

активатор. Установленные корреляции между структурной нанодисперсности, выявленной синхротронными методами, и эффективностью сенсibilизированной фотолюминесценции открывают пути для целенаправленного конструирования подобных систем с заданными оптическими характеристиками для применения в оптоэлектронике, биосенсорах и люминофорах.

*Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZNS-2024-0013).*

УДК 543.2:544.4:547.475.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

*Карп А. А., Стребко С. А.*

учаш. ГУО «Ордена Трудового Красного Знамени гимназия № 50 г. Минска»

*Науч. рук. учитель химии Акулич Ю. В.*

ГУО «Ордена Трудового Красного Знамени гимназия № 50 г. Минска»

*Консульт. доцент каф. АХ Подтероб А. П.*

Белорусский государственный университет

Аскорбиновая кислота — водорастворимый витамин, он участвует в синтезе коллагена, укрепляет иммунитет и поддерживает здоровье сосудов. Витамин С является антиоксидантом, легко отдает электроны, чтобы нейтрализовать нестабильные свободные радикалы, стабилизирует цвет соков и напитков. В настоящее время для обнаружения аскорбиновой кислоты используют высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ), а также спектрофотометрические и флуориметрические методы.

Актуален поиск и использование общедоступной, точной и быстрой методики анализа не только для промышленности, но и для учебных заведений. Разработка и проверка методик, которые можно использовать в условиях обычного кабинета химии, дает нам шанс повысить качество практической деятельности и сделать исследования (научные работы) более доступными.

**Предмет исследования:** Количественное определение аскорбиновой кислоты кинетическим методом.

**Цель работы:** Определение концентрации аскорбиновой кислоты в различных объектах визуальным и спектрофотометрическим методами на основе кинетики

**Задачи:** 1. Провести критический анализ литературных источников по теме исследования и систематизировать существующие методы анализа аскорбиновой кислоты.

2. Исследовать возможность визуального определения аскорбиновой кислоты с использованием окрашенного комплекса, образованного ионами  $Fe(+3)$  и сульфосалициловой кислотой.

3. Разработать кинетический метод количественного определения аскорбиновой кислоты в различных объектах.

4. Определить содержание аскорбиновой кислоты в различных объектах по разработанной методике.

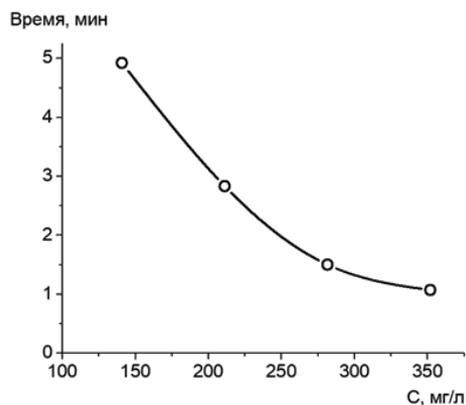
5. Разработать рекомендации по практическому использованию предложенной методики.

**Гипотеза:** Исходя из известного факта, что аскорбиновая кислота окисляется ионами  $Fe(+3)$ , предложено вместо ионов  $Fe(+3)$  использовать в данной реакции окрашенный комплекс, образованный ионами  $Fe(+3)$  и сульфосалициловой кислотой. В процессе окислительно-восстановительной реакции окрашенный комплекс должен разрушаться, а раствор обесцвечиваться. Скорость реакции будет возрастать с увеличением концентрации аскорбиновой кислоты. Таким образом, гипотеза заключается в возможности разработки кинетической методики количественного определения аскорбиновой кислоты. Контроль за протеканием реакции можно проводить визуальным, а также спектрофотометрическим методом.

**Методы исследования:** Изучение и анализ литературных источников, визуальный и спектрофотометрический методы.

**Практическая часть.** Цель практической части: Определение концентрации аскорбиновой кислоты визуальным и спектрофотометрическим методом в различных объектах.

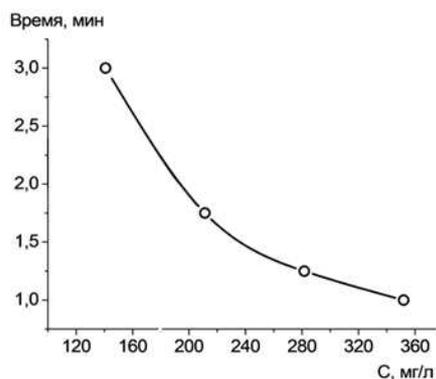
**Опыт 1:** Построение калибровочной зависимости времени обесцвечивания раствора от концентрации аскорбиновой кислоты путём визуального фиксирования момента полного исчезновения окраски комплекса железа(III) с сульфосалициловой кислотой.



