

УДК 543.6

DOI: 10.26456/vtchem2025.3.14

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ И ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ

А.С. Серафимский, М.А. Феофанова

*ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г.Тверь*

В данной работе проведен сравнительный анализ двух методов определения концентрации серной кислоты в воздухе: фотометрического и турбидиметрического. Описаны принципы работы обоих методов, приведены методики проведения анализов и проанализированы полученные данные. Для проведения исследования использовался спектрофотометр КФК-ЗКМ с длиной волны 400 нм и толщиной слоя 5 мм для выполнения измерений фотометрическим методом и с длиной волны 315 нм и толщиной слоя 10 мм для выполнения измерений турбидиметрическим методом. В заранее приготовленных растворах с заведомо известной концентрацией серной кислоты была определена концентрация вещества фотометрическим и турбидиметрическим методами для дальнейшего сравнения и анализа. Результаты показали, что фотометрический метод превосходит турбидиметрический по ряду показателей, включая точность, чувствительность и удобство выполнения процедур и других аспектов.

**Ключевые слова:** *серная кислота, концентрация, фотометрия, турбидиметрия, рабочая зона.*

### **Введение**

Серная кислота является одним из самых распространенных и важных химических соединений, используемых в различных отраслях промышленности, что делает контроль её концентрации в воздухе рабочих зон важным аспектом охраны здоровья работников [1-2]. Для количественного определения серной кислоты применяются различные аналитические методы, среди которых особое внимание заслуживают фотометрический и турбидиметрический подходы. Несмотря на схожесть принципов, эти методы имеют различия в плане точности, чувствительности, затрат на проведение анализа и др [3].

**Цели работы:** сравнительный анализ эффективности, точности и практичности фотометрического и турбидиметрического методов для определения концентрации серной кислоты в воздухе рабочей зоны с

целью выбора наиболее подходящего метода для мониторинга условий труда и обеспечения безопасности работников.

### **Методика**

#### **Фотометрический метод**

Фотометрия – это метод количественного анализа, основанный на измерении интенсивности света, проходящего через раствор [3]. Для определения концентрации серной кислоты используется реакция между серной кислотой и определенным реагентом, приводящая к образованию окрашенного комплекса. Затем интенсивность окраски измеряется фотометром или спектрофотометром, что позволяет оценить концентрацию кислоты [4].

Принцип метода - поглощение света. Когда свет проходит через раствор или газовую среду, содержащую определенное вещество, оно частично поглощается молекулами этого вещества. Чем больше концентрация вещества, тем сильнее будет поглощаться свет. Интенсивность прошедшего света измеряется фотометром, и по этой величине можно судить о количестве вещества в среде [5].

Проведенное исследование на определение концентрации серной кислоты в воздухе рабочей зоны произведено в соответствии с действующей регламентированной методикой [6]. Для проведения исследования использовался спектрофотометр КФК-3КМ с длиной волны 400 нм и глубиной кюветы 5 мм.

#### **Турбидиметрический метод**

Турбидиметрия – это аналитический метод, который основан на измерении степени мутности раствора, возникающей при образовании осадка [3]. При определении концентрации серной кислоты используются реагенты, способные образовывать с ней нерастворимые соединения, которые затем оседают и делают раствор мутным. Степень помутнения напрямую связана с концентрацией серной кислоты.

Метод турбидиметрии основывается на измерении света, прошедшего через раствор, в котором содержатся взвешенные частицы. Данный метод анализа отличается высокой точностью и чувствительностью. Для проведения измерений можно применять такие приборы, как фотометры и спектрофотометры [7].

Принцип турбидиметрии заключается в оценке интенсивности светового потока, прошедшего через раствор, содержащий взвешенные частицы. Интенсивность проходящего света  $I_{пр}$  снижается из-за поглощения и рассеяния световых волн [8].

Проведенное исследование на определение концентрации серной кислоты в воздухе рабочей зоны турбидиметрическим методом произведено в соответствии с действующей регламентированной методикой для определения массовой концентрации серной кислоты в пробах атмосферного воздуха [9]. В соответствии с письмом государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации № I6/05-112 от 07.09.93 «О внесении поправок в НТД на методики исследования серной кислоты и фенола в воздухе рабочей зоны» упомянутая выше методика является действующей и для воздуха рабочей зоны. Для проведения исследования использовался спектрофотометр КФК-3КМ с длиной волны 400 нм и глубиной кюветы 5 мм.

