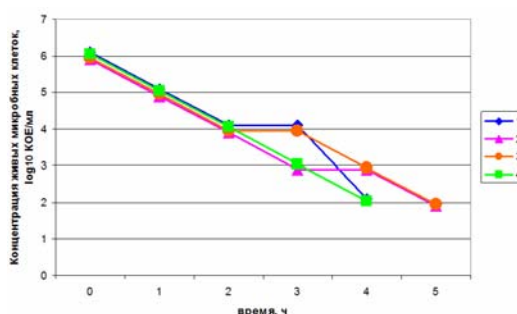


При накоплении у микроорганизмов мутаций резистентности к фторхинолонам происходит увеличение МИК, что может стать причиной неэффективности локальной антибактериальной терапии. В случае офлоксацина (Флоксал, «Др. Герхард Манн») выявлено, что концентрация 0,5 мкг/мл не приводит к снижению количества микробных клеток, а происходит увеличение их количества до  $10^7$  КОЕ/мл уже к четвертому часу инкубации. Это связано с тем, что концентрация 0,5 мкг/мл в

2 раза ниже МИК офлоксацина для исследуемой тест-культуры *P.aeruginosa* ATCC 27853. Концентрация 2 мкг/мл вызывает отмирание тест-культуры до уровня ниже определяемого ( $10^2$  КОЕ/мл) за 5 часов инкубации.

На рисунке 5 объединены данные по кинетике отмирания тест-культуры *P.aeruginosa* ATCC 27853 в присутствии исследуемых фторхинолонов в концентрации, в 4 раза превышающей МИК (4хМИК).



**Рисунок 5 — Кривые роста-отмирания *P.aeruginosa* в присутствии препаратов фторхинолонов в концентрации 4хМИК:**  
 1 — ципрофлоксацин 0,3 % («Белмедпрепараты»), 2 — офлоксацин 0,3 % (Флоксал, «Др. Герхард Манн»), 3 — левофлоксацин 0,5% («Белмедпрепараты»), 4 — левофлоксацин 0,5 % (Офтаквикс, «Santen»)

При стандартизации тестируемых концентраций препаратов фторхинолонов относительно минимальной ингибирующей концентрации определяются близкие кинетические профили отмирания тест-культуры, что может свидетельствовать об однотипности механизма действия фторированных хинолонов II-III поколений. Также не выявлено отличий в динамике отмирания микробных клеток в присутствии однотипных лекарственных препаратов различных производителей.

#### Заключение

Выявлена сходная микробиологическая эффективность препаратов фторхинолонов II-III поколения различных производителей в отношении чувствительных к ним изолятов *S.aureus* и *P.aeruginosa*. Показан быстрый дозозависимый бактерицидный эффект фторхинолонов в отношении тест-культуры *P.aeruginosa*. При назначении антибактериальной терапии при офтальмологических инфекциях необходимо учитывать более высокую активность фторхинолонов III и IV поколений в отношении стафилококков и внутриклеточных патогенов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Практическое руководство по антимикробной химиотерапии / под ред. Л. С. Страчунского, Ю. Б. Белоусова, С. Н. Козлова. — Смоленск: МАКМАХ, 2007. — 464 с.
2. Drlica, K. Mechanism of fluoroquinolone action / K. Drlica // Current Opinion in Microbiology. — 1999. — Vol 2. — P. 504–508.
3. Ogawa, G. S. The fluoroquinolones: New antibiotics in ophthalmology / G. S. Ogawa, R. A. Hyndiuk // International Ophthalmology Clinics. — 1993. — Vol. 33. — P. 59–68.
4. Pan, X. S. Cloning and characterization of the parC and parE genes of *Streptococcus pneumoniae* encoding DNA topoisomerase IV: role in fluoroquinolone resistance / X. S. Pan, L. M. Fisher // Journal of Bacteriology. — 1996. — Vol. 178. — P. 4060–4069.
5. Goldstein, M. H. Emerging fluoroquinolone resistance in bacterial keratitis: a 5-year review / M. H. Goldstein, R. P. Kowalski, Y. J. Gordon // Ophthalmology. — 1999. — Vol. 106, № 7. — P. 1313–1318.
6. In vitro susceptibilities of bacterial ocular isolates to fluoroquinolones / A. Graves [et al.] // Cornea. — 2001. — Vol. 20, № 3. — P. 301–305.
7. Davis, R. Levofloxacin: a review of its antibacterial activity, pharmacokinetics and therapeutic efficacy / R. Davis, H. M. Bryson // Drugs. — 1994. — Vol. 47. — P. 677–700.
8. North, D. S. Levofloxacin, a second-generation fluoroquinolone / D. S. North, D. N. Fish, J. J. Redington // Pharmacotherapy. — 1998. — Vol. 18. — P. 915–935.
9. Fish, D. N. Synergic activity of cephalosporins plus fluoroquinolones against *Pseudomonas aeruginosa* with resistance to one or both drugs / D. N. Fish, M. K. Choi, R. Jung // Journal of Antimicrobial Chemotherapy. — 2002. — Vol. 50. — P. 1045–1049.
10. Burgess, D. S. Activity of piperacillin/tazobactam in combination with amikacin, ciprofloxacin, and trovafloxacin against *Pseudomonas aeruginosa* by time-kill / D. S. Burgess, R. W. Hastings // Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. — 2000. — Vol. 38. — P. 37–41.

