

Zufarov Asliddin Mirzabayevich
Samarqand davlat universiteti doktoranti
Email: zufarovasliddin@samdu.uz
Sagdeyev Dmitriy Olegovich
Qozon milliy tadqiqot texnologik universiteti dotsenti
Email: demsagdi@yandex.ru
Galyametdinov Yuriy Gennadiyevich
Qozon milliy tadqiqot texnologik universiteti professori
Muxamadiyev Nurali Qurbonaliyevich
Samarqand davlat universiteti proffesori

UO‘K 544.52:620.3

**CdS VA CdS ZnS GIBRID KVANT NUQTALAR ASOSIDA
FOTOKATALIZATORLAR SINTEZI VA ULARNING FIZIK-KIMYOVIY
XOSSALARI**

Annotatsiya. Ushbu ishda saponinlar, tabiiy barqarorlashtiruvchi vositasi sifatida, CdS/ZnS kvant nuqtalarining suvdagi barqarorligini oshirish uchun ishlatilgan. Mahalliy o‘simlik yetmak (*Acanthophyllum*) dan olingan saponinlar yuqori barqarorlikka ega bo‘lib, agregatsiya va cho‘kib qolishdan himoya qilinadi. Shuningdek saponinlar fotoluminessensiya xossalariga ta’sir etib kvant unumini oshiradi. CdS va CdS ZnS gibril kvant nuqtalar asosida yaratilgan fotokatalizatorlar yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, keng diapazondagi yorug‘likni yutish va ishlatish qobiliyatiga ega.

Kalit so‘zlar: sintez, metilen ko‘ki, kataliz, nanozarralar, fotokatalizator, gibril kvant nuqtalar, spektr, fotoluminessensiya.

Зуфаров Аслиддин Мирзабаевич
Самаркандский государственный университет докторант
Сагдеев Дмитрий Олегович
Казанский национальный исследовательский технологический университет
доцент
Галяметдинов Юрий Геннадьевич
Казанский национальный исследовательский технологический университет
профессор
Мухамадиев Нурали Курбаналиевич
Самаркандский государственный университет профессор

СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdS И CdS ZnS И ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Аннотация. В данной работе сапонины как природный стабилизирующий агент были использованы для повышения стабильности квантовых точек CdS/ZnS в воде. Сапонины, полученные из местного растения етмак (*Acanthophyllum*) обладают высокой стабильностью и защищены от агрегации и седиментации. Кроме того, сапонины увеличивают квантовый выход, влияя на свойства фотолюминесценции. Фотокатализаторы на основе гибридных квантовых точек CdS и CdS ZnS высокоэффективны и способны поглощать и использовать широкий спектр света.

Ключевые слова: синтез, метиленовый синий, катализ, наночастицы, фотокатализатор, гибридные квантовые точки, спектр, фотолюминесценция.

Zufarov Asliddin Mirzabaevich
Samarkand State University doctoral student
Sagdeev Dmitry Olegovich
Kazan National Research Technological University associate professor
Galyametdinov Yuri Gennadievich
Kazan National Research Technological University Professor
Mukhamadiev Nurali Kurbanalievich
Samarkand State University Professor

SYNTHESIS OF PHOTOCATALYSTS BASED ON CdS AND CdS ZnS HYBRID QUANTUM DOTS AND THEIR PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

Abstract. In this work, saponins as a natural stabilizing agent were used to enhance the stability of CdS/ZnS quantum dots in water. Saponins obtained from the local plant etmak (*Acanthophyllum*) have high stability and are protected from aggregation and sedimentation. In addition, saponins increase the quantum yield, affecting the photoluminescence properties. Photocatalysts based on hybrid CdS and CdS ZnS quantum dots are highly efficient and are able to absorb and utilize a wide spectrum of light.

Key words: synthesis, methylene blue, catalysis, nanoparticles, photocatalyst, hybrid quantum dots, spectrum, photoluminescence.