### ***Результаты и обсуждение***

В заранее приготовленных растворах с заведомо известной концентрацией серной кислоты была определена концентрация вещества фотометрическим и турбидиметрическим методами для дальнейшего сравнения и анализа.

#### ***Фотометрический метод.***

В соответствии с методикой [6] был построен градуировочный график (рис. 1), необходимый для дальнейших расчетов.

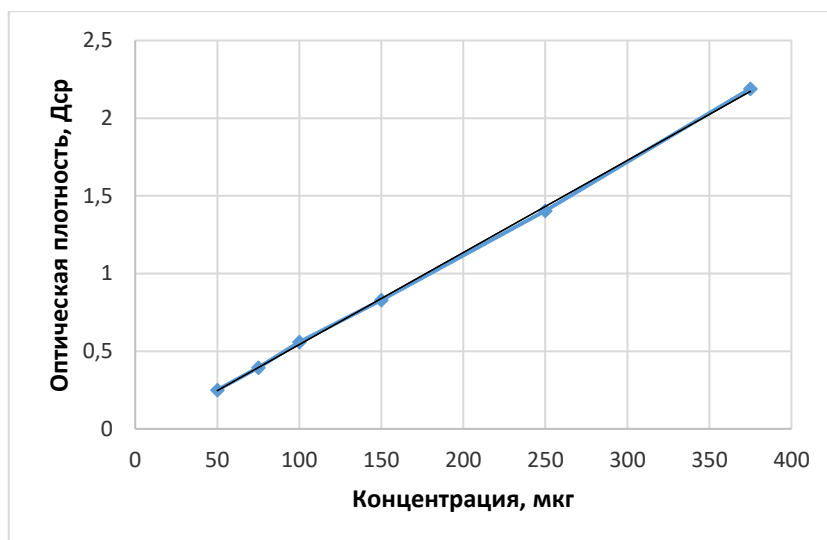


Рис. 1. Градуировочный график для фотометрического метода исследования

### Подготовительные мероприятия

1. Были приготовлены 20 растворов серной кислоты с концентрацией вещества 70 мкг/5 мл.

2. С помощью пипетки были отобраны и перенесены по 5 мл каждого раствора в пробирки. Всего было заполнено 20 пробирок.

### Ход эксперимента

1. В каждую пробирку внесли 1,0 см<sup>3</sup> 1%-го раствора калия йодноватокислого и 0,5 см<sup>3</sup> 3%-го раствора калия йодистого.

2. Содержимое каждой пробирки перемешали, получив аналитическую пробу.

Подготовка раствора сравнения:

3. Параллельно готовился раствор сравнения («холостой опыт»), для чего в другой бюкс помещают чистый фильтр АФА-ХА-20 и выполняют аналогичные манипуляции, описанные ранее [6].

Инкубация:

4. Оба раствора (аналитический и сравнительный) оставляют в тёмном месте на 10 минут.

Измерение оптической плотности:

5. Через 10 минут измерили оптическую плотность аналитической пробы при длине волны 400 нм в кювете с длиной оптического слоя 5 мм относительно раствора сравнения.

6. Данный замер повторили трижды для каждой из 20 проб для проверки стабильности раствора и зафиксировали результаты.

Результаты проведенного эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента: фотометрический метод

| № п-ра | 1 замер   |                                                    | 2 замер   |                                                    | 3 замер   |                                                    |
|--------|-----------|----------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------|
|        | опт. плот | Концент-ия<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мкг | опт. плот | Концент-ия<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мкг | опт. плот | Концент-ия<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мкг |
| 1      | 0,36      | 69,199971                                          | 0,361     | 69,3687                                            | 0,36      | 69,19997                                           |
| 2      | 0,369     | 70,718494                                          | 0,369     | 70,71849                                           | 0,37      | 70,88722                                           |
| 3      | 0,372     | 71,224668                                          | 0,372     | 71,22467                                           | 0,373     | 71,39339                                           |
| 4      | 0,378     | 72,237017                                          | 0,378     | 72,23702                                           | 0,377     | 72,06829                                           |
| 5      | 0,365     | 70,043595                                          | 0,366     | 70,21232                                           | 0,365     | 70,04359                                           |
| 6      | 0,359     | 69,031246                                          | 0,359     | 69,03125                                           | 0,358     | 68,86252                                           |
| 7      | 0,368     | 70,549769                                          | 0,368     | 70,54977                                           | 0,367     | 70,38104                                           |
| 8      | 0,371     | 71,055944                                          | 0,371     | 71,05594                                           | 0,37      | 70,88722                                           |
| 9      | 0,367     | 70,381044                                          | 0,368     | 70,54977                                           | 0,367     | 70,38104                                           |
| 10     | 0,354     | 68,187622                                          | 0,353     | 68,0189                                            | 0,354     | 68,18762                                           |

