

УДК 543.23

## РАЗРАБОТКА УПРОЩЕННОГО ВАРИАНТА КИНЕТИЧЕСКОГО «ЖЕЛЕЗО-РОДАНИДНОГО» МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ ЙОДА

*Л.А. Дейнека, В.В. Опанасенко,  
А.В. Туртыгин, В.И. Дейнека  
г. Белгород*

Йод является жизненно необходимым микроэлементом для человека и животных. Основная роль йода – участие в образовании гормонов щитовидной железы (тиреоидных гормонов). Эти гормоны – тетраiodтиронин и трийодтиронин – являются соответственно тетра- и трийодированными производными тиронина [1]. Роль тиреоидных гормонов трудно переоценить. В организме нет такого органа или системы, которые бы в них не нуждались. Гормоны щитовидной железы необходимы и для нормального развития человека. Роль гормонов щитовидной железы крайне велика для организма людей. Недостаточная выработка этих гормонов, связанная с дефицитом поступающего в организм йода, может привести к нарушению ряда процессов в организме.

Проблема нехватки йода является одной из важнейших проблем во многих районах мира, включая и Белгородскую область. В 70% густонаселенных территорий России имеется недостаток йода в воде, почве и продуктах питания местного происхождения. Относительное благополучие наблюдается только в регионах с большим потреблением морепродуктов. По этой причине контроль содержания йода в продуктах остается важнейшей задачей аналитической химии. Проблема осложняется тем, что йод относится к микроэлементам (организму человека в сутки необходимо около 150 мкг йода на 1 кг массы, для беременных женщин – почти вдвое больше 250 мкг), что требует высокой чувствительности методик. К высокочувствительным методам определения йода относятся кинетические методы, основанные на каталитической активности йода в ряде реакций [2-5]. Нами выбрана для дальнейшей работы «железо-роданидная» методика в модификации Яцимирского и сотр. [4].

Цель настоящей работы – разработка упрощенной модификации «железо-роданидной» кинетической методики определения йода.

### Экспериментальная часть

**Приготовление растворов.** В работе использовали следующие реактивы.

Железо-аммонийные квасцы –  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , марки «х.ч.». Концентрация исходного раствора  $4 \cdot 10^{-2}$  М. Для приготовления раствора навеску массой 9,6436 г взвешивали на аналитических весах и количественно переносили в мерную колбу на 500 мл, туда же добавляли 10 мл концентрированной серной кислоты, после полного растворения доводили объем в колбе до метки и перемешивали.

Роданид калия (KSCN) из фиксанала. Стандартный раствор роданида калия (0,1 М) делали из фиксанала. Рабочий раствор ( $1,5 \cdot 10^{-3}$  М) готовили разбавлением стандартного раствора: 15 мл стандартного раствора помещали в мерную колбу на 1000 мл, доводили до метки водой и перемешивали.

Йодид калия (KI), из фиксанала. Исходный раствор иодида калия 0,1 М готовили из фармакопейного KI. Для этого навеску KI массой 1,6600 г взвешивали на аналитических весах, переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки водой (раствор А). Рас-

твор Б готовили из раствора А: 10 мл раствора А переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки водой (*раствор Б*). Раствор В готовили из раствора Б: 10 мл раствора Б переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки водой (*раствор В*). Раствор Г готовили из раствора В: 10 мл раствора В переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки водой (*раствор Г*). Раствор Д готовили из раствора Г: 10 мл раствора Г переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки водой (*раствор Д*). Раствор Е готовили из раствора Д: 10 мл раствора Д переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки водой (*раствор Е*). Концентрация раствора Е –  $1 \cdot 10^{-6}$  М.

Нитрит натрия ( $\text{NaNO}_2$ ), марки «х.ч.». Концентрация исходного раствора –  $1,5 \cdot 10^{-2}$  М. Для приготовления раствора навеску массой 1,0349 г взвешивали на аналитических весах и количественно переносили в мерную колбу на 1000 мл, после полного растворения доводили объем в колбе до метки и перемешивали.