Kirish

Nanostrukturali yarimo'tkazgichlar quyosh nuri yoki ultrabinafsha nurlar ostida faollashtirilgan fotokatalitik oksidlanish tufayli atrof-muhitni yaxshilash uchun katta imkoniyatlarni ko'rsatadi [1]. CdS [kvant nuqtalari barqarorlik, o'z-o'zini tozalash va yuqori fotokatalitik degradatsiya](#) kabi noyob xususiyatlarga ega. Bu nanomateriallar turli stabilizatorlar yordamida modifikatsiya qilinishi mumkin, bu esa ularning fotoelektrik va fotokimyoviy xossalarini yaxshilaydi[2].

Shu maqsadda bu ishda mahalliy yetmak (*Acanthophyllum*) o'simligidan olingan saponinlardan foydanildi. Tahlil uchun toza bo'lgan gidrofil stabilizatorlar bilan saponinlar o'zaro solishtirildi.

Suvdan vodorod gazini olish uchun samarali barqaror kvant unumi yuqori bo'lgan CdS kvant nuqtalar asosidagi fotokatalizator sintez qilish ushbu ishning maqsadi etib olingan. Bu ishning muammosi CdS kvant nuqtalarini barqaror stabilizatorlar bilan qoplash hamda kvant unumini oshirishdir. Bu ishning yangiligi birinchi marta mahalliy yetmak (*Acanthophyllum*) o'simligidan ajratib olingan saponinlar bilan barqarorlashtirildi va uning tahlil natijalari o'rganildi.

Adabiyotlar tahlili

So'nggi yillarda CdS va ZnS kvant nuqtalarining fotokatalitik xossalari bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borildi[3]. Cds kvant nuqtalarning yuqori yorug'lik yutish qobiliyati yoqoriligi va aksincha ularning fotokorroziyaga qarshiligi pastligi sababli hozirgi kunda CdS/ZnS gibrid kvant nuqtalardan ko'proq foydanilmoqda[4]. ZnS yuqori barqarorlikka ega, lekin yorug'lik yutish qobiliyati nisbatan past. CdS da esa aksincha barqarorligi nisbatan past, lekin yorug'lik yutish qobiliyati yuqori. CdS va ZnS gibrid kvantlarni sintez qilish yuqoridagi kamchiliklar bir-birini to'ldirib samarali fotokatalizatorlar sintez qilishgan va ularning xossalari o'rganilgan[5]. ZnO kvant nuqtalarining samaradorligini oshirish uchun turli usullarni sinab ko'rishgan va CdS kvant nuqtalari bilan kompozit yaratish orqali yuqori samaradorlikka erishishgan[6].

Tadqiqot metodologiyasi

CdS va ZnS kvant nuqtalarining sintezi uchun turli metodlar qo'llaniladi. Ushbu tadqiqotda CdS kvant nuqtalari uchun kolloid sintez usuli qo'llaniladi. ZnS kvant nuqtalari esa sol-gel usuli yordamida sintez qilinadi[7].

Kadmiy asetat ($\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) yoki kadmiy oksidi (CdO), tiokarbamid ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$), natriy sulfid nanogidрати ($\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$) yoki elementar oltingugurt (S). Erituvchilar sifatida ko'pincha suv yoki trioktilfosfin oksidi (TOPO), trioktilfosfin (TOP) yoki geksadesilamin (HDA) kabi organik erituvchilar. Stabillashtiruvchi moddalar yetmak o'simligidan olingan saponinlar, oleyk kislotasi, L-sistein, merkaptosirka kislota, merkaptotanol, merkaptopropion kislotasi (MPA) yoki tioglikolik kislota (TGA) kabi hajmni nazorat qilish va agregatsiyani oldini olish uchun ishlatiladi.[8]. Kadmiy sulfidning kvant nuqtalar kolloid sintez usulida suvli muhitda o'ta to'yingan eritmadan kondensatsiya usulida olingan. Namuna 10 daqiqa davomida daqiqasiga 6000 aylanish tezligida sentrifugalandi (CENTRIFUGE type MPW-331). Sintez qilingan namunalarning yutilish spektrlari SHIMADZU UV-2600i spektrofotometrida qayd etilgan [9].

