

3. Мелехова, О. П., Егорова, Е. И., Телегина, Т. А. Триазольные фунгициды: механизм действия, резистентность и побочные эффекты на растения / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. А. Телегина // *Агрохимия*. – 2020. – № 8. – С. 86–96.
4. Петров, В. С., Сидорова, Л. В. Регуляторы роста растений на основе нитрофенолятов: механизм физиологического действия и эффективность применения / В. С. Петров, Л. В. Сидорова // *Плодородие*. – 2019. – № 5(110). – С. 34–38.
5. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений // Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2025. – URL: <http://sorttest.by/registry.php> (дата обращения: 10.12.2025).
6. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь // Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. – Минск, 2025. – URL: <https://ggiskzr.by/reestr-szr/> (дата обращения: 10.12.2025).
7. Новиков, Н. Н. Лабораторный практикум по биохимии растений : учеб. пособие / Н. Н. Новиков, Т. В. Таразанова. – М. : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – 97 с.

УДК 661.847.22, 54.057

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ОКСИД ЦИНКА, ДОПИРОВАННЫЙ ЕВРОПИЕМ: ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И СИНХРОТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Зернов Я. Г.

лаборант-исследователь, ДВФУ

Резниченко Т. В.

лаборант-исследователь, ДВФУ

Храмов Е. В.

научный сотрудник, к.х.н., НИЦ «Курчатовский Институт»

Шурыгин А. В.

заведующий молодежной лабораторией структурного материаловедения,

к. ф.-м. н., ДВФУ

Введение. Перспективы применения наноструктурированного оксида цинка, допированного ионами европия, являются многообещающими в области оптоэлектроники, фотокатализа и создания новых люминесцентных материалов. Полупроводник ZnO служит эффективной матрицей для внедрения редкоземельных ионов европия, что позволяет объединить преимущества квантово-размерных эффектов наночастиц с характерной, узкополосной люминесценцией ионов Eu^{3+} .

Ключевым условием для проявления таких гибридных фотолюминесцентных свойств является эффективный не прямой (сенсibilизированный) перенос энергии от возбужденной полупроводниковой матрицы к 4f-уровням ионов европия. Именно этот процесс определя-

ет интенсивность свечения активатора. На его эффективность решающее влияние оказывает дефектная структура материала. Дефекты кристаллической решётки ZnO, такие как вакансии кислорода или цинка, могут выступать в роли промежуточных центров, сенсбилизирующих люминесценцию: Центры поглощают энергию возбуждения и передают её на ионы Eu^{3+} , конкурируя при этом с каналами релаксации.

Основная часть. Для синтеза оксида цинка, допированного частицами Eu, использовали ZnCl_2 и $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$. Соли растворяли в воде и по капельно добавляли раствор 25% NH_4OH при постоянном нагревании. Осажденных гидроксиды растворяли в ледяной уксусной кислоте и выпаривали до образования осадка, состоящего из смеси ацетатов Zn и Eu. Полученный осадок сушили в вытяжном шкафу при 70°C в течение суток и отжигали в муфельной печи при 600°C с выдержкой 2 часа. В ходе синтеза был получен чистый и допированный 3% масс. Eu оксид цинка.

На рисунке 1 представлены рентгенограммы чистого оксида цинка и допированного оксидом европия. Пики ZnO полностью совпадают с набором пиков из базы данных, а прекурсорных и примесных пиков не наблюдается, что говорит о чистоте полученной фазы и корректности синтеза. Добавка оксида европия (III) не смещает пики основной фазы, следовательно химического взаимодействия между оксидами во время синтеза не происходит.

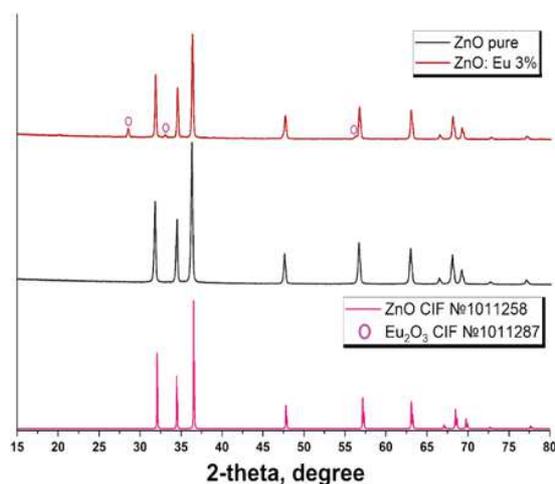


Рисунок 1 – Дифрактограммы ZnO и ZnO:Eu

Образцы исследовались методом XAS-спектроскопии на К-краю поглощения Zn (9659 эВ) в режиме пропускания. На рисунке 2 (а) представлены спектры чистого и допированного оксида цинка в области XANES. Образцы имеют сходное локальное окружение и Zn находится в оксидной фазе.