#### **Раствор азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), разбавленный 1:1.**

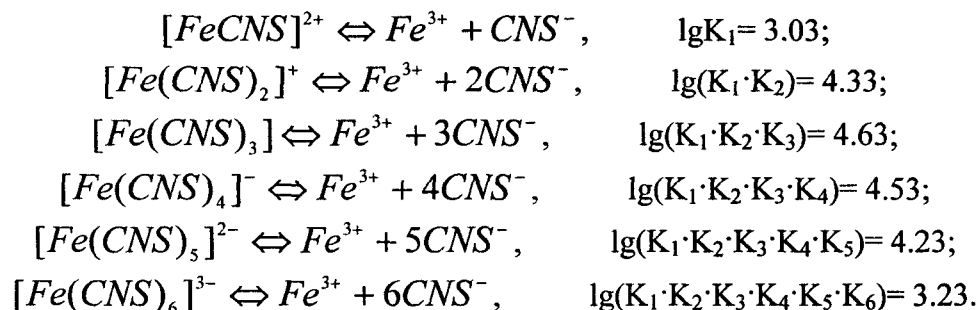
**Методика работы.** В работе использовали фотоэлектроколориметр КФК-3-01: длина волны ( $\lambda=450$  нм) и толщина кюветы (1 см).

Кинетические реакции, с одной стороны, требуют быстрого выполнения всех операций, с другой – в анализируемой смеси протекает несколько параллельных реакций, поэтому нами была выбрана следующая методика выполнения эксперимента: предварительно растворы приливали в три конические колбы на 50 мл. В колбу №1 приливали 8 мл рабочего раствора роданида калия. В колбу №2 приливали 10 мл рабочего раствора железо-аммонийных квасцов и 10 мл раствора азотной кислоты. В колбу №3 приливали 5 мл рабочего раствора нитрита натрия, заданное количество раствора йодида калия (раствор Е) и воду. Общий объем растворов йодида калия и воды равнялся 10 мл. Общий объем раствора во всех опытах оставался постоянным.

В колбу №1 быстро приливали раствор из колбы №2 и сразу же приливали раствор из колбы №3. Полученный раствор перемешивали и сразу же снимали кинетическую кривую. Время засекали с помощью секундомера.

### **Результаты и обсуждение**

По «железо-роданидному» методу исследуется изменение окраски реакционной смеси, содержащей ионы  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{CNS}^-$ , нитрит-ионы и йодид-ионы в кислой среде. Образование окраски при совместном присутствии первых двух указанных ионов объясняется образованием комплексов различного состава [5].



По положенной в основу методике Яцимирского и сотр. [5] в работе использовалась конечная суммарная концентрация ионов  $\text{Fe}^{3+}$   $9,3 \cdot 10^{-3}$  М, а начальная концентрация роданид-ионов составляла  $2,8 \cdot 10^{-4}$  М. Распределение ионов в начале каждого опыта выражается формулой:

$$[\text{Fe}]_{\text{summ}} = [\text{Fe}^{3+}] + [\text{Fe}(\text{CNS})^{2+}] + [\text{Fe}(\text{CNS})_2^+] + [\text{Fe}(\text{CNS})_3] + \\ + [\text{Fe}(\text{CNS})_4^-] + [\text{Fe}(\text{CNS})_5^{2-}] + [\text{Fe}(\text{CNS})_6^{3-}]$$

$$[Fe]_{summ} = [Fe^{3+}] \left[ 1 + \frac{[CNS^-]}{K_1} + \frac{[CNS^-]^2}{K_1 \cdot K_2} + \frac{[CNS^-]^3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} + \dots + \frac{[CNS^-]^6}{K_1 \cdot \dots \cdot K_6} \right]$$

$$[CNS]_{summ} = [CNS] + [Fe(CNS)^{2+}] + 2 \cdot [Fe(CNS)_2^+] + 3 \cdot [Fe(CNS)_3] +$$

$$+ 4 \cdot [Fe(CNS)_4^-] + 5 \cdot [Fe(CNS)_5^{2-}] + 6 \cdot [Fe(CNS)_6^{3-}]$$

$$[CNS]_{summ} = [Fe^{3+}] \left[ \frac{[CNS^-]}{K_1} + 2 \cdot \frac{[CNS^-]^2}{K_1 \cdot K_2} + 3 \cdot \frac{[CNS^-]^3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} + \dots + 6 \cdot \frac{[CNS^-]^6}{K_1 \cdot \dots \cdot K_6} \right] + [CNS^-].$$

Численный расчет (программа MATHCAD) показывает, что в начальный момент в каждом из опытов ионы железа на 97% находятся в свободном виде и лишь на примерно 2,7% – в виде комплексов состава 1:1, обеспечивающих окраску растворов. При уменьшении концентрации роданид-ионов доля, приходящаяся на такие комплексы, уменьшается по достаточно сложному закону (до долей процента при уменьшении концентрации роданид-ионов в 10 раз). По этой причине линейность оптической плотности растворов по мере окисления роданид-ионов требует экспериментального подтверждения.