Tahlillar va natijalar

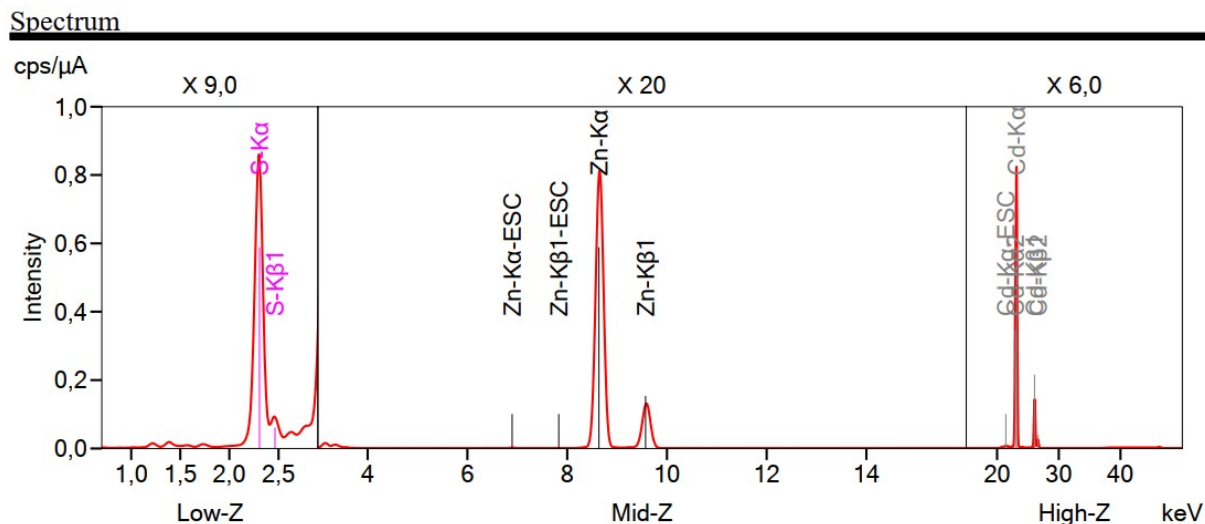
Tayyorlangan CdS/ZnS gibril kvant nuqtalarning elementar konformatsiyasi energiya dispersiv rentgen spektroskopiyasi (EDS) (1-rasm) yordamida kuzatildi. Kadmiy, rux oltingugurtlarni o'z ichiga olgan CdS/ZnS KNLarning EDX spektrini ko'rsatadi. Na ionlari esa oddiy suv bilan yuvish jarayonida chiqib ketganligi kuzatildi va deyarli hech qanday qo'shimcha moddalar yo'qligi aniqlandi.

1-jadval. CdS/ZnS gibril kvant nuqta namunalarning kimyoviy elementar tarkibi

1-jadval

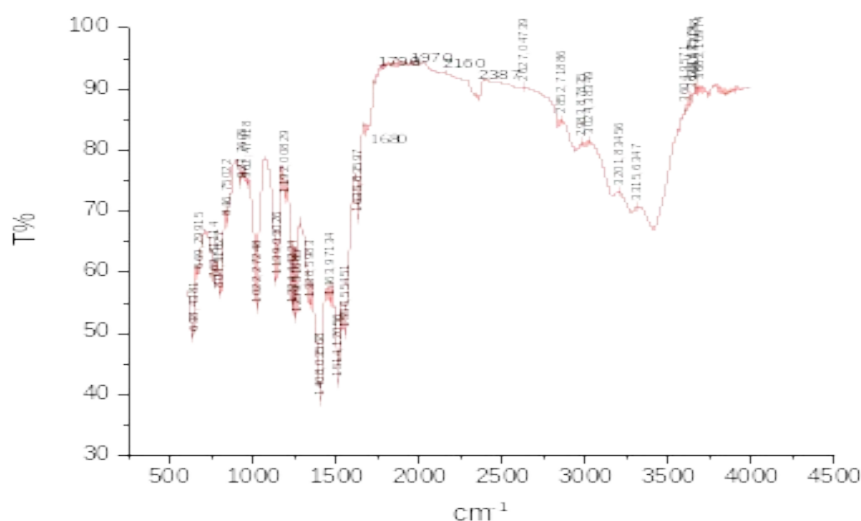
Element nomi	Elementning mass fraksiyasi (%)	Statistik xatolik	Quyi aniqlash chegarasi	Rentgen nurlanishi intensivligi (cps/ μA)
Na	ND	-	-	-
S	16,6	0,0167	0,0059	57,77941
Zn	41,2	0,0196	0,0009	203,44202
Cd	42,3	0,0370	0,0035	130,89622

Ushbu jadval asosida CdS/ZnS gibrid kvant nuqtalarning EDX spektri olingan.