|    |       |           |       |          |       |          |
|----|-------|-----------|-------|----------|-------|----------|
| 11 | 0,375 | 71,730843 | 0,375 | 71,73084 | 0,375 | 71,73084 |
| 12 | 0,364 | 69,87487  | 0,364 | 69,87487 | 0,364 | 69,87487 |
| 13 | 0,357 | 68,693796 | 0,357 | 68,6938  | 0,357 | 68,6938  |
| 14 | 0,38  | 72,574467 | 0,38  | 72,57447 | 0,39  | 74,26171 |
| 15 | 0,382 | 72,911917 | 0,382 | 72,91192 | 0,381 | 72,74319 |
| 16 | 0,37  | 70,887219 | 0,369 | 70,71849 | 0,37  | 70,88722 |
| 17 | 0,368 | 70,549769 | 0,368 | 70,54977 | 0,369 | 70,71849 |
| 18 | 0,36  | 69,199971 | 0,361 | 69,3687  | 0,361 | 69,3687  |
| 19 | 0,357 | 68,693796 | 0,358 | 68,86252 | 0,358 | 68,86252 |
| 20 | 0,362 | 69,53742  | 0,363 | 69,70615 | 0,362 | 69,53742 |

### Турбидиметрический метод

В соответствии с методикой [9] был построен градуировочный график (рис. 2), необходимый для дальнейших расчетов.

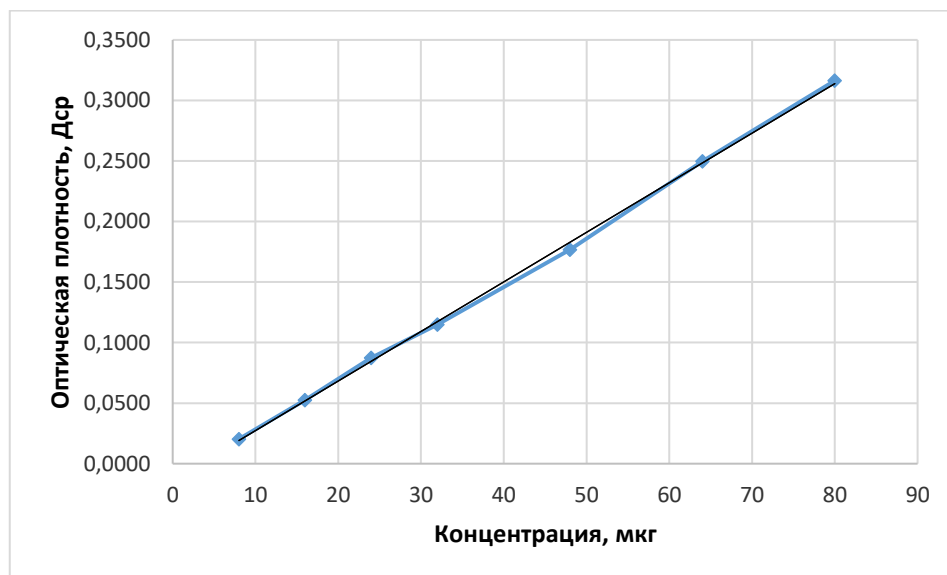


Рис. 2. Градуировочный график для турбидиметрического метода исследования

### Подготовительные мероприятия

1. Были приготовлены 20 растворов серной кислоты с концентрацией вещества 70 мкг/4 мл.

2. С помощью пипетки были отобраны и перенесены по 4 мл каждого раствора в пробирки. Всего было заполнено 20 пробирок.

### Ход эксперимента

1. В каждую пробирку внесли по 0,1 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты (1:1) и 1 см<sup>3</sup> раствора хлорида бария

2. Тщательно перемешали и спустя 15 минут, после предварительного встряхивания,

3. Измерили оптическую плотность растворов.

4. Данный замер повторили трижды для каждой из 20 проб для проверки стабильности раствора и зафиксировали результаты.