Результаты исследования спектров реакционной смеси при уменьшении начальной концентрации роданид-иона представлены на рис. 1. Спектры записывали на спектрофотометре КФК-3-01 в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 1 см.

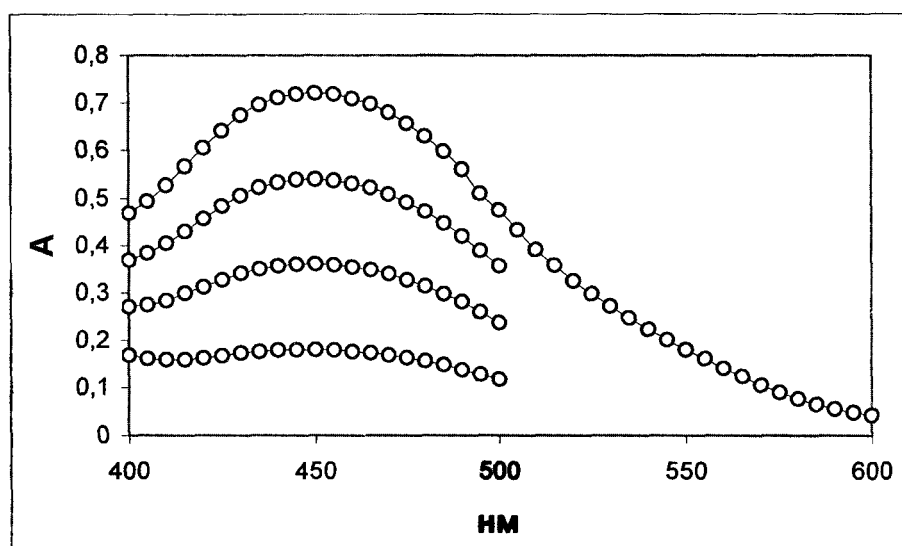


Рис. 1. Спектр роданидного комплекса  $Fe^{3+}$  (концентрация ионов железа  $9,3 \cdot 10^{-3}$  М)

Максимум оптической плотности достигается при  $\lambda_{эфф} = 450$  нм. При этом хорошая линейность оптической плотности от концентрации роданид-ионов наблюдается в широком диапазоне длин волн (рис. 2), включая  $\lambda_{эфф}$ . По этой причине именно указанная длина волны была использована в настоящей работе (450 нм), обеспечивая максимальную чувствительность метода. Выбор длины волны 530 нм в работе Яцимирского поэтому не совсем понятен, поскольку при таком детектировании чувствительность метода снижается в несколько раз.

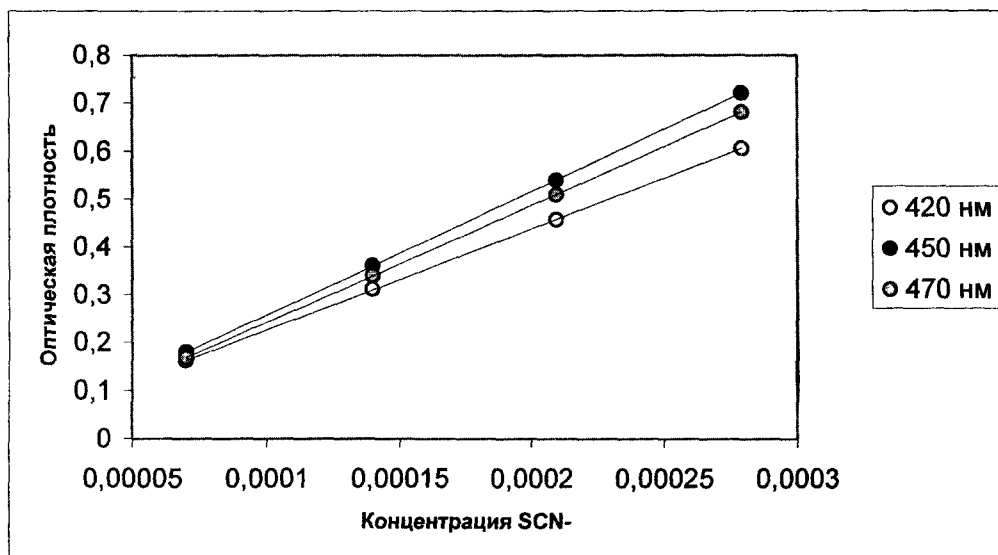


Рис. 2. Зависимость оптической плотности от концентрации роданид-ионов (концентрация  $\text{Fe}^{3+}$   $9,3 \cdot 10^{-3}$  М)

Уравнение взаимосвязи концентрации роданид-иона и оптической плотности при 450 нм линейно, при этом свободный член (0,0005) не является статистически значимым и в дальнейших расчетах может быть исключен:

$$A = 2579,2 \cdot [\text{CNS}^-]$$

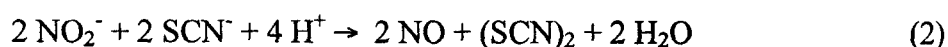
Таким образом, при выбранной длине волны определения состава реакционной смеси оптическая плотность раствора линейно зависит от концентрации роданид-ионов и может быть использована для дальнейших кинетических исследований.

Кинетический метод [4] предполагает использование уменьшения интенсивности окраски реакционной смеси, содержащей ионы  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{CNS}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\Gamma$ . Несмотря на то, что каталитическая роль иодид-ионов в указанной работе признается, никаких предположений о механизме каталитического действия не было высказано. Предполагается, однако, что основными процессами, приводящими к изменению окраски раствора роданидного комплекса железа (III), являются следующие параллельно протекающие реакции:

- окисление роданид-иона ионом железа (III):



- окисление роданид иона нитрит ионом в кислой среде:

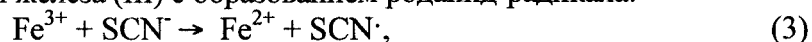


Каталитическая роль иодид-ионов была обозначена простым введением концентрации  $[\Gamma]$  в чрезвычайно упрощенный вид кинетического уравнения.

В нашей работе мы по техническим причинам отказались от термостатирования и перемешивания, поскольку кислород воздуха, более доступный при перемешивании, является прекрасным окислителем, особенно в присутствии ионов железа (III).

Нашими исследованиями установлено, что при отсутствии нитрит-ионов в реакционной смеси окраска раствора остается достаточно стабильной как без добавок, так и с добавками иодид-ионов. Следовательно, вклад реакции (1) в суммарный процесс довольно невелик и им можно пренебречь. Кстати, трудно представить, что данная реакция (четы-

режмолекулярная!) имеет реальный смысл. Более вероятно чередование двух процессов: окисления роданид-иона ионом железа (III) с образованием роданид-радикала:



и последующей рекомбинации:



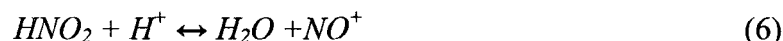
Это не противоречит выводам, полученным группой Яцимирского, которые нашли, что скорость реакции практически не зависит от концентрации ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , находящихся в большом избытке. Быстрое изменение окраски развивается только при добавлении в реакционную смесь нитрит-ионов причем пропорционально их концентрации.

Следовательно, вклад реакции (2) важен, поэтому суммарная скорость реакции зависит от pH, что установлено группой Яцимирского. Однако уравнение (2) (восьми-молекулярная реакция!) абсолютно неприемлемо. Следовательно, в кислой среде для нитрит-ионов можно предложить несколько равновесий:

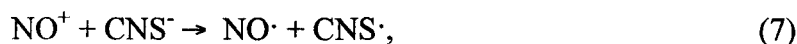
- очевидно, что доля нитрит-ионов незначительна из-за небольшой константы диссоциации азотистой кислоты ( $K_a = 6.9 \cdot 10^{-4}$  [6]):



- мы предполагаем принципиальную роль константы протонирования молекул азотистой кислоты с образованием ключевого промежуточного нитроний-иона:



Генерированный таким образом нитроний-ион может отнимать электрон у роданид-иона, превращая его в роданид-радикал:



который в дальнейшем рекомбинирует в молекулу диородана (уравнение 4). Именно эти схемы объясняют уменьшение интенсивности окраски при введении в систему нитрит-ионов (при отсутствии иодид-ионов). Очевидно, что pH косвенно присутствует в кинетическом уравнении для реакции (7), поскольку равновесное содержание нитроний-ионов должно увеличиваться при уменьшении pH:

$$v(\text{NO}_2^-) = k_7 \cdot [\text{NO}^+] \cdot [\text{CNS}^-]. \quad (8)$$

Полная концентрация «нитрит-ионов»  $N^{+3}$  является суммой концентрации частиц:

$$[N^{+3}]_{\Sigma} = [\text{NO}_2^-] + [\text{HNO}_2] + [\text{NO}^+].$$

С учетом соответствующих констант равновесий получаем:

$$[N^{+3}]_{\Sigma} = K_5 \frac{[\text{HNO}_2]}{[\text{H}^+]} + [\text{HNO}_2] + [\text{NO}^+] = [\text{HNO}_2] \left( \frac{K_5}{[\text{H}^+]} + 1 \right) + [\text{NO}^+],$$

$$[N^{+3}]_{\Sigma} = [\text{NO}^+] \left\{ \frac{1}{K_6 \cdot [\text{H}^+]} \left( \frac{K_5}{[\text{H}^+]} + 1 \right) + 1 \right\},$$

откуда концентрация нитроний-ионов определяется формулой:

$$[NO^+] = \frac{[N^{+3}]_{\Sigma} \cdot K_6 \cdot [H^+]^2}{K_5 + [H^+] + K_6 \cdot [H^+]^2}, \quad (9)$$

которая при малых значениях  $K_6$  упрощается:

$$[NO^+] = [N^{+3}]_{\Sigma} \cdot K_6 \cdot [H^+]. \quad (10)$$

В таком случае кинетическое уравнение (8) окисления роданид-ионов «нитрит-ионами» по уравнению (7) принимает вид:

$$v(NO_2^-) = k_7 \cdot K_6 \cdot [N^{+3}]_{\Sigma} \cdot [H^+] \cdot [CNS^-], \quad (11)$$

т.е. скорость реакции прямо пропорциональна концентрации нитрит-ионов и концентрации ионов водорода. Поскольку по условию эксперимента концентрация «нитрит ионов» на порядок выше, чем концентрация роданид-ионов, то изменением скорости реакции за счет расходования нитрит-ионов можно пренебречь.

Проявление каталитической роли йодид-иона можно предположить следующими элементарными стадиями: генерированный нитроний-ион и йодид-ион находятся в равновесии с нитрозилиодидом:



Равновесия такого типа в растворах хорошо известны [6]. В соответствии с также известным фактом образования нитрозилхлорида – активной частицы в смеси азотной и соляной кислоты (в «царской водке»), отвечающей за окисление металлов, – можно предположить быстрое окисление именно этой молекулой роданид-ионов:



При этом регенерируется йодид-ион, что и объясняет каталитическое действие этой частицы.

Следовательно, скорость второй реакции, приводящей к обесцвечиванию раствора, может быть записана как:

$$v(I^-) = k_{13} \cdot [NOI] \cdot [CNS^-]. \quad (14)$$

А концентрация йодида нитрония может быть определена через константу равновесия реакции (12):

$$[NOI] = K_{12} \cdot [NO^+] \cdot [I^-].$$

Используя уравнение (10) окончательно получаем:

$$v(I^-) = k_{13} \cdot K_{12} \cdot [I^-] \cdot [N^{+3}]_{\Sigma} \cdot K_6 \cdot [H^+] \cdot [CNS^-] \quad (15)$$

Таким образом, окисление роданид-ионов может быть записано суммарным кинетическим уравнением:

$$v(\Sigma) = v(NO_2^-) + v(I^-)$$

$$v(\Sigma) = K_6 \cdot [N^{+3}]_{\Sigma} \cdot [H^+] \cdot [CNS^-] \cdot (k_7 + k_{13} \cdot K_{12} \cdot [I^-]) \quad (16)$$

или:

$$v(\Sigma) = (a + b \cdot [I^-]) \cdot [N^{+3}]_{\Sigma} \cdot [H^+] \cdot [CNS^-] \quad (17)$$

Следовательно, по предложенной модели окисление роданид-ионов – реакция первого порядка по роданид-ионам с константой скорости, линейно зависящей от концентрации йодид-ионов.

В соответствии с элементарными положениями формальной кинетики [7] в таких случаях обработку экспериментальных данных следует проводить в координатах  $\lg A$  ( $A$  – оптическая плотность растворов) – время. Найденные тангенсы угла наклона получаемых прямых линии трендов (по модулю) пропорциональны суммарным константам скорости, которые в свою очередь должны быть прямо пропорциональны концентрации йодид-ионов.

Первый порядок реакции по роданид-ионам подтверждается прямолинейной зависимостью в координатах  $\lg A$  – время, где  $A$  – оптическая плотность раствора, наблюдавшаяся практически во всех проведенных опытах (рис. 3, табл. 1). Непрямолинейный начальный участок объясняется временем (от 2 до 5 мин в нашем случае), требуемым для установления указанных выше равновесий и диффузионных процессов.

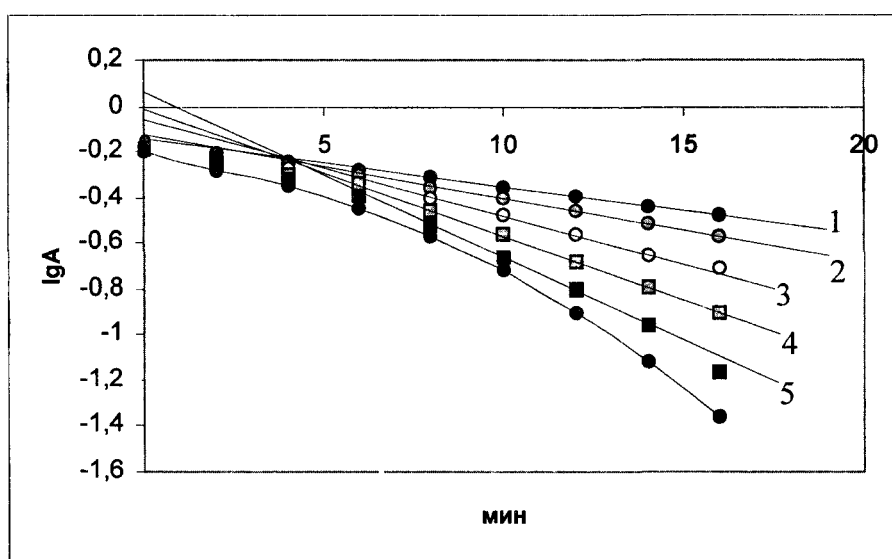


Рис.3. Изменение оптической плотности градуировочных растворов

Найденные значения тангенсов углов наклона линий трендов на рис. 3 (по абсолютной величине) линейно зависят от концентрации йодид-ионов (рис. 4), что подтверждает справедливость изложенных выше положений.

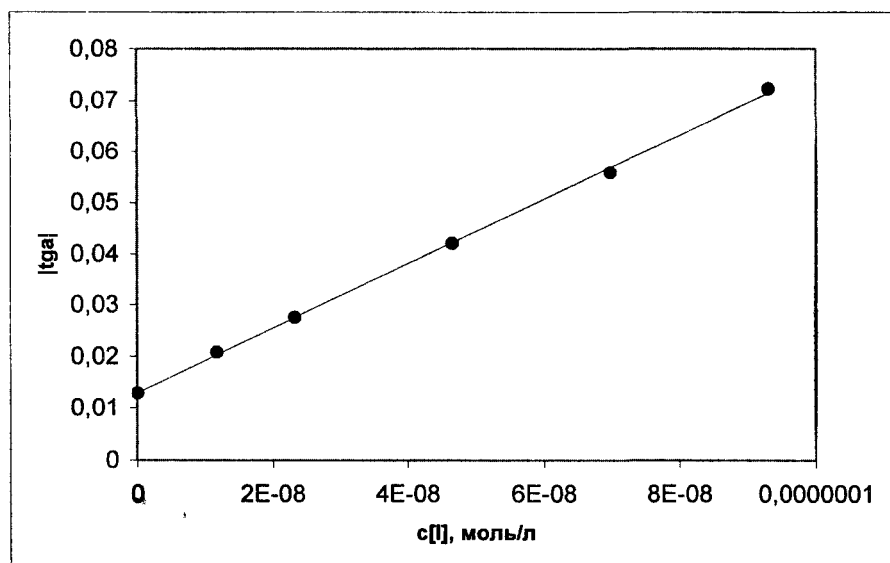


Рис.4. Зависимость тангенса наклона кинетических линий от концентрации йодид-ионов

Таким образом, предложенный метод позволяет определять иодид-ионы при их содержании к реакционной смеси в диапазоне  $(0 \div 9) \cdot 10^{-8}$  моль/л в соответствии с уравнением:

$$c(I) \cdot 10^8 = 159.1 \cdot |\operatorname{tg} \alpha| - 2.067, \quad (19)$$

где тангенс угла наклона кинетической прямой определяется по графику, аналогичному на рис. 3.

Таблица 1

## Градуировка метода

| Время, мин  | Оптическая плотность растворов, A,<br>при концентрации иодид ионов, $c \cdot 10^8$ моль/л |        |        |        |        |        |        |
|-------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             | с   | №1     | №2     | №3     | №4     | №5     |        |
|             | 0   | 1.16   | 2.33   | 4.65   | 7.00   | 9.00   | 10.00  |
| 0           | 0.678   | 0.654  | 0.651  | 0.664  | 0.652  | 0.649  | 0.634  |
| 2           | 0.648   | 0.614  | 0.600  | 0.597  | 0.582  | 0.564  | 0.524  |
| 4           | 0.611   | 0.571  | 0.552  | 0.532  | 0.499  | 0.476  | 0.448  |
| 6           | 0.578   | 0.527  | 0.500  | 0.463  | 0.456  | 0.389  | 0.353  |
| 8           | 0.543   | 0.485  | 0.444  | 0.395  | 0.348  | 0.300  | 0.267  |
| 10          | 0.506   | 0.444  | 0.397  | 0.335  | 0.272  | 0.225  | 0.191  |
| 12          | 0.472   | 0.404  | 0.348  | 0.272  | 0.210  | 0.159  | 0.125  |
| 14          | 0.439   | 0.366  | 0.305  | 0.221  | 0.161  | 0.110  | 0.076  |
| 16          | 0.409   | 0.331  | 0.268  | 0.197  | 0.115  | 0.068  | 0.044  |
| <b>lgA</b>  |   |        |        |        |        |        |        |
| 0           | -0.169  | -0.184 | -0.186 | -0.178 | -0.186 | -0.188 | -0.198 |
| 2           | -0.188  | -0.212 | -0.222 | -0.224 | -0.235 | -0.249 | -0.281 |
| 4           | -0.214  | -0.243 | -0.258 | -0.274 | -0.302 | -0.322 | -0.349 |
| 6           | -0.238  | -0.278 | -0.301 | -0.334 | -0.341 | -0.390 | -0.452 |
| 8           | -0.265  | -0.314 | -0.353 | -0.403 | -0.458 | -0.523 | -0.574 |
| 10          | -0.296  | -0.353 | -0.401 | -0.475 | -0.565 | -0.660 | -0.719 |
| 12          | -0.326  | -0.394 | -0.458 | -0.565 | -0.678 | -0.799 | -0.903 |
| 14          | -0.358  | -0.437 | -0.516 | -0.656 | -0.793 | -0.959 | -1.119 |
| 16          | -0.388  | -0.480 | -0.572 | -0.706 | -0.900 | -1.167 | -1.357 |
| <b>-tgα</b> |   |        |        |        |        |        |        |
|             | 0.0130  | 0.0208 | 0.0276 | 0.0420 | 0.0558 | 0.0720 | -      |

К сожалению, при отказе от термостатирования градуировку необходимо выполнять перед каждым конкретным изменением содержания йода в исследуемых образцах.

После разработки упрощенного варианта методики определения йодид-ионов нами были проанализированы следующие объекты: йодированная соль, водопроводная вода в г. Белгороде, некоторые виды минеральной воды и препаратов, содержащих йод (табл. 2).

По результатам выполненных исследований водопроводная вода в Белгороде не содержит йода в пределах чувствительности метода. Суточная норма йода содержится в одном литре минеральной воды «Боржом» (производитель – Грузия). «Поваренная соль йодированная крупная» (изготовитель – Государственное предприятие Артемсоль) содержит  $66,0 \pm 5,5$  мкг/г в пересчете на йодид-ион, а соль йодированная «Экстра» поваренная пищевая (изготовитель – ООО «Ассоль», г. Санкт-Петербург) –  $50 \pm 4,5$  мкг/г. Это соответствует данным ГОСТ даже для образца соли с просроченным на 1 год временем хранения. Следует подчеркнуть, что для йодирования, вместо ранее использовавшегося йодида калия (вещества неустойчивого при хранении), в настоящее время к хлориду натрия добавляют йодат калия. Поэтому перед анализом йодат-ионы переводили в йодид-ионы кипячением с опилками восстановленного железа.



Установлено также, что препарат «Йодмарин» содержит  $229 \pm 15$  мкг йода в 1 таблетке, что соответствует паспортным данным на этот препарат. В образцах поливитаминного комплекса «Олиговит» и в препарате «Йодид-100» найдено йода примерно в два раза меньше, чем по паспортным данным. В случае витамина «Олиговит» заниженное содержание йода может быть связано с тем, что таблетка витамина одновременно с KI содержит окислители.

Так как вода в г. Белгороде практически не содержит йод, а также очень ограниченное количество продуктов питания содержат йод, то для профилактики йододефицита самым надежным препаратом из исследованных препаратов, содержащим неорганический йод, является «Йодмарин», а самой полезной минеральной водой – «Боржоми».

Таблица 2

## Содержание йода в продуктах, воде и препаратах

| № п/п | Название и производитель   | Способ подготовки к анализу                 | Содержание по паспорту мкг       | Найдено мкг             |
|-------|--|---|----------------------------------|-------------------------|
| 1     | Соль йодированная поваренная пищевая. Гост 138370-97, Артемсоль, декабрь 2004 г. | Растворение в воде, кипячение с Fe опилками | $40 \pm 15$ мкг/г                | $66,0 \pm 5,5$ мкг/г    |
| 2     | Соль йодированная «Экстра» ГОСТ Р 5 1574-2000 ООО «Ассоль» 20 сентября 2003      | Фильтрация. Растворение в воде.             | $40 \pm 15$ мкг/г                | $50,0 \pm 4,5$ мкг/г    |
| 3     | Витамин «Олиговит» (белая таблетка) г. Курск, Фармзавод                          | Растворение в воде, фильтрация.             | 150 мкг/табл                     | $74,0 \pm 6,5$ мкг/табл |
| 4     | Йодид-100 Мерк КгаА, Германия для Никомед, г. Москва 7464761490/gus282           | Растворение в воде, фильтрация              | 100 мкг/табл                     | $30 \pm 2,2$ мкг/табл   |
| 5     | Йодмарин «Берлин-Хемиг/менарини групп», Берлин, Германия                         | Растворение в воде, фильтрация              | 200 мкг/табл                     | $229 \pm 15$ мкг/табл   |
| 6     | Йодактив (биологически-активная добавка) Завод экопитания ОАО «Диод»             | Растворение в 10% NaOH.                     | 50 мкг/табл                      | $7,9 \pm 0,6$ мкг/табл  |
| 7     | Минеральная вода «Архыз» ТУ 9185-006-24461881-03 ООО «Висма-Архыз», Черкеск      | Без подготовки                              | Суточная норма, в 1л (150 мкг/л) | Отсутствует             |
| 8     | Минеральная вода Грузии «Боржоми» Гост 13273-88 г. Боржоми                       | Без подготовки                              | Нет данных                       | $100 \pm 8,9$ мкг/л     |
| 9     | Водопроводная вода г. Белгород   | Без подготовки                              | –                                | Отсутствует             |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hoch, F. L. Biochemical Actions of Thyroid Hormones / F. L. Hoch // *Physiol. Rev.* – 1962. – Vol. 42. – P. 605-613.
2. Уильямс, У. Дж. Определение анионов / У. Дж. Уильямс. – М. : Химия, 1982. – 383 с.
3. Шарло, Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений / Г. Шарло. – М. : Химия, 1969. – 1108 с.
4. Определение микроколичеств йодида по его каталитическому действию на реакции окисления роданида / К. В. Яцимирский и др. // *Журнал аналитической химии.* – 1963. – Т. 18. – С. 103-108.
5. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1979. – 328 с.
6. Химическая энциклопедия : в 5 т. / под ред. И. Л. Кнунянц. – М. : Сов. энцикл., 1990. – Т. 2: Даф-Мед. – 671 с.
7. Даниэльс, Ф. Физическая химия / Ф. Даниэльс, Р. Олберти. – М. : Мир, 1978. – 643 с.