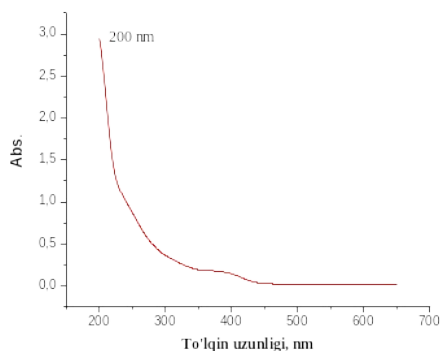
1-rasm. CdS/ZnS kvant nuqtalarning elementar tahlili

Stabilizatorlar asosan organik moddalardan tashkil topganligi uchun 2-rasmda ularning IQ spektridan ko‘rish mumkin. Quyidagi spektrda 3261 cm^{-1} , 2922 cm^{-1} , 1637 cm^{-1} , 1544 cm^{-1} , 1070 cm^{-1} , 1012 cm^{-1} , $630\text{--}690\text{ cm}^{-1}$ sohalarda sezilarli darajada nur yutish signallari hosil bo‘lgan. Unga ko‘ra 3261 cm^{-1} va 1637 cm^{-1} sohalarda --NH_2 va --NH guruhga tegishli. Shuningdek, stabilizator sifatida foydanilgan saponinlar tarkibida $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ soha --OH , --CH_3 guruhi 2960 va 2870 , --COOH $1800\text{--}1740\text{ cm}^{-1}$, --CH (alkan) $2850\text{--}2960\text{ cm}^{-1}$, C=O (karbonil) $1700\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$, C-O (efirlar, spirtlar) $1050\text{--}1150\text{ cm}^{-1}$ ga ham tegishli bo‘lib, birikma tarkibida shu guruhlar mavjud ekanligi to‘g‘risida xulosa qilish mumkin.

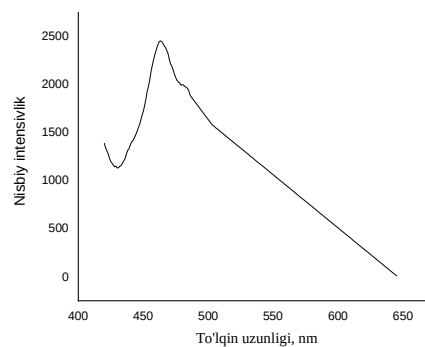


2-rasm. CdS/ZnS gibrid kvant nuqtalarning IQ spektri

CdS kvant nuqtalarining yutilish va lyuminessensiya spektrlariga bir qator omillar ta'sir qiladi. Kvant nuqtalarining o'lchami, stabilizatorlarning turi va konsentratsiyasi, muhitning pH darajasi, harorat, kimyoviy tarkib, yuzaga bog'lanish va passivatsiya, va agregatsiya kabi omillar ushbu spektrlarning o'zgarishiga sabab bo'ladi. Stabilizatorning konsentratsiyasini turli nisbatlarda ta'sir ettirib olingan yutilish va lyuminessensiya spektrlari 3-rasmda keltirilgan.