Поступила 14.02.2014

### УДК 543.422:536+541.124 ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И КИНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ АДсорбЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТАХ

В. А. Филиппова, А. В. Лысенкова, Л. В. Прищепова

Гомельский государственный медицинский университет

**Цель:** определение термодинамических и кинетических параметров адсорбции катионов ртути, свинца и никеля на энтеросорбентах различной природы, позволяющих сравнить эффективность энтеросорбентов в

связывании и выведении тяжелых металлов из разбавленных водных растворов, которые упрощенно можно рассматривать как модель биологических жидкостей человека.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлись энтеросорбенты, широко применяемые в клинической практике.

**Результаты.** Предложена математическая модель, описывающая кинетические и термодинамические параметры адсорбции катионов ртути, свинца и никеля энтеросорбентами. Рассчитанные параметры позволяют количественно оценить эффективность энтеросорбентов, широко применяемых в клинической практике, по выведению тяжелых металлов из модельных растворов.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, энтеросорбенты, адсорбция, ионный обмен, адсорбционная емкость.

## THERMODYNAMIC AND KINETIC APPROACH TO THE STUDY OF HEAVY METAL ADSORPTION ON DIFFERENT ENTEROSORBENTS

V. A. Filipova, A. V. Lysenkova, L. V. Prischepova

Gomel State Medical University  
Gomel State Medical University

**The goal of research:** to identify the thermodynamic and kinetic parameters of adsorption of mercury, lead and nickel cations on various enterosorbents which make it possible to compare their effectiveness in binding and excretion of heavy metals from dilute aqueous solutions, which can be regarded as a simplified model of human biological fluids.

**Materials and methods.** The subject of the study was enterosorbents that are widely applied in clinical practice.

**Results.** The article proposes a mathematical model representing the kinetic and thermodynamic parameters of the adsorption of mercury, lead and nickel cations on the enterosorbents. The calculated parameters can give a quantitative assessment to the effectiveness of the enterosorbents, widely used in clinical practice to remove heavy metals from model solutions.

**Key words:** heavy metals, enterosorbents, adsorption, ionic exchange, adsorption capacity.

### Введение

Главными антропогенными источниками поступления тяжелых металлов в окружающую среду являются предприятия по производству цветных металлов и сплавов, нефтепереработки, автомобильный транспорт, химическая промышленность, тепловые электростанции, работающие на угле, бытовые отходы [1]. Среди разнообразных загрязняющих веществ тяжелые металлы (в том числе ртуть, свинец, никель) и их соединения выделяются распространенностью, высокой токсичностью, а также способностью к накоплению в живых организмах.

Токсичность ртути и интоксикация (отравление) — это реальность, с которой приходится сталкиваться каждому жителю Земли. Ртуть принадлежит к числу тиоловых ядов, блокирующих сульфгидрильные группы белковых соединений и этим нарушающих белковый обмен и ферментативную деятельность организма. Особенно сильно она поражает нервную и выделительную системы. Установлено, что наряду с общетоксическим действием, ртуть и ее соединения вызывают гонадотоксический (воздействие на половые органы), эмбриотоксический (воздействие на зародышей), тератогенный (пороки развития и уродства), мутагенный (возникновение наследственных заболеваний) эффекты. Есть сведения о возможной канцерогенности неорганической ртути [2]. Техногенная деятельность человека привела к накоплению ртути и ее соединений в атмосфере, в почве, в озерах, реках и океанах.

Проблема «свинец и здоровье человека» является одной из наиболее актуальных проблемой современной медицинской и гигиенической науки [3]. Ее значение обусловлено широким использованием свинца и его соединений во всех отраслях промышленности и его лидирующим положением среди экотоксикантов, загрязняющих практически все составляющие биогеоценоза. Именно с накоплением свинца в окружающей среде и его повышенным поступлением в организм все чаще связывают ухудшение здоровья современного человека. Свинец — рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Из атмосферы океан получает 20–30 тысяч тонн свинца в год с континентальной пылью.

Никель является высокотоксичным и канцерогенным микроэлементом. Порог его токсичности для организма человека составляет 20 мг/день. Токсическая доза для человека — 50 мг. Летальная доза не определена. При накоплении никеля в организме отмечаются носовые кровотечения, развивается «никелевая экзема» и «никелевая чесотка» [4].

Загрязнение биосферы тяжелыми металлами привело к необходимости поиска эффективных способов очистки биосистем от них и их соединений. Благодаря особенностям механизма действия, энтеросорбенты нашли широкое применение как надежный метод детоксификации организма, в том числе его очистки от

тяжелых металлов [5, 6, 7]. Эффективность энтеросорбентов зависит от площади их активной поверхности, адсорбционной емкости, селективности по отношению к поглощаемому веществу, а также от целого ряда других параметров [8, 9]. Классификация энтеросорбентов выполняется:

- по лекарственной форме — гранулы (угли), порошки (карболоен, холестирамин, повидон), таблетки, пасты, пищевые добавки (пектины, хитин);
- по химической структуре — угли активированные, алюмосиликаты, алюмогель, оксидные сорбенты, органоминеральные и композиционные, пищевые волокна;
- по механизмам сорбции — адсорбенты, абсорбенты, ионообменные материалы, сорбенты с катаболическими свойствами, сорбенты с сочетанными механизмами;
- по селективности — селективные, моно-, би-, полифункциональные, неселективные (угли активированные, природные препараты — лигнин, хитин, целлюлоза).

В последнее время энтеросорбенты стали классифицировать по времени их появления на рынке медицинских услуг. Различают энтеросорбенты нескольких поколений:

- первое поколение — угольные сорбенты;
- второе поколение — полимерные сорбенты и сорбенты из природных глин;
- третье поколение — кремниевые, в том числе гидрогелевые;
- четвертое поколение — кремниевые сверхвысокодисперсные (например, белый уголь).

### Цель работы

Определение термодинамических и кинетических параметров адсорбции катионов ртути, свинца и никеля на энтеросорбентах различной природы, позволяющих сравнить эффективность энтеросорбентов в связывании и выведении тяжелых металлов из разбавленных водных растворов, которые упрощенно можно рассматривать как модель биологических жидкостей человека.

### Материал и методы

Объектом исследования являлись энтеросорбенты, широко применяемые в клинической практике:

- активированный уголь;
- белый уголь, основным компонентом которого служит  $\text{SiO}_2$ ;
- микроцеллюлоза;
- энтеросгель;
- полипепфан, активным компонентом которого является лигнин.

Данные энтеросорбенты относятся к различным поколениям (активированный уголь — к первому, все остальные — к четвертому). Изученные энтеросорбенты имеют различную химическую структуру, различные площади активной поверхности и другие физико-химические параметры. В частности, они отличаются по механизмам поглощения адсорбатов (активированный уголь — адсорбент, а для других энтеросорбентов характерен сочетанный механизм действия). Сравнительная характеристика изучаемых энтеросорбентов представлена в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительная характеристика энтеросорбентов

| Торговое название препарата | Международное непатентованное название и форма выпуска            | Площадь активной поверхности на 1 г сорбента | Рекомендуемые дозировки   |
|-----------------------------|---|--|---|
| Уголь активированный        | Уголь активированный, порошок и таблетки                          | 1,5–2 м <sup>2</sup>                         | При отравлениях по 20–30 г на прием в виде взвеси в воде  |
| Полипепфан                  | Лигнин гидролизный; порошок, гранулы, таблетки                    | 40 м <sup>2</sup>                            | 0,5–1 г/кг в 3 приема   |
| Энтеросгель                 | Полиметилсилоксана полигидрат (гидрогель метилкремниевой кислоты) | 150 м <sup>2</sup>                           | 22,5 г 3 раза в сутки или по 1–2 капсулы  |
| Микроцеллюлоза              | Сверхвысокодисперсная микроцеллюлоза                              | Около 400 м <sup>2</sup>                     | 150 мг/кг 3–4 раза в сутки (в сложных случаях доза может быть увеличена в 2 раза)               |
| Белый уголь                 | Сверхвысокодисперсный диоксид кремния (кремнезем). БАД            | 400 м <sup>2</sup>                           | Суспензия: 100 мг/кг в сутки в 3–4 приема<br>Таблетки: 1,9–3,4 г (3–4 таблетки 3–4 раза в день) |

Адсорбция токсичных металлов выполнялась из растворов с различной начальной концентрацией их ионов (0,05; 0,10; 0,15 и 0,20 моль/л). Масса адсорбента соответствовала рекомендуемым дозировкам. Время завершения эксперимента устанавливалось по времени достижения адсорбционного равновесия. Кинетика сорбционного процесса определялась путем отбора проб через фиксированные отрезки времени с последующим анализом концентрации ионов никеля, ртути и свинца в отобранных пробах.

Их содержание определялось методом комплексонометрического титрования [10].

Кинетика адсорбции тяжелых металлов удовлетворительно описывается параболическим уравнением, имеющим сходство с уравнением Фрейндлиха [11]:

$$a = k \tau^{\frac{1}{n}},$$

где:  $a$  — адсорбция металла, моль/г,  $k$  — константа скорости адсорбции;

$\tau$  — время, мин,  $n$  — параметр уравнения Фрейндлиха, определяемый графически.

Логарифмическое преобразование данного уравнения позволило рассчитать кон-

станты скорости адсорбции в графическом виде (рисунок 1).

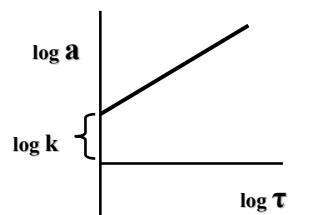


Рисунок 1 — Графическое определение константы скорости адсорбции тяжелых металлов

На основе полученных кинетических данных были определены термодинамические параметры адсорбции. Для описания адсорбции металлов из разбавленных водных растворов при комнатной температуре было использовано уравнение Ленгмюра [11].

$$a = a_{\max} \frac{K_c}{K_c + 1},$$

где:  $K$  — константа адсорбционного равновесия, которая характеризует сродство адсорбата к сорбенту,  $a_{\max}$  — максимальная адсорбция, которая характеризует поглотительную способность энтеросорбента (его адсорбционную емкость);

$C$  — концентрация катионов металла в модельном растворе, моль/л.

Линейное преобразование уравнения Ленгмюра дает возможность рассчитать эти параметры в графическом виде (рисунок 2).

Адсорбция рассчитывается как величина, обратная длине отрезка  $\ell$  ( $a = 1/\ell$ ), а константа адсорбционного равновесия — как величина, обратная длине отрезка  $m$  ( $K = 1/m$ ).

**Результаты и обсуждение**

Изучение динамики выведения катионов ртути, свинца и никеля из модельных растворов позволило рассчитать кинетические параметры сорбционного процесса и оценить скорость адсорбции, время достижения адсорбционного равновесия, а также степень извлечения тяжелых металлов. Полученные данные представлены в таблице 2.

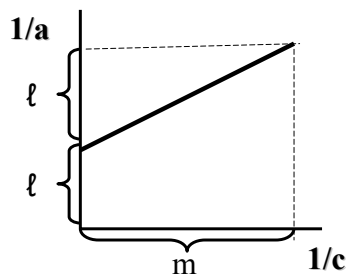


Рисунок 2 — Линейное преобразование уравнения Ленгмюра

Таблица 2 — Кинетические параметры адсорбции ртути, свинца и никеля на различных энтеросорбентах

| Энтеросорбенты       | Константы скорости адсорбции, $k \times 10^4$ , мин <sup>-1</sup> |        |        | Время установления адсорбционного равновесия, мин |        |        | Степень извлечения, % |        |        |
|----------------------|---|--------|--------|---|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
|                      | ртуть   | свинец | никель | ртуть   | свинец | никель | ртуть                 | свинец | никель |
| Активированный уголь | 4,47  | 14,8   | 2,24   | 15  | 20     | 30     | 50,0                  | 79,0   | 17,0   |
| Белый уголь          | 4,10  | 5,12   | 0,25   | 40  | 20     | 40     | 56,8                  | 40,5   | 13,0   |
| Микроцеллюлоза       | 0,38  | 10,2   | 1,90   | 50  | 20     | 40     | 90,0                  | 59,0   | 7,00   |
| Энтеросгель          | 13,5  | 3,01   | 1,80   | 40  | 40     | 40     | 60,0                  | 20,0   | 6,00   |
| Полифепан            | 0,57  | 3,81   | 0,447  | 50  | 45     | 70     | 88,1                  | 25,0   | 5,00   |

*Примечание.* При экспериментальном определении адсорбции каждого металла проводили 5 измерений. Относительная ошибка составила менее 5 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что быстрее всего процесс адсорбции катионов свинца и никеля протекает на активированном угле. Именно этому энтеросорбенту соответствуют

максимальные значения констант адсорбции указанных металлов ( $14,8 \times 10^4$  и  $2,24 \times 10^4$  мин<sup>-1</sup> соответственно), а также минимальное время установления адсорбционного равновесия (20 и 30 мин).

Ртуть с максимальной скоростью адсорбируется на поверхности энтеросгеля (константа скорости адсорбции и время достижения адсорбционного равновесия составляют, соответственно,  $13,5 \times 10^{-4}$  мин<sup>-1</sup> и 40 минут), а вот по скорости поглощения свинца и никеля энтеросгель существенно уступает другим энтеросорбентам. Белый уголь может быть использован для быстрого выведения из модельных растворов катионов ртути и свинца (константы скорости  $4,10 \times 10^{-4}$  и  $5,12 \times 10^{-4}$  мин<sup>-1</sup>), но скорость адсорбции катионов никеля на его поверхности крайне мала (константа скорости  $0,25 \times 10^{-4}$  мин<sup>-1</sup>). Микроцеллюлоза с высокой скоростью выводит из растворов только свинец (константа скорости  $10,2 \times 10^{-4}$  мин<sup>-1</sup>), но не эффективна для адсорбции ртути и никеля. Полифепан достаточно быстро выводит из растворов свинец (константа скорости адсорбции  $3,81 \times 10^{-4}$  мин<sup>-1</sup>), а вот адсорбция ртути и никеля протекает на его поверхности медленно, о чем кроме низких значений констант скорости адсорбции свидетельствует высокое время достижения равновесия.

Между скоростью адсорбции и степенью извлечения свинца и никеля из модельных растворов существует ярко выраженная взаимосвязь: чем быстрее протекает сорбционный процесс, тем выше степень поглощения указанных металлов энтеросорбентами из модельного раствора. Интересно отметить, что для ртути такая закономерность не наблюдалась; максимальные степени извлечения катионов ртути имели место на микроцеллюлозе и полифепане — сорбентах, выводящих ртуть со сравнительно низкой скоростью.

Если кинетические параметры характеризуют, главным образом, скорость выведения тяжелых металлов из модельных водных растворов, то термодинамические параметры процесса позволяют оценить адсорбционную емкость энтеросорбентов и их сродство к каждому из изучаемых токсикантов. Термодинамические параметры адсорбции ртути, свинца и никеля на энтеросорбентах различных типов представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Термодинамические параметры адсорбции ртути, свинца и никеля на энтеросорбентах различных типов

| Энтеросорбенты       | Максимальная адсорбция, $a_{\max} \times 10^3$ , моль/г |        |        | Константа адсорбционного равновесия, К |        |        |
|----------------------|---|--------|--------|--|--------|--------|
|                      | ртуть   | свинец | никель | ртуть                                  | свинец | никель |
| Активированный уголь | 16,7  | 21,0   | 12,5   | 13,8                                   | 44,1   | 0,92   |
| Белый уголь          | 8,33  | 17,0   | 3,7    | 0,80                                   | 12,5   | 0,63   |
| Микроцеллюлоза       | 42,7  | 20,0   | 3,6    | 22,5                                   | 13,1   | 0,80   |
| Энтеросгель          | 10,9  | 12,5   | 2,6    | 17,0                                   | 8,23   | 0,36   |
| Полифепан            | 55,6  | 4,21   | 1,4    | 12,5                                   | 4,70   | 0,30   |

*Примечание.* При экспериментальном определении адсорбции каждого металла проводили 5 измерений. Относительная ошибка составила менее 5 %.

Активированный уголь и микроцеллюлоза, имеющие различную химическую структуру, обладают наибольшей адсорбционной емкостью по отношению к катионам свинца. Значения максимальной адсорбции свинца на указанных сорбентах почти не отличаются друг от друга ( $21,0 \times 10^{-3}$  и  $20,0 \times 10^{-3}$  моль/г). Однако активированный уголь отличается от микроцеллюлозы более высоким сродством к данному металлу (константы адсорбционного равновесия составляют 44,1 и 13,1 соответственно). Самое низкое значение адсорбционной емкости к свинцу характерно для полифепана (максимальная адсорбция составляет  $4,21 \times 10^{-4}$  моль/г). Этому же энтеросорбенту соответствует самое низкое значение константы адсорбционного равновесия (всего 4,70).

Термодинамические данные подтверждают высокую эффективность активированного угля в связывании и выведении катионов никеля из водных растворов. Данному сорбенту соответствуют самые высокие значения максимальной адсорбции ( $12,5 \times 10^{-3}$  моль/г) и константы адсорбционного равновесия (0,92). Высокая

поглотительная способность отличает и белый уголь, однако по сравнению с активированным углем его адсорбционная емкость почти в три раза ниже. Низкая поглотительная способность и невысокое сродство к никелю было выявлено у энтеросгеля и полифепана.

Приведенные данные убедительно доказывают, что микроцеллюлоза и полифепан обладают максимальной поглотительной способностью по отношению к катионам ртути. Им соответствуют как наивысшие значения максимальной адсорбции ( $42,7 \times 10^{-3}$  и  $55,6 \times 10^{-3}$  моль/г соответственно), так и самые высокие значения константы адсорбционного равновесия (22,5 и 12,5). Наименее эффективным из изученных энтеросорбентов оказался белый уголь, максимальная адсорбция катионов ртути составила лишь  $8,33 \times 10^{-3}$  моль/г. Этот же сорбент отличается низким сродством к данному металлу (константа адсорбционного равновесия составляет 0,80).

#### **Заключение**

Предложена математическая модель, описывающая кинетические и термодинамические

параметры адсорбции катионов ртути, свинца и никеля энтеросорбентами. Рассчитанные параметры позволяют количественно оценить эффективность энтеросорбентов, широко применяемых в клинической практике, по выведению тяжелых металлов из модельных растворов. Наиболее эффективными энтеросорбентами оказались активированный уголь и микроцеллюлоза, отличающиеся высокой адсорбционной емкостью и высоким сродством к катионам свинца и никеля, а также полифепан, имеющий высокое сродство к катионам ртути. Можно предположить, что именно эти энтеросорбенты могут обеспечить эффективную детоксикацию содержащего ЖКТ при избыточном поступлении тяжелых металлов и их соединений в организм человека.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисичкин, Г. В. Человек и среда его обитания / Г. В. Лисичкин, Н. Н. Чернов. — М.: Мир, 2003. — 375 с.
2. Зырин, Н. Г. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Н. Г. Зырин. — М.: МГУ, 1985. — 208 с.
3. Колесников, С. И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. — Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2000. — 89 с.
4. Добровольский, В. В. Тяжелые металлы в окружающей среде. Загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия / В. В. Добровольский. — М.: МГУ, 1980. — 413 с.
5. Трахтенберг, И. М. Применение пектинсодержащих энтеросорбентов при воздействии радионуклидов и тяжелых металлов / И. М. Трахтенберг, В. А. Метенко, И. Б. Деревяло // Врачебное дело. — 1992. — № 5. — С. 29–32.
6. Энтеросорбция / под ред. Н. А. Белякова. — Л., 1991. — 336 с.
7. Хотимченко, Ю. С. Энтеросорбенты для больных и здоровых / Ю. С. Хотимченко, А. В. Кропотов // Мед. фарм. вестн. Приморья. — 1998. — № 4. — С. 99–107.
8. Охотникова, Е. Н. Использование энтеросорбента Белый уголь при аллергических заболеваниях у детей: результаты собственных исследований / Е. Н. Охотникова // Современная педиатрия. — 2009. — № 4 (26). — С. 30–35.
9. Горелов, А. В. Современный взгляд на проблему энтеросорбции. Оптимальный подход к выбору препарата / А. В. Горелов, Н. И. Урсова // Русский медицинский журнал. — 2003. — № 3. — С. 18–24.
10. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика) / Ю. Я. Харитонов. — М.: Высш. шк., 2001. — С. 179–219.
11. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. — М.: Химия, 1976. — С. 107–109.

Поступила 06.12.2013

УДК 615.468.6:541.64 ]: 615.372

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ШОВНОГО МАТЕРИАЛА С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПОЛИ-ПАРА-КСИЛИЛЕНА

Д. Н. Бонцевич

Гомельский государственный медицинский университет

**Цель:** оценить токсичность шовного материала на основе полиамида с поли-пара-ксилиленовым (ППК) покрытием.

**Материалы и методы.** Исследовался обычный полиамидный шовный материал и шовный материал с поли-пара-ксилиленовым покрытием. Определялась острая токсичность шовного материала «in vitro». Использовались методики воздействия вытяжек на эритроциты человека и сперматозоиды быка. Токсическое воздействие полимерных материалов хирургических нитей изучалось на вытяжках, полученных из них на 3-и и 10-е сутки.

**Результаты.** При проведении гемолитического теста было установлено, что процент гемолиза во всех пробах менее 1 %. Это свидетельствует об отсутствии гемотоксического воздействия продуктов гидролиза исследуемого шовного материала. При проведении теста на цитотоксичность в отношении половых клеток крупного рогатого скота индекс токсичности приближался к 1, что свидетельствует об отсутствии цитотоксичности шовного материала.

**Заключение.** Вытяжки из шовного материала из полиамида с ППК-покрытием и без него не обладают гемолитическим действием и не оказывают токсического воздействия на половые клетки крупного рогатого скота.

**Ключевые слова:** полиамидные хирургические нити, нити с ППК-покрытием, острое токсическое воздействие, тест на гемотоксичность, тест на цитотоксичность.

## TOXICITY OF SUTURE MATERIAL WITH POLY-P-XYLYLENE COATING

D. N. Bontsevich

Gomel State Medical University

**The goal of research:** to assess the toxicity of suture material based on polyamide with poly-p-xylylene coating.

**Material and method:** Common polyamide suture material and that with poly-p-xylylene coating were studied. The acute toxicity of suture material was identified «in vitro». We used the methods of extracts effect on human erythrocytes and bull spermatozooids. The toxic effect of the polymeric material of surgery threads was studied on the extracts obtained on the third and tenth days.

**The results:** The hemolytic test showed that the percentage of hemolysis in all the tests was less than 1 %. It indicates that the suture material has no hemotoxic effect of hydrolysis products. The cytotoxicity test on the livestock sperm cells revealed the toxicity index being 1, which indicates the absence of cytotoxicity of the suture material.

**Conclusion.** The extracts from the polyamide suture and that with poly-p-xylylene coating have no hemolytic effect and do not have a toxic impact on the bulls sperm cells.

**Key words:** polyamide surgical threads, threads with poly-p-xylylene coating, acute toxicity, hemolytic test, cytotoxicity test.