G., Mikhailovskii S.V., Gurina N.M. *Effektivnaia terapiia*, 2005, vol. 11, no. 4, pp. 3–17. (in Russ.)
4. Markelov D.A., Nitsak O.V., Gerashchenko I.I. *Khimiko-farmatsevticheski zhurnal*, 2008, vol. 42, no. 7, pp. 30–33. (in Russ.)
5. Mazankova L.N. *Farmakoterapiia v detskoj gastroenterologii*. [Pharmacotherapy in Pediatric Gastroenterology]. Moscow, 1998, pp. 128–135. (in Russ.)
6. Esher U.Dzh., Devis T.A., Klein E. *Sorbenty i ikh klinicheskoe primenenie*. [Sorbents and their clinical application]. Kiev, 1989, 398 p. (in Russ.)
7. Khotimchenko Iu.S., Kropotov A.V. *Tikhookeanski meditsinski zhurnal*, 1999, no. 2, pp. 84–89. (in Russ.)
8. Nikolaev V.G., Mikhailovskii S.V., Nikolaeva V.V., Oleshchuk A.M., Lisnichuk N.E. *Visnyk problem biologii i medycyny*, 2007, no. 4, pp. 7–17. (in Russ.)
9. Sokolov B.N., Kolesin V.N., Iampol'skii A.L. *Torf v narodnom khoziaistve*. [Peat in the national economy]. Moscow, 1988, 268 p. (in Russ.)
10. *GOST 28245.2-89. Metody opredeleniia botanicheskogo sostava i stepeni razlozheniia*. [GOST 28245.2-89. Methods for determining the botanical composition and degree of decomposition]. Moscow, 1989. (in Russ.)
11. Stadnikov G.L. *Khimiia torfa*. [Chemistry of peat]. Moscow, 1932, 68 p. (in Russ.)
12. Patent 2167669 (RU), 2001. (in Russ.)
13. Reshetnikov V.I. *Khimiko-farmatsevticheski zhurnal*, 2003, vol. 37, no. 5, pp. 28–32. (in Russ.)
14. *GOST 4453-74. Ugol' aktivnyi osvetliaiushchii drevesnyi poroshkoobraznyi. Tekhnicheskie usloviia*. [GOST 4453-74. Coal lightening active charcoal powder. specifications]. Moscow, 1992, 32 p. (in Russ.)
15. Lishtvan I.I., Bazin E.T., Gamaiunov N.I., Terent'ev A.A. *Fizika i khimiia torfa*. [Physics and chemistry of peat]. Moscow, 1989, 304 p. (in Russ.)
16. Perminova I.V. *Analiz, klassifikatsiia i prognoz svoistv gumusovykh kislot : dis. ... dokt. khim. nauk*. [Analysis, classification and prediction of properties of humic acids: the dissertation of the doctor of chemical sciences.]. Moscow, 2000, 359 p. (in Russ.)
17. Dzhails Ch., Ingrem B., Kliuni Dzh. *Adsorbtsiia iz rastvorov na poverkhnosti tverdykh tel*. [Adsorption from solutions on solid surfaces]. Moscow, 1986, 488 p. (in Russ.)
18. Veprikova E.V., Shchipko M.L., Kuznetsova S.A., Koval'chuk N.M., Kuznetsov B.N. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia*, 2010, no. 8, pp. 239–247. (in Russ.)
19. *Lekarstvennye preparaty i ikh primenenie (sostav, svoistva, primenenie, vzaimodeistvie, protivopokazaniia): spravochnik / ed. S.K. Sudakov*. [Drugs and their use (composition, properties, applications, interactions, contraindications): Guide. Ed. SK Sudakov]. Moscow, 1998, 423 p. (in Russ.)
20. Uchaikin V.F., Novokshonov A.A., Sokolova N.V. *Detskie infektsii*, 2005, no. 3, pp. 39–43. (in Russ.)
21. Uchaikin V.F., Novokshonov A.A., Sokolova N.V., Berezhkova T.V. *Enterosorbtsiia – rol' enterosorbentov v kompleksnoi terapii ostroi i khronicheskoi gastroenterologicheskoi patologii. Posobie dlia vrachei*. [Enterosorption – chelator role in the treatment of acute and chronic gastroenterological diseases. Manual for physicians]. Moscow, 2008, 24 p. (in Russ.)
22. Beliaikov N.A., Mikhailovich V.A., Solomennikov A.B., Umerov A.Kh., Miroshnichenko A.G., Baubekova H.A., Gritsenko I.V., Shul'ga V.P. *Efferentnaia terapiia*, 1995, vol. 1, no. 1, pp. 44–48. (in Russ.)

Received February 10, 2012