**Рисунок 1** – Зависимость времени протекания реакции от начальной концентрации аскорбиновой кислоты в реакционной смеси

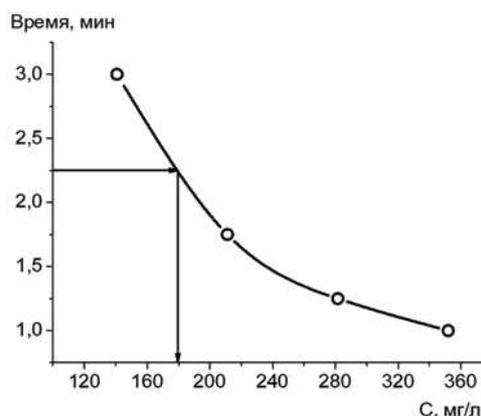
**Вывод для опыта 1:** Визуальный метод является удобным, недолгим, однако не очень точным методом определения концентрации растворов. Окислительный комплекс на основе ионов  $Fe(+3)$  и сульфосалициловой кислоты способен за короткий промежуток времени окислять сильные восстановители, такие как аскорбиновая кислота. В результате фиолетовый раствор обесцвечивается.

**Опыт 2:** То же, что в опыте 1, но время окончания реакции (обесцвечивания) определялось не на глаз, а по показаниям спектрофотометра (падение оптической плотности до нуля при длине волны 510 нм).



**Рисунок 2** – Зависимость времени протекания реакции от начальной концентрации аскорбиновой кислоты в реакционной смеси

**Опыт 3:** Практическое применение построенной калибровочной зависимости: измерение времени реакции для анализируемого раствора с неизвестной концентрацией аскорбиновой кислоты и расчёт этой концентрации по графику.



**Рисунок 3** – Зависимость времени протекания реакции от начальной концентрации аскорбиновой кислоты в реакционной смеси, где стрелками обозначена концентрация рабочего раствора

**Опыт 4:** Количественный анализ реального объекта — порошка аскорбиновой кислоты. Через калибровочную кривую определяли массу действующего вещества в навеске лекарственного средства.

**Вывод для опыта 4:** Этот опыт позволяет заключить, что лекарственное средство «Аскорбиновая кислота (витамин С). Порошок для приготовления раствора для приёма внутрь» представляет собой практически 100 % аскорбиновую кислоту.

**Таблица 1.** Сравнение кинетического метода и титрования

	Титрование	Кинетический
Принцип	Реакция окисления $C_6H_8O_6$ до дегидроаскорбиновой кислоты ( $C_6H_6O_6$ ) с помощью титрантов (йод, йодат калия, 2,6-дихлорфенолиндофенол).	<b>Визуальный этап:</b> Интенсивность полученной окраски визуально сравнивают со шкалой стандартных растворов. <b>Спектрофотометрический этап:</b> Интенсивность окраски измеряют на приборе при длине волны ~510 нм. Концентрацию рассчитывают по графику.

	Титрование	Кинетический
Что входит в расходы	Покупка штативов бюреток, пипеток, мерных колб и реактивов.	Покупка реактивов (соли Fe <sup>3+</sup> , сульфосалициловая кислота), колб, цилиндров, спектрофотометр.
Максимальное время анализа	5–15 мин.	После построения калибровочной кривой — 5 минут.
Точность	<b>Недостаточно</b> точный. Визуальное определение конечной точки — субъективное суждение, зависит от человека.	<b>Визуальный этап:</b> Низкая. из-за субъективности визуальной оценки. Погрешность может достигать 15–25%. <b>Спектрофотометрический этап:</b> Высокая. Благодаря объективности инструментального измерения. Погрешность обычно не превышает 2–5%
Доступность	Легко воспроизводится в школьной лаборатории, если проводить реакции, которые длятся непродолжительный промежуток времени.	Визуальная часть может быть выполнена в любой школьной лаборатории без сложного оборудования. А использование спектрофотометра усложняет данный процесс. Метод больше подходит для научных работ и вузов.

**Практическая значимость.** Разработана новая методика определения аскорбиновой кислоты, основанную на кинетике. Методика – это последовательность операций. Методик определения аскорбиновой кислоты очень много, но вопрос разработки новых методик остаётся всегда актуальным. Новые методики используют современные приборы и достижения в аналитической химии. А старые методики уходят в прошлое. Так, например, уже не используется методика титрования аскорбиновой кислоты с применением хлорного железа, хотя в своё время, примерно сто лет назад, на неё был получен патент. Но тогда не было приборов как сейчас, например, спектрофотометров. Всё устаревает. На смену старого приходит новое.

Использована оптическая плотность не сама по себе, а как средство слежения за скоростью реакции окисления аскорбиновой кислоты окрашенным комплексом. В этом и есть новизна. Если же просто измерить оптическую плотность и сделать расчёты по уравнению Бугера-Ламберта-Бера, то таких методик много. Новизна методики в том, что она основана на сочетании кинетики и спектрофотометрии.

**Заключение к сравнению.** Методы титрования остаются незаменимыми для обучения основам химического анализа, так как они наглядны, просты в исполнении и не требуют сложного оборудования.

Однако кинетический метод превосходит их по точности, надежности и скорости проведения измерений. Хотя первая затрата на покупку оборудования достаточно высокая, сам анализ является бюджетным. Так как прибор будет служить долгие годы.

Этот метод позволяет перейти от школьных опытов к настоящей научной работе, формируя у учащихся знания и умения в области физико-химических методов анализа. Для учебных занятий и знакомства с основами химических реакций логично использовать титрование. Для более глубокой исследовательской работы, требующей точных результатов, кинетический метод — отличный выбор. Наличие в школе или университете спектрофотометра открывает двери в научную деятельность по химии, биологии и физике.

**Выводы:**

1. Разработана новая методика количественного определения аскорбиновой кислоты, основанная на зависимости времени протекания реакции от концентрации аскорбиновой кислоты в растворе, применена в анализе лекарственного средства «Аскорбиновая кислота (витамин С). Порошок для приготовления раствора для приема внутрь». Установлено, что лекарственное средство представляет собой чистый порошок аскорбиновой кислоты.

2. Методика отличается быстротой выполнения (по сравнению с титрованием), доступностью с дешевизной растворов и небольшими погрешностями (2–3%).

3. Методика рекомендуется для контроля качества лекарственных средств, содержащих аскорбиновую кислоту, но не содержащих красители.

4. Рекомендуется использовать модернизированную методику для контроля качества лекарственных средств, содержащих аскорбиновую кислоту, но не содержащих красители.

**Заключение.** Важно отметить следующие положительные аспекты, которые мы подчеркнули при проведении анализа наличия аскорбиновой кислоты, согласно предложенному методу: экономическая и физическая доступность реактивов, быстрота реакции, а вследствие и определения аскорбиновой кислоты, а также то, что используемые реактивы и продукты реакции не представляют опасности для окружающей среды.

К недостаткам можно отнести то, что метод исследован не полностью и некоторые вопросы, затронутые в методике, требуют дальнейшего изучения.

### Список использованной литературы

1. Беликов, В. Г. Фармацевтическая химия. В 2 ч: Учебное пособие. 4-е изд., перераб. и доп./ В. Г. Беликов. – М.: МЕДпресс-информ, 2007. – 624 с.
2. Горбачев, В. В. Витамины, микро- и макроэлементы. Справочник./ В. В. Горбачев, В. Н. Горбачева. – Минск: Книжный дом; Интерпресссервис, 2002. – 544 с.
3. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2, 11-е изд. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / Министерство здравоохранения СССР. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.
4. Колотилова, А. И. Витамины (химия, биохимия и физиологическая роль) / А. И. Колотилова, Е. П. Глушанков. – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1976. – 248 с.
5. Мелентьева, Г. А. Фармацевтическая химия / Г. А. Мелентьева, Л. А. Антонова. – М.: Медицина, 1985. – 480 с.
6. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения витамина С: ГОСТ 24556-89. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990. – 11 с.
7. Ахмедова, Р. И. Спектрофотометрическое определение аскорбиновой кислоты в лекарственных формах / Р. И. Ахмедова, Х. А. Мирзаева // *Universum: Химия и биология* – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 29–31.
8. Девис, М. Витамин С: Химия и биохимия: Пер. с. англ./ М. Девис, Дж. Остин, Д. Патридж. – М.: Мир, 1999. – 176 с.
9. SU 1352361 А1. Способ определения аскорбиновой кислоты / Компанцев В. А., Писарев В. В., Щербак С. Н. – 4039067/28-04. Заявл.16.12.1985. Оpubл. 15.11.1987 // Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
10. SU 1626150 А1. Способ определения аскорбиновой кислоты / Сичко А. И., Скребцова Н. А. – 4621042/04. Заявл.16.12.1988. Оpubл. 07.02.1991 // Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
11. Приказ МИНДРАВА России // от 20.07.2023 // номера 377. Издания: Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания // Раздел: 1.2.1.2. Хроматографические методы анализа // ОФС.1.2.1.2.0005.
12. Магин, Д. В. Фотохемилюминесценция как метод изучения антиоксидантной активности в биологических системах. Математическое моделирование / Д. В. Магин, Д. Ю. Измайлов, И. Н. Попов, Г. Левин, Ю. А. Владимиров // *Вопросы медицины*, 2000, т. 46. – № 4. – С. 419-425.

УДК 66.081.63:631.8

## ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ РАСТЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ИСКУССТВЕННОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ИОНИТОВ, НАСЫЩЕННЫХ БИОГЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

*Кучинский П. В.*

ГУО «Ордена Трудового Красного Знамени гимназия № 50 г. Минска»

**Введение.** Ионообменные субстраты — это искусственные питательные среды на основе анионитов [1] и катионитов [1], способные аккумулировать биогенные элементы и постепенно высвобождать их в доступной для растений форме. Такие субстраты обе-