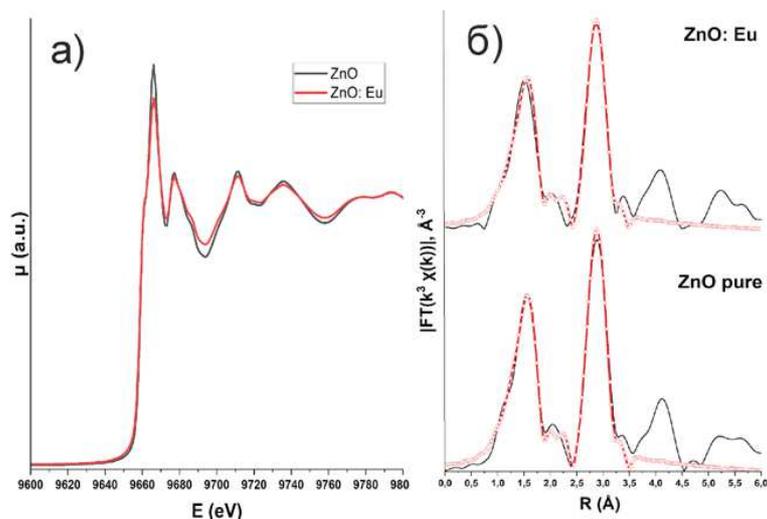


Рисунок 2 – Спектры XANES и Фурье-трансформанты EXAFS для ZnO и ZnO:Eu

Фурье-трансформанты EXAFS-спектров имеют 2 выраженных интенсивных пика для всех образцов (рис. 2, б). Интенсивный пик на $R \sim 1.5 \text{ \AA}$ может соответствовать координации «металл-кислород». Второй более интенсивный пик при $R \sim 3.0 \text{ \AA}$ может относиться к координационной сфере «металл-металл».

Моделирование EXAFS спектров осуществлялась от 1 до 3.5 \AA при $k_w = 2, 3$ в диапазоне волновых чисел от 2 до 13.5 \AA^{-1} . Первая координационная сфера «металл-кислород» точно описывается 2 путями рассеяния фотоэлектрона на атомах O с КЧ равным 3. Вторая координационная «металл-металл» описывается 2 путями рассеяния Zn-Zn с объемными КЧ равными 6. Однако при добавлении частиц Eu КЧ в координации Zn-Zn снижается до 1.87. Таким образом, малые значения КЧ указывают на нанодисперсность оксида. Это связано с тем, что в наночастицах большинство атомов находятся вблизи поверхности, где их локальное координационное окружение неполно.

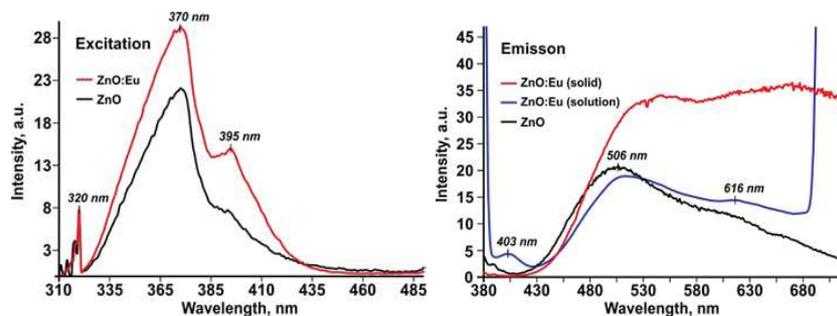


Рисунок 3 – Оптические спектры возбуждения (справа) и эмиссии (слева) ZnO:Eu в твердой фазе и растворе этанола

Фотолюминесцентные спектры были получены для твердых образцов с энергией возбуждения 365 нм. На рисунке 3 спектр эмиссии представляет собой широкую полосу от 400 до 800 нм с двумя выраженными максимумами.

Спектры возбуждения, зарегистрированные для линии люминесценции 613 нм, демонстрируют ключевое различие между ZnO и ZnO:Eu. Чистый ZnO характеризуется широкой полосой возбуждения в УФ-области с максимумом около 375 нм, что соответствует собственным межзонным переходам в образце. В спектре возбуждения ZnO:Eu, наряду с этой полосой, появляется набор узких линий в видимой области, которые являются характерными для внутрицентровых 4f-4f переходов ионов Eu^{3+} .

На рисунке 3 (слева) изображены спектры фотолюминесценции, полученные при возбуждении излучением с длиной волны 375 нм. Спектр чистого ZnO показывает интенсивную широкую полосу в зелено-жёлтой области (максимум ~565 нм), традиционно связываемую с рекомбинацией через дефектные состояния, например, через кислородные вакансии. При добавлении европия данная полоса оказывается существенно подавленной. В спектрах образцов ZnO:Eu (как в твёрдой фазе, так и в растворе этанола) доминируют узкие линии, соответствующие переходам с уровня 5d иона Eu^{3+} на нижележащие f-уровни.

Закключение. Проведенные исследования демонстрируют, что синтезированный нанокompозит ZnO:Eu представляет собой перспективный гибридный материал, в котором сочетаются наноструктурированная полупроводниковая матрица и редкоземельный

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.