5. Массу аэрозоля серной кислоты и растворимых сульфатов в пробе определили по градуировочной характеристике, исходя из разницы оптических плотностей раствора пробы и нулевого раствора [9].

Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента: турбидиметрический метод

| №<br>р-<br>ра | 1 замер      |                                                        | 2 замер      |                                                    | 3 замер      |                                                        |
|---------------|--------------|--------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------|
|               | опт.<br>плот | Концент-<br>ия H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,<br>мкг | опт.<br>плот | Концент-ия<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мкг | опт.<br>плот | Концент-<br>ия H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,<br>мкг |
| 1             | 0,25         | 57,739746                                              | 0,259        | 59,93817                                           | 0,251        | 57,98402                                               |
| 2             | 0,349        | 81,92241                                               | 0,356        | 83,6323                                            | 0,364        | 85,58645                                               |
| 3             | 0,348        | 81,678141                                              | 0,342        | 80,21253                                           | 0,336        | 78,74691                                               |
| 4             | 0,327        | 76,548485                                              | 0,327        | 76,54849                                           | 0,327        | 76,54849                                               |
| 5             | 0,263        | 60,915248                                              | 0,259        | 59,93817                                           | 0,253        | 58,47255                                               |
| 6             | 0,266        | 61,648056                                              | 0,274        | 63,60221                                           | 0,271        | 62,8694                                                |
| 7             | 0,304        | 70,93029                                               | 0,315        | 73,61725                                           | 0,299        | 69,70894                                               |
| 8             | 0,321        | 75,082869                                              | 0,331        | 77,52556                                           | 0,338        | 79,23545                                               |
| 9             | 0,348        | 81,678141                                              | 0,34         | 79,72399                                           | 0,351        | 82,41095                                               |
| 10            | 0,324        | 75,815677                                              | 0,332        | 77,76983                                           | 0,336        | 78,74691                                               |
| 11            | 0,229        | 52,61009                                               | 0,232        | 53,3429                                            | 0,241        | 55,54132                                               |
| 12            | 0,268        | 62,136594                                              | 0,259        | 59,93817                                           | 0,264        | 61,15952                                               |
| 13            | 0,293        | 68,243328                                              | 0,301        | 70,19748                                           | 0,305        | 71,17456                                               |
| 14            | 0,324        | 75,815677                                              | 0,318        | 74,35006                                           | 0,328        | 76,79275                                               |
| 15            | 0,321        | 75,082869                                              | 0,314        | 73,37298                                           | 0,319        | 74,59433                                               |
| 16            | 0,368        | 86,563528                                              | 0,371        | 87,29634                                           | 0,373        | 87,78487                                               |
| 17            | 0,363        | 85,342181                                              | 0,347        | 81,43387                                           | 0,352        | 82,65522                                               |
| 18            | 0,351        | 82,410949                                              | 0,348        | 81,67814                                           | 0,339        | 79,47972                                               |
| 19            | 0,344        | 80,701064                                              | 0,333        | 78,0141                                            | 0,326        | 76,30422                                               |
| 20            | 0,258        | 59,693901                                              | 0,249        | 57,49548                                           | 0,236        | 54,31998                                               |

Определили параметры, по которым осуществили сравнение двух рассматриваемых методик [10]:

1. Точность и чувствительность методов;
2. Воспроизводимость результатов, то есть данные о повторяемости экспериментов и стабильности получаемых значений;
3. Экономическая эффективность: оценка временных затрат и финансовых расходов на проведение анализов обоими методиками;
4. Оптимальные условия применения методов в зависимости от специфики задачи.

*Сравнение точности и чувствительности методик, а также воспроизводимости результатов*

Результаты измерений концентрации серной кислоты фотометрическим и турбидиметрическим методом представлены на рисунках 3-4.