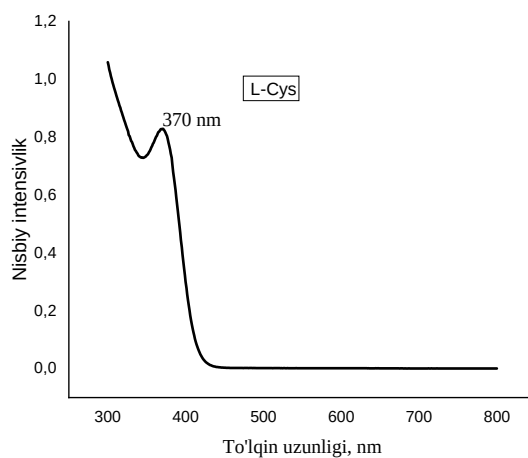
a) yutilish spektri



b) lyuminessensiya spektri

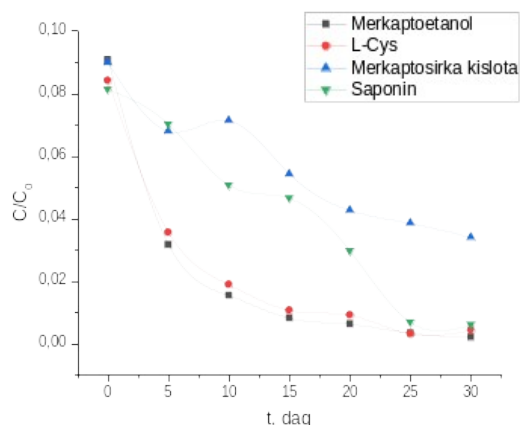
3-rasm. CdS/ZnS gibrid kvant nuqtalarning saponinlar bilan barqarorlashtirilgan namunaning yutilish va lyuminessensiya spektrlari

Yuqoridagi 3-rasmda CdS/ZnS gibrid kvant nuqtalarning yutilish spektri CdS kvant nuqtaning yutilish spektriga nisbatan chapga tomon siljishi kuzatildi. Bunga sabab esa ZnS kengroq va yuqori energiyali yutilish qirrasiga ega bo'ladi va buni 4-rasmda ko'rish mumkin.



4-rasm. Saponinlar bilan barqarorlashtirilgan CdS kvant nuqtalarining yutilish spektri

CdS/ZnS gibril kvant nuqtaning fotokatalitik xossasini o'rganish maqsadida metilen ko'ki indikatoridan foydanildi. Namunaning kvant unumini turli xil gidrofil guruhi saqlagan stabilizatorlar hamda etmak o'simligidan olingan saponinlar bilan qoplangan CdS/ZnS gibril kvant nuqtalarning fotokatalitik reaksiya tezligini metilen ko'ki indikatorini yordamida o'rganildi. Olingan natijalarni 5-rasmda ko'rish mumkin.



5-rasm. Turli stabilizatorlar hamda saponin bilan qoplangan CdS/ZnS gibril KNlar ishtirokida metilen ko'king parchalanish reaksiyasining kinetik egri chiziqlari

Xulosalar

Bu materiallarning asosiy kamchiligi ularning fotokorroziyasi (yorug'lik ta'sirida parchalanishi) va toksikligi hisoblanadi. ZnS (sink sulfid) bilan gibrildash orqali bu kamchiliklarni bartaraf etish mumkin.

CdS va CdS-ZnS gibril kvant nuqtalar asosida ishlab chiqilgan fotokatalizatorlar atrof-muhitni tozalash va sanoat chiqindilarini zararsizlantirishda katta potensialga ega. Ularning yuqori fotokatalitik faolligi va optik xossalari kelajakda yanada keng qo'llanilishiga ishonch beradi.

Foydanilgan adabiyotlar

1. Chen, D., Cheng, Y., Zhou, N., Chen, P., Wang, Y., Li, K., .& Ruan, R. (2020). Photocatalytic degradation of organic pollutants using TiO₂-based photocatalysts: A review. Journal of Cleaner Production, 268, 121725.

2. Fujishima, A., Rao, T. N., & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of photochemistry and photobiology C: Photochemistry reviews*, 1(1), 1-21.
3. Mintcheva, N., Gicheva, G., Panayotova, M., Wunderlich, W., Kuchmizhak, A. A., & Kulinich, S. A. (2019). Preparation and photocatalytic properties of CdS and ZnS nanomaterials derived from metal xanthate. *Materials*, 12(20), 3313.
4. Шамилов, Р. Р., Гарайшина, Р. Р., & Галяметдинов, Ю. Г. (2014). Синтез и люминесцентные свойства гибридных квантовых точек CdSe/CdS в водно-органