

УДК 543.48, 547.269.4

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИОСУЛЬФАТ-ИОНА ФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

**Шарун Анастасия Александровна**, студент, специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: Sharun.nastya@bk.ru

**Степанов Артем Дмитриевич**, магистрант, направление подготовки 04.04.01 Химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: artema437@mail.ru

Научный руководитель: **Пономарева Полина Александровна**, старший преподаватель кафедры химии, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: pponomareva@narod.ru

***Аннотация.** В рамках аналитических задач актуально использование фотометрических методов анализа, обладающих повышенной селективностью и чувствительностью. Тиосульфат-ион – частый загрязнитель сточных вод, обладающий восстановительными свойствами и образующий серу при действии кислот, что приводит к загрязнению проб при анализе. Определение титриметрическими методами достаточно эффективно, однако сопряжено с необходимостью маскирования мешающих элементов и четкой стандартизации используемых титрантов. Фотометрический метод представляет собой экспресс-метод анализа, позволяющий достаточно точно определить содержание тиосульфат-ионов в водных растворах поверхностных, подземных и сточных вод. Преимуществом фотометрии является использование малого количества реактивов, дешевизна анализа, высокая скорость определения, однако недостатком является необходимость проводить калибровку прибора (фотоэлектроколориметра или спектрофотометра) и строить градуировочный график заново при изменении внешних условий.*

***Ключевые слова:** аналитическая химия, тиосульфат-ион, фотометрический метод, спектрофотометр, оптические методы анализа, экспресс-метод, погрешность эксперимента.*

***Для цитирования:** Шарун А. А., Степанов А. Д. Анализ возможности определения тиосульфат-иона фотометрическими методами // Шаг в науку. – 2024. – № 4. – С. 24–28.*

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF DETERMINING THE THIOSULFATE ION BY PHOTOMETRIC METHODS

**Sharun Anastasia Alexandrovna**, student, specialty 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: Sharun.nastya@bk.ru

**Stepanov Artem Dmitrievich**, postgraduate student, training program 04.04.01 Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: artema437@mail.ru

Research advisor: **Ponomareva Polina Alexandrovna**, Senior Lecturer of the Department of Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: pponomareva@narod.ru

***Abstract.** Within the framework of analytical tasks, it is important to use photometric analysis methods with increased selectivity and sensitivity. Thiosulfate ion is a frequent pollutant of wastewater, which has reducing properties and forms sulfur under the action of acids, which leads to contamination of samples during analysis. Titrimetric determination is*



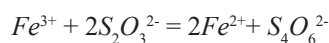
quite effective, however, it involves the need to mask interfering elements and clearly standardize the titrants used. The photometric method is an express analysis method that allows us to accurately determine the content of thiosulfate ions in aqueous solutions of surface, groundwater and wastewater. The advantage of photometry is the use of a small number of reagents, low cost of analysis, high speed of determination, however, the disadvantage is the need to calibrate the device (photoelectrocolorimeter or spectrophotometer) and build the calibration graph again when external conditions change.

**Key words:** analytical chemistry, thiosulfate ion, photometric method, spectrophotometer, optical analysis methods, express method, experimental error.

**Cite as:** Sharun, A. A., Stepanov, A. D. (2024) [Analysis of the possibility of determining the thiosulfate ion by photometric methods]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 24–28.

Фотометрические методы анализа основаны на измерении поглощения света молекулами или ионами вещества, находящимися в растворе. Длина волны поглощаемого излучения индивидуальна для каждого вещества.

В основе определения концентрации тиосульфат-иона лежит окислительно-восстановительная реакция:



В рамках определения тиосульфат-иона используется фотометрический, титриметрический и физико-химические методы анализа иного механизма (кондуктометрия, потенциометрия), особо выделяется инновационная методика комплексонометрического титрования [7]. Также для определения можно использовать фотогенерированный йод, что является достаточно экологичным методом [1]. Данные методики могут быть использованы для определения остаточных тиосульфат-ионов после фотолиза тиосульфата свинца [4]. Особо актуально для определения состава продуктов при утилизации воды анаэробных бассейнов [6]. Также применение тиосульфата и препаратов на его основе в ветеринарии представлено в работе [3].

В рамках экспериментального определения проведён анализ фотометрическим методом, при использовании следующих реактивов:

- в качестве восстановителя был выбран стандартный раствор хлорида железа(III) марки ч.д.а.,  $C(1/z FeCl_3) = 0,003$  моль/дм<sup>3</sup>;
- окрашивание раствора вызвано воздействием на пробу роданида калия марки х.ч.  $C(1/z KSCN) = 0,24$  моль/дм<sup>3</sup>;

– в качестве образца для исследования использован раствор тиосульфата натрия, приготовленный из фиксанала  $C(1/z Na_2S_2O_3) = 0,004$  моль/дм<sup>3</sup>;

– катализатором в реакции является раствор сульфата меди марки х.ч.  $C(1/z CuSO_4) = 0,015$  моль/дм<sup>3</sup>.

В рамках определения в вымытую и высушенную мерную колбу, вместимостью 50,0 см<sup>3</sup>, отобраны стандартные растворы хлорида железа (5,0 см<sup>3</sup>), роданида калия (10,0 см<sup>3</sup>), тиосульфата натрия (10,0 см<sup>3</sup>), раствором сравнения является дистиллированная вода.

Кюветы были помещены в фотоэлектроколориметр и построен спектр поглощения в трёх параллелях. По полученным данным, оптимальная длина волны соответствовала максимальному значению  $A_{cp}$  и равна 325 нм.

Подбор оптимальной концентрации катализатора осуществлялся методом расчёта скорости реакции. Время реакции составило 20 минут: в 3 мерные колбы вместимостью 50,0 см<sup>3</sup> помещены стандартные растворы хлорида железа 5,0 см<sup>3</sup>, роданида калия 10,0 см<sup>3</sup>, тиосульфата натрия 10,0 см<sup>3</sup>, и раствор сульфата меди 1,0 см<sup>3</sup>. После добавления катализатора секундомером вычислено время реакции, затем измерены оптические плотности при выбранном светофильтре для каждого из растворов.

Для определения концентрации тиосульфат-иона в колбу, вместимостью 50,0 см<sup>3</sup>, добавлены те же реактивы, что при приготовлении стандартных растворов, но с добавкой катализатора.

Рассчитать концентрации приготовленных стандартных растворов тиосульфат-иона возможно по формуле (1):

$$C_{ст} = \frac{V_{исх.с.р-ра} \cdot C_{исх.с.р-ра}}{V_{колбы}}, \quad (1)$$

где

$C_{исх.с.р-ра}$  – концентрация исходного стандартного раствора тиосульфат-иона, моль/дм<sup>3</sup>;

$C_{ст}$  – концентрация приготовленного раствора в колбе, моль/дм<sup>3</sup>;

$V_{исх.с.р-ра}$  – объём исходного стандартного раствора, дм<sup>3</sup>;

$V_k$  – объём колбы, дм<sup>3</sup> [3].

Для определения концентрации тиосульфат-ионов была приготовлена серия стандартных растворов. Со-

став стандартных растворов представлен в таблице 1. Серия готовилась поочередно.

Таблица 1. Состав стандартных растворов

Номер колбы	Объем реактива, мл			
	FeCl <sub>3</sub>	KSCN	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuSO <sub>4</sub>
1	5	10	8	0,4
2	5	10	9	0,4
3	5	10	10	0,4

Источник: разработано авторами

Параллельно с приготовлением растворов была рассчитана концентрация тиосульфата натрия в каждом растворе:

$$C_{ст} = \frac{V_{исх.ст.р-ра} \cdot C_{исх.ст.р-ра}}{V_{к}}, \quad (2)$$

где

$C_{исх.ст.р-ра}$  – концентрация исходного стандартного раствора тиосульфат-иона, моль/дм<sup>3</sup>;

$C_{ст}$  – концентрация приготовленного раствора в колбе, моль/дм<sup>3</sup>;

$V_{исх.ст.р-ра}$  – объем исходного стандартного раствора, дм<sup>3</sup>;

$V_{к}$  – объем колбы, дм<sup>3</sup>.

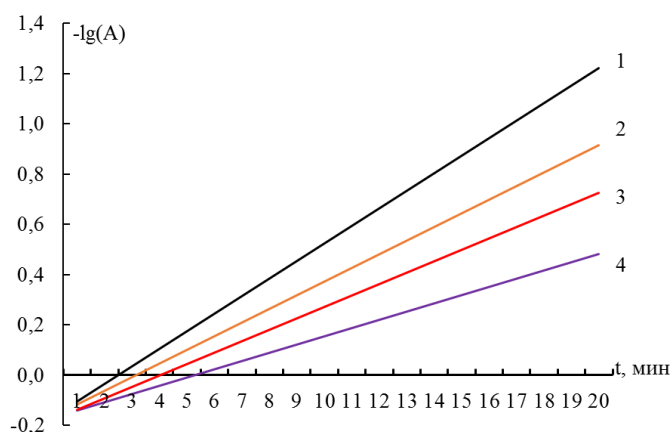
Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения концентрации тиосульфата натрия в исследуемом растворе

Номер раствора	Уравнение прямой	C, моль/л	Тангенс угла наклона
1	$y = 0,0328x - 0,1740$	0,000128	0,0328
2	$y = 0,0543x - 0,1715$	0,000144	0,0543
3	$y = 0,0698x - 0,1739$	0,000160	0,0698
Анализируемый р-р	$y = 0,0454x - 0,1829$	0,000136	0,0454

Источник: разработано авторами

По результатам эксперимента были построены кинетические зависимости для определения концентрации тиосульфата натрия в анализируемом растворе, где  $A$  – оптическая плотность раствора (рисунок 1).



1 – раствор 10 мл; 2 – раствор 9 мл; 3 – анализируемый раствор; 4 – раствор 8 мл.

Рисунок 1. Кинетические зависимости изменения оптической плотности от времени

Источник: разработано автором Шарун А. А.

По прямым были определены тангенсы угла наклона прямолинейных зависимостей для стандартных растворов и анализируемого раствора. Таким

образом, зная уравнение прямой, определяем концентрацию тиосульфат-иона в анализируемом растворе [5]:

$$C_x = \frac{(0.045418 + 0,1173)}{1179,4} = 0,000138 \text{ моль/л,} \quad (3)$$

где

$C_x$  – концентрация анализируемого раствора, моль/л.

Затем построили график зависимости тангенса угла наклона от концентрации стандартных растворов и анализируемого раствора и по нему определили

концентрацию тиосульфат-иона (рисунок 2).

Относительная погрешность составила:

$$\delta = \frac{x_{ист} - x_{практ}}{x_{ист}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

$$\delta = \frac{0,000136 - 0,000138}{0,000136} \cdot 100\% = 1,45\%. \quad (5)$$

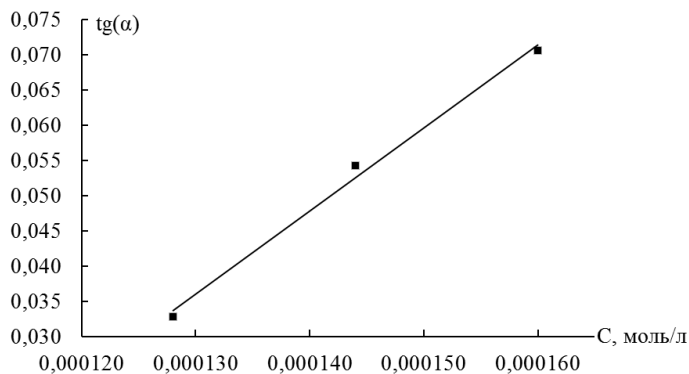


Рисунок 2. Определение концентрации тиосульфат-иона методом тангенсов

Источник: разработано автором Шарун А. А.

Прямая описывается уравнением вида:

$$y = 1179x - 0,1173. \quad (6)$$

Значение линейной аппроксимации зависимости тангенса угла наклона от концентрации раствора равна 0,9938.

В рамках используемого метода рассмотрели возможность применения фотометрического опреде-

ления тиосульфат-иона. Проведенный эксперимент позволяет рекомендовать использование фотометрического метода для определения концентрации ионов в анализируемом растворе [2].

Погрешность измерения составила 1,45%.

### Литература

1. Егоров Н. Б., Усов В. Ф., Еремин Л. П. Разработка методики анализа продуктов фотолиза комплексного тиосульфата свинца // Сибирская школа молодого ученого : Труды региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 21–23 декабря 1998 года, Том 5. – Томск: Томский государственный педагогический университет, 1999. – С. 114.
2. Еремин Л. П., Егоров Н. Б. Природа видимого изображения в светочувствительной системе на основе комплексного тиосульфата свинца // Журнал научной и прикладной фотографии. – 2003. – Т. 48, № 2. – С. 23–26.

3. Использование фотогенерированного йода при определении тиосульфата натрия в инъекционном растворе / Е. В. Турусова [и др.] // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии : Тезисы докладов в 5 томах, Екатеринбург, 26–30 сентября 2016 года. Уральское отделение Российской академии наук. Том 4. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2016. – С. 622.

4. Определение восстановленных форм серы в анаэробной зоне Черного моря: сравнение методов спектрофотометрии и иодометрии / А. В. Дубинин [и др.] // Океанология. – 2012. – Т. 52, № 2. – С. 200–209.

5. Определение восстановленных форм серы в воде анаэробных бассейнов / А. В. Дубинин [и др.] // Морской гидрофизический журнал. – 2019. – Т. 35, № 1(205). – С. 37–51. – <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2019-1-37-51>.

6. Применение натрия тиосульфата в медицине и ветеринарии в качестве полифункционального препарата (обзор литературы) / Г. А. Жоров [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – № 6. – С. 68–76.

7. Швоева О. П., Дедкова В. П., Саввин С. Б. Определение тиосульфат-ионов по реакции комплексообразования тиосульфата свинца с 4-(2-пиридилазо)резорцином на твердой фазе ПАНВ-АВ-17 // Журнал аналитической химии. – 2008. – Т. 63, № 12. – С. 1265–1268.

**Вклад соавторов:**

**Шарун А. А.** – проведение литературного анализа и экспериментальной части.

**Степанов А. Д.** – проведение литературного анализа, обработка полученных результатов и оформление работы.

Статья поступила в редакцию: 19.06.2024; принята в печать: 27.09.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.