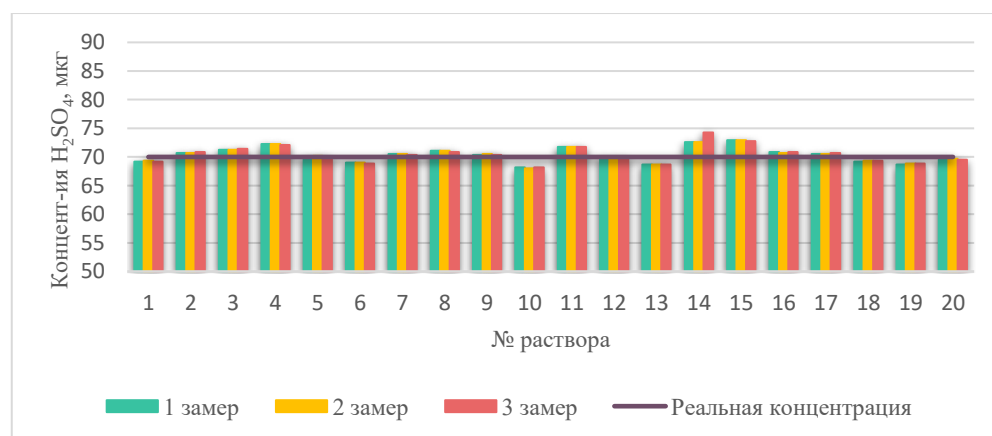


Рис. 3. Концентрация серной кислоты, определенная фотометрическим методом

По графику видно, что все произведенные спектрофотометром замеры концентраций располагаются в непосредственной близости от линии, соответствующей реальной концентрации серной кислоты. Диапазон разброса найденных значений составляет от 68,02 мкг до 74,26 мкг. Более того, результаты трехкратного замера каждого из растворов практически идентичны, что указывает на надёжность и воспроизводимость процесса подготовки проб [11].

В случае с турбидиметрическим методом (рис. 4), видно, что результаты измерения концентрации серной кислоты значительно отклоняются от линии реальной концентрации как в сторону повышения, так и понижения. Диапазон разброса найденных значений составляет от

52, 61 мкг до 87,78 мкг. Трехкратное измерение концентрации каждого раствора показало, что приготовленные растворы менее стабильны по сравнению с фотометрическим методом.

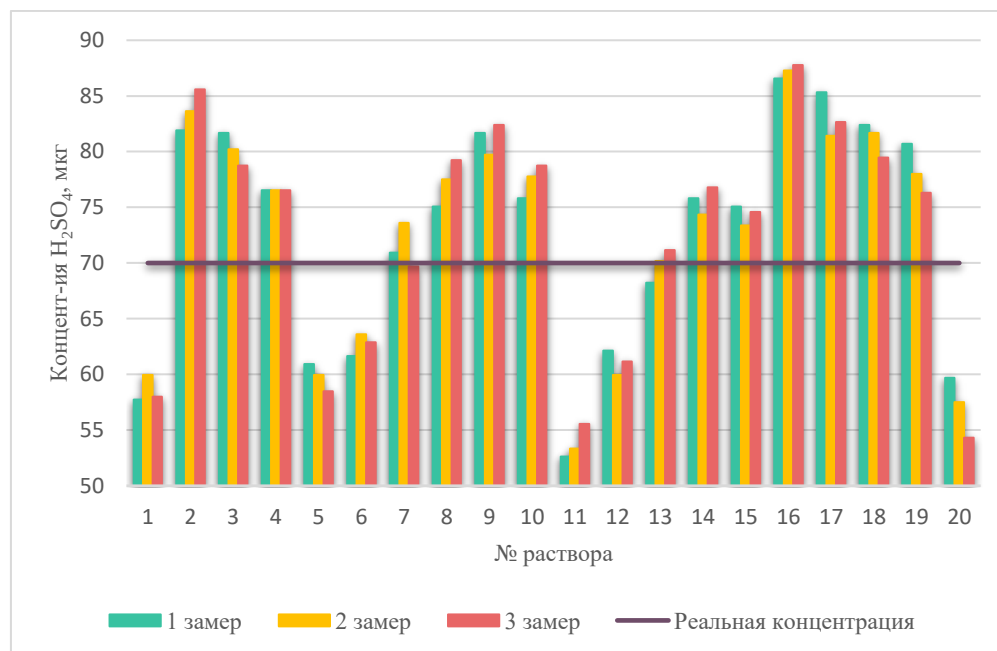


Рис. 4. Концентрация серной кислоты, определенная турбидиметрическим методом

#### Оценка экономической эффективности: оценка временных затрат

Для сравнения временных затрат между фотометрическим и турбидиметрическим методиками измерения важно учитывать несколько факторов, связанных с процедурой проведения анализа и особенностями каждого метода.

#### Фотометрический метод

Этапы:

1. Подготовка образца – в нашем случае занимает не более часа;
2. Настройка прибора и калибровка – не более получаса;
3. Измерение — процесс сам по себе занимает секунды;
4. Интерпретация результатов, расчет концентрации – не более получаса.



Таким образом, весь процесс, включая подготовку, настройку и измерение, может занять от нескольких минут до получаса, так как пробоподготовка в нашем случае не занимает много времени.

#### *Турбидиметрический метод*

Этапы:

1. Подготовка образца – от 48 часов (выдержка раствора хлорида бария);
2. Настройка прибора и калибровка – не более получаса;
3. Измерение — само измерение также занимает считанные секунды;
4. Интерпретация результатов, расчет концентрации – не более получаса.

В данном случае временные затраты по настройке прибора, измерению и интерпретации аналогичны фотометрии, однако подготовка образца требует значительно больше времени (более 48 часов).

Таким образом, основное различие во временных затратах заключается в подготовке образцов, в связи с чем в нашем эксперименте по описанным ранее методикам турбидиметрический метод является более трудоемким (рис. 5).

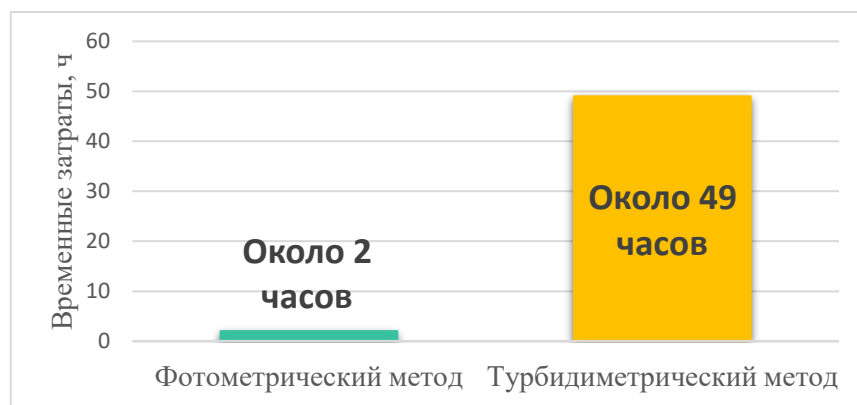


Рис. 5. Оценка временных затрат для получения 1 пробы разными методиками

#### *Оценка экономической эффективности: оценка финансовых расходов*

При сравнении затрат на использование фотометрической и турбидиметрической методик ключевым фактором становится экономичность расходных материалов и простота эксплуатации.

#### *Затраты на оборудование*

Поскольку в данном случае оба метода выполняются на одном устройстве, эта статья расходов одинакова для обоих подходов.

Спектрофотометр может использоваться как для фотометрии, так и для турбидиметрии, что делает сравнение справедливее.

#### Затраты на расходные материалы

Для сравнения стоимости реагентов между двумя методами важно учитывать цены на каждое химическое вещество, а также необходимое количество каждого реагента для проведения анализа.

Набор реагентов для фотометрического метода с расчетом стоимости представлены в таблице 3.

Таблица 3

Набор реагентов для фотометрического метода с расчетом стоимости

| №      | Реагент                                          | Рыночная стоимость | Требуемое кол-во | Итого, руб |
|--------|--------------------------------------------------|--------------------|------------------|------------|
| 1      | Калий йодноватокислый                            | ~ 1500 руб/кг.     | 1,00 г           | 1,5        |
| 2      | Калий йодистый                                   | ~ 1000 руб/кг.     | 3,00 г           | 3          |
| 3      | Ампула стандарт-титра (фиксанала) серной кислоты | ~ 540/10 шт        | 1 шт             | 54         |
| 4      | Фильтр                                           | ~ 12550/100шт      | 1 шт             | 125,5      |
| Итого: |                                                  |                    |                  | 184        |

Набор реагентов для турбидиметрического метода с расчетом стоимости представлены в таблице 4.

Таблица 4

Набор реагентов для турбидиметрического метода с расчетом стоимости

| №      | Реагент                                                           | Рыночная стоимость | Требуемое кол-во    | Итого, руб |
|--------|-------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|------------|
| 1      | Бария хлорид (дигидрат) высокой чистоты                           | ~ 2000 руб/кг      | 11,7 г              | 23,4       |
| 2      | Калия сульфат высокой чистоты                                     | ~ 1200 руб/кг      | 1 г                 | 1,2        |
| 3      | Соляная кислота плотностью 1,19 г/см <sup>3</sup> высокой чистоты | ~ 4000 руб/л       | 100 см <sup>3</sup> | 400        |
| 4      | Этанол, ректификат                                                | ~ 800 руб/л        | 300 см <sup>3</sup> | 240        |
| 5      | Этиленгликоль, чистый для анализа                                 | ~ 600 руб/л        | 300 см <sup>3</sup> | 180        |
| 6      | Фильтр «синяя лента»                                              | ~ 5р/шт            | 1 шт                | 5          |
| 7      | Фильтр                                                            | ~ 12550/100шт      | 1 шт                | 125,5      |
| Итого: |                                                                   |                    |                     | 975,1      |

На основании проведенных расчетов было установлено, что затраты на приготовление одной пробы фотометрическим методом составляют 184 рубля, тогда как турбидиметрическим методом — 975,1 рубля. Это свидетельствует о том, что расходы на реагенты для одного анализа существенно ниже при использовании фотометрического метода по сравнению с турбидиметрическим.

#### *Эксплуатационные расходы*

Эксплуатационные затраты схожи для обоих методов, так как техническое обслуживание и калибровка оборудования идентичны независимо от применяемого подхода [10].

Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для получения 1 пробы, представлены на рис. 6.



Рис. 6. Затраты на реагенты, используемые для получения 1 пробы

Таким образом, использование одного спектрофотометра для обеих методик существенно упрощает сравнительный анализ затрат. В таком случае фотометрия оказывается более выгодной с точки зрения экономии на расходных материалах.

#### *Оптимальные условия применения методов в зависимости от специфики задачи*

Выбор в пользу применения методов фотометрии или турбидиметрии зависит от множества факторов, таких как природа исследуемого вещества, цели анализа, доступность оборудования и др.

Различия методов в зависимости от специфики задачи представлены в таблице 5.

Таблица 5

Различия методов фотометрии и турбидиметрии в зависимости от поставленной задачи

| Специфика задачи              | Фотометрический метод                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Турбидиметрический метод                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Природа исследуемого вещества | <p>Подходит для анализа растворов, содержащих растворимые вещества, такие как соли металлов, органические соединения, белки и ферменты. Особенно эффективна для веществ, поглощающих свет в определенном диапазоне длин волн (например, красители)</p> <p>Рекомендуется, когда нужно измерять содержание окрашенных веществ или веществ, реагирующих с реагентами, образующими окрашенные комплексы.</p> | <p>Применяется для анализа суспензий или коллоидных растворов, где концентрация определяется количеством взвешенных частиц. Этот метод хорошо подходит для измерения содержания бактерий, вирусов, дрожжей и других микроорганизмов.</p> <p>Рекомендуется, когда присутствует значительное количество твердых частиц или взвесей, вызывающих помутнение раствора.</p> |
| Чувствительность метода       | <p>Более чувствительна, так как позволяет точно определять даже небольшие изменения оптической плотности.</p> <p>Подходит для количественного анализа низких концентраций веществ. Используется, когда нужна высокая точность измерений и требуется обнаружить малые количества вещества.</p>                                                                                                            | <p>Менее чувствительна, но удобна для оценки относительно высоких концентраций взвешенных частиц. Эффективна для быстрого скрининга больших объемов образцов.</p> <p>Применима, когда важна скорость анализа и не требуется высокая чувствительность.</p>                                                                                                             |

|                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Специфичность задачи</p> <p>—Анализ биологических объектов (бактерии, вирусы):</p> <p>—Контроль качества воды:</p> <p>—Медицинская диагностика:</p> | <p>Может использоваться для измерения активности ферментов или концентрации метаболитов, но для прямого подсчета клеток бактерий лучше использовать турбидиметрию. Используется для измерения содержания тяжелых металлов, органических соединений и других загрязнителей. Широко применяется для биохимического анализа крови (глюкоза, билирубин, холестерин и др.).</p> | <p>Наиболее распространена для оценки роста бактериальных культур благодаря способности оценивать степень помутнения среды.</p> <p>Идеальна для контроля мутности воды, наличия взвешенных частиц и осадка.</p> <p>Часто используется для определения уровня белка в моче или плазме крови.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Источники: [1, 8, 10,]

Таким образом, фотометрия предпочтительнее для анализов, требующих высокой точности и чувствительности, особенно в случае окрашенных растворов и низкомолекулярных соединений. Турбидиметрия, в свою очередь, оптимальна для оценки мутности и концентрации взвешенных частиц, особенно в биологических системах и массовых исследованиях.

