

*Клиническая медицина*

**КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ  
ЙОДА РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ХИРУРГИИ**

**Чернышева А.Р., Мисевич А.А.**

*Гомельский государственный медицинский университет, кафедра  
хирургических болезней № 3, кафедра общей, биоорганической и биологической химии  
г. Гомель*

**Ключевые слова:** адсорбция, шовный материал, адсорбционная ёмкость.

**Резюме:** в работе дана кинетическая и термодинамическая характеристика адсорбции йода на шовных материалах, широко применяемых в хирургии

**Resume:** in the article the authors give the kinetic and thermodynamic characteristics of iodine adsorption on suture materials widely used in surgery.

**Актуальность.** Проблема использования новых материалов в различных областях представляет большой интерес для практической медицины. Исследования в области материалов медицинского назначения выступают одним из актуальных направлений медицинской науки, соответствуют задачам ее развития. Ассортимент и области применения волокнистых материалов чрезвычайно велики и постоянно расширяются. Полезные свойства материалов из углеродного волокна представляют широкие возможности применения в медицине. Углеродная нить «Урал» производства ОАО «СветлогорскХимволоконо» производится на основе вискозы. По структуре волокна является полифиламентной крученой нитью. Углеродное волокно чрезвычайно устойчиво к воздействию химических веществ и крайне тяжело вступает в химические реакции. Активированное углеволокно применяется в процессах сорбции благодаря большому количеству пор на поверхности нити. Высокие адгезивные качества позволяют насыщать волокна биологически активными веществами. Резорбция активных веществ в окружающие ткани позволяет поддерживать концентрацию, необходимую для воздействия на биологические процессы

**Цель:** данной исследовательской работы было создание математической модели адсорбции йода на разных видах шовного материала, которые широко применяются в современной хирургии. Модель включает термодинамические и кинетические параметры адсорбционного процесса.

**Задачи:** Дать термодинамическую и кинетическую характеристики адсорбции йода из растворов на трех видах шовных материалов: нить шелковая с фиброином, капроновая хирургическая нить и углеродной нитью.

**Материал и методы.** Настоящее исследование выполнялось на базах кафедры хирургических болезней №3 и кафедры общей, биоорганической и биологической химии Гомельского государственного медицинского университета.

*Клиническая медицина*

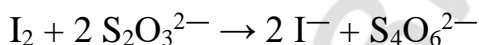
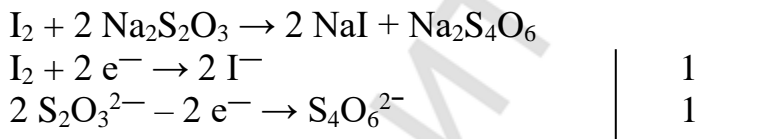
Эксперименты выполнялись *in vitro*. Адсорбция йода шовным материалом изучалась с использованием методики «Определение йодактивных соединений», разработанной Федеральным государственным учреждением науки "НИИ дезинфектологии" Роспотребнадзора и кафедрой дезинфектологии ММА им. И. М. Сеченова [3].

В качестве сорбента был использован шовный материал: нить шелковая с фиброином, капроновая хирургическая нить и нить из углеродного материала.

Изучение адсорбции йода из растворов состоял в определении концентрации исходного раствора сорбируемого соединения, встряхивании 10 см анализируемой хирургической нити с раствором в течение времени, требуемого для установления адсорбционного равновесия. Кинетика адсорбции йода изучалась путем периодического отбора проб из растворов через определённые интервалы (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 мин) и последующем определении концентрации йода, оставшегося не адсорбированным. В предварительных экспериментах определяли время установления равновесия в системе хирургическая нить – раствор йода.

Анализ содержания йода использовался метод йодометрического титрования (йодометрия). Сущность метода заключается в обратном титровании йода раствором тиосульфата натрия. Сущность обратного титрования заключается в добавлении к анализируемому шовному материалу точно известного избытка раствора йода с последующим определением его остатка, не вступившего в реакцию, с помощью раствора тиосульфата натрия.

Основной титриметрической реакцией в методе йодометрии является взаимодействие раствора йода с рабочим раствором натрий тиосульфата:



В качестве индикатора в йодометрии используется водный раствор крахмала, который образует с молекулярным йодом йодкрахмальное соединение синего цвета. При титровании восстановителей рабочим раствором йода точка эквивалентности определяется по появлению интенсивно-синего окрашивания. При титровании раствором натрий тиосульфата конец реакции определяется по исчезновению синей окраски от одной капли раствора натрий тиосульфата. Крахмал необходимо добавлять в самом конце титрования, когда йода в растворе становится мало и раствор приобретает соломенно-желтый цвет [4, 5].

**Результаты и их обсуждение.** Статическую адсорбционную емкость адсорбента (А, моль/м) вычисляли по формуле:

$$A = \frac{C_0 - C}{l} V$$

где  $C_0$  и  $C$  – исходная и конечная концентрации йода в растворе, моль/л;

Клиническая медицина

V – объем раствора, л;  
l – дна хирургической нити, м.

Порядок реакции рассчитывали путем аппроксимации зависимости начальной скорости реакции от начальной концентрации йода по уравнению [2, с. 715]:

$$\ln v = \ln k + n \ln C ,$$

где v – скорость реакции;

k – константа скорости реакции;

n – порядок реакции по исследуемому реагенту;

C – концентрация реагента, моль/л.

На рисунке 1 представлены кинетические кривые адсорбции йода на изучаемых образцах шовного материала.

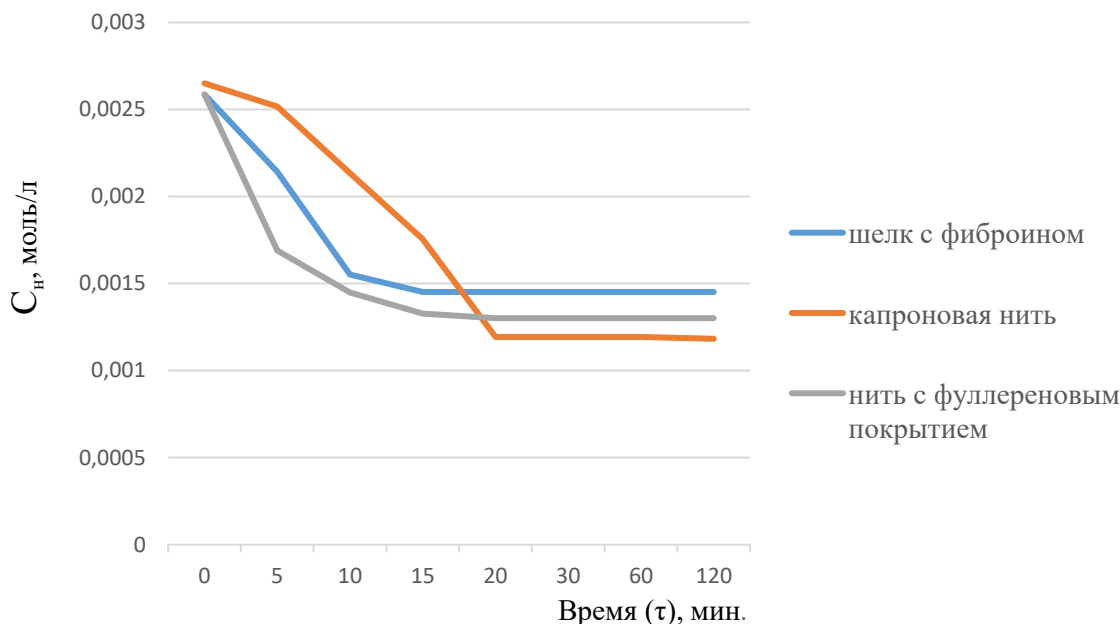
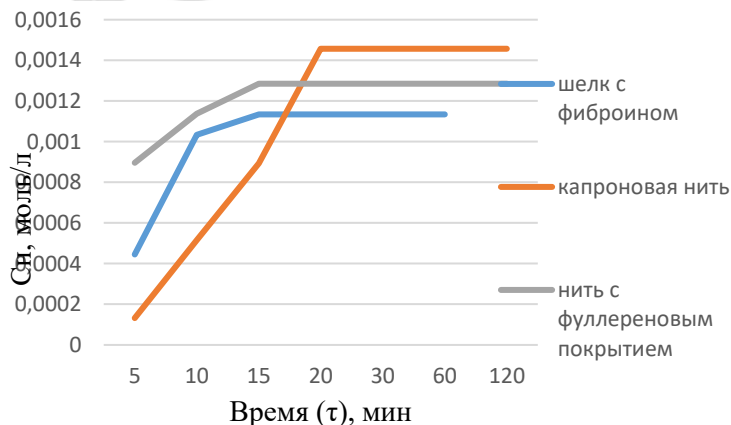


Рис.1 - Кинетические кривые адсорбции йода из анализируемого раствора разными типами хирургических нитей

На рисунке 2 представлены изотермы сорбции йода из анализируемого раствора изучаемыми образцами шовного материала.



*Клиническая медицина*

**Рис. 2** - Кинетические кривые сорбции йода из анализируемого раствора различными образцами шовных нитей

Полученные данные адсорбции йода из анализируемых растворов, протекающей при комнатной температуре (20-22°C), удовлетворительно описывается уравнением Ленгмюра [1, 6]:

$$\Gamma = \Gamma_{max} \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C},$$

где  $\Gamma$  – адсорбция

$\Gamma_{max}$  – предельная адсорбция

$K$  – константа адсорбционного равновесия

$C$  – концентрация реагента, моль/л.

Аппроксимацией экспериментальных данных методом наименьших квадратов были определены оба постоянных параметра изотермы Ленгмюра ( $\Gamma_{max}$ ,  $K$ ) по уравнению [1, 2]:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{max}} + \frac{1}{K \cdot \Gamma_{max}} \cdot \frac{1}{C},$$

которые приведена в таблице 1.

**Табл.1** – Параметры уравнений изотермы адсорбции, 22°C;  $M \pm \sigma$  (где  $M$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение)

Шовный материал	$\Gamma_{max}$ , моль/м	$K$
Шелк с фиброином	$1,134 \cdot 10^{-4} \pm 0,450 \cdot 10^{-4}$	$71,94 \pm 2,03$
Капроновая нить	$1,457 \cdot 10^{-4} \pm 0,772 \cdot 10^{-4}$	$101,0 \pm 3,66$
Углеродная нить	$1,285 \cdot 10^{-4} \pm 0,0134 \cdot 10^{-4}$	$20,16 \pm 1,02$

Наибольшие значения  $\Gamma_{max}$  и  $K$  позволяют судить о высокой адсорбции капроновой нитью и высоком сродстве йода к капроновому шовному материалу.

Полученные данные позволили определить порядок реакции адсорбции йода, для чего была рассмотрена зависимость логарифма скорости адсорбции от логарифма концентрации йода в анализируемом растворе. Было установлено, что адсорбция йода изучаемыми типами шовных материалов является процессом первого порядка. В ходе исследования были определены кинетические характеристики процесса адсорбции йода (таблица 2).

**Табл. 2.** – Кинетически параметры адсорбции йода из анализируемых растворов некоторыми шовными материалами, 22°C;  $M \pm \sigma$  (где  $M$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение)

Шовный материал	Константа скорости адсорбции, мин <sup>-1</sup>	Константа скорости десорбции	Время наступления равновесия, мин.
Шелк с фиброином	$0,044 \pm 0,008$	$6,116 \cdot 10^{-4} \pm 0,505 \cdot 10^{-4}$	10-15

*Клиническая медицина*

Капроновая нить	0,019±0,017	$1,881 \cdot 10^{-4} \pm 0,890 \cdot 10^{-4}$	20-30
Углеродная нить	0,063±0,098	$3,125 \cdot 10^{-3} \pm 0,111 \cdot 10^{-3}$	15-20

Адсорбция йода из раствора динамически уравновешена процессом десорбции. Динамическое равновесие между процессами адсорбции и десорбции быстрее всего устанавливается в растворе с углеродной нитью, но стоит отметить, что кинетические параметры свидетельствуют и об низком сродстве йода к данному шовному материалу.

**Выводы:** 1. Изучены кинетические и термодинамические характеристики адсорбции йода из растворов на трех видах шовных материалов: нить шелковая с фиброином, капроновая хирургическая нить и углеродной нитью. Полученные данные позволили не только качественно, но и количественно оценить адсорбционные процессы; 2. Наибольшей адсорбционной активностью обладает капроновая хирургическая нить, также данный вид шовного материала характеризуется высоким сродством к йоду. Углеродная нить быстро адсорбирует йод в условиях эксперимента, но также и наиболее быстро десорбирует данное вещество.

**Литература**

1. Киселев, В. Я., Комаров, В. М. Адсорбция на границе раздела твердое тело – раствор: учеб. пособие // Киселев В. Я., Комаров В. М. — М. : МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2005. — 81с.
2. Левченко, С. И. [Электронный ресурс] // Физическая и коллоидная химия. 4.1.4 Поверхностные явления и адсорбция. // Режим доступа: [http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/PCC/Colloids\\_3.htm](http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/PCC/Colloids_3.htm). — Дата доступа : 28.05.2018.
3. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. Р 4.2.2643-10 [Электронный ресурс]. // Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200086231>. — Дата доступа : 14.05.2018.
4. Михеева, Е. В. Коллоидная химия: учеб. пособие / Е. В. Михеева, Н. П. Пикула, А. П. Асташкина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013 – 2-е изд.; перераб. и доп.. — 184с.
5. Никольский Б. П. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство: учеб. пособие для вузов / Под ред. акад. Б. П. Никольского. – Л. : Химия, 1987. — 880с.
6. Пальтиель, Л. Р. [Электронный ресурс]. / Коллоидная химия. 8. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра // Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/080/25080/files/nwpi173.pdf>. – Дата доступа : 31.05.2018.