Полученные данные свидетельствуют о том, что фотометрический метод демонстрирует большую точность и стабильность результатов по сравнению с турбидиметрическим. Основные причины этого заключаются в том, что фотометрия менее подвержена влиянию посторонних факторов, таких как температура раствора или примеси. Также отмечена высокая чувствительность фотометрического метода даже при низких концентрациях серной кислоты.

Турбидиметрия показала себя менее точной, поскольку мутность раствора может зависеть от множества переменных, включая размер частиц осадка и условия приготовления реагентов. Кроме того, процедура турбидиметрии требует большего числа операций, что увеличивает вероятность возникновения ошибок.

### **Заключение**

Исследование показало, что фотометрический метод является предпочтительным для определения концентрации серной кислоты в воздухе рабочей зоны благодаря своей высокой точности, стабильности и чувствительности. Этот метод обеспечивает надёжные результаты при минимальной вероятности влияния внешних факторов. Тем не менее, турбидиметрический метод остаётся полезным в ситуациях, когда требуются быстрые и менее точные измерения.

### **Список литературы**

1. Аксенчик К.В. Технология серной кислоты: учебное пособие/ К.В. Аксенчик. — Череповец: ЧГУ, 2017. — 209с.;
2. Мурашова У.А., Скалкина Л.В., Антипова Ю.В. - Измерение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды. Сборник материалов IX Всероссийской конференции, посвященной 55-летию Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова. Чебоксары, 2022. С. 58-59.;
3. Березина, Н. М. Физико-химические методы анализа (фотометрия и турбидиметрия) [Электронный ресурс]: учебное пособие / Березина Н. М., Волков А. В., Базанов М. И., Дмитриева Н. Г. — Иваново: ИГХТУ, 2018. — 104 с. — Книга из коллекции ИГХТУ - Химия. — URL:<https://e.lanbook.com/book/127524>;
4. Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Сборник методических указаний. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006.;
5. Фотометрический анализ: метод. указ. к лаб. работе. / Сост. Б.М. Стифатов. - Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2017. - 34 с.: ил.;
6. МИ ХВ-42.01-2018. Методика измерений массовой концентрации серной кислоты в воздухе рабочей зоны методом фотометрии для целей специальной оценки условий труда;
7. Методика измерений ООО «Сиб-СТРИМ». Воздух рабочей зоны. Турбидиметрический метод измерений массовой концентрации серной кислоты, 2014.;
8. Химические и физико-химические методы анализа : сб. задач : [учеб. пособие] / [В. И. Кочеров и др. ; под общ. ред. С. Ю. Сараевой] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 208 с.;
9. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» — руководство по методам измерения и контроля уровня загрязнений воздуха, в том числе содержания серной кислоты;
10. Губарев А.В., Садовская О.Р. - Сравнительный анализ методов измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Статья в журнале - научная статья Язык: русский. Номер: 135 Год: 2023  
Страницы: 2-3.

11. МУК 4.1.2479-09 «Методические указания по измерению концентраций серной кислоты в атмосферном воздухе методом фотометрии»;

*Об авторах:*

СЕРАФИМСКИЙ Андрей Станиславович – магистр химико-технологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., д. 35); e-mail: asserafimskiy@edu.tversu.net

ФЕОФАНОВА Мариана Александровна – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической и аналитической химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., д. 35); e-mail: Feofanova.MA@tversu.ru

## COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING SULFURIC ACID IN THE AIR OF A WORKING AREA USING PHOTOMETRIC AND TURBIDIMETRIC METHODS

A.S. Serafimskiy, M.A. Feofanova

*Tver State University, Tver*

In this paper, a comparative analysis of two methods for determining the concentration of sulfuric acid in the air is carried out: photometric and turbidimetric. The principles of operation of both methods are described, the methods of analysis are given and the data obtained are analyzed. For the study, a KFK-3KM spectrophotometer with a wavelength of 400 nm and a cuvette depth of 5 mm was used to perform measurements using both methods. In pre-prepared solutions with a known concentration of sulfuric acid, the concentration of the substance was determined by photometric and turbidimetric methods for further comparison and analysis. The results showed that the photometric method is superior to the turbidimetric method in a number of indicators, including accuracy, sensitivity and convenience of performing procedures and other aspects.

**Keywords:** sulfuric acid, concentration, photometry, turbidimetry, working area.

Дата поступления в редакцию: 09.06.2025.

Дата принятия в печать: 16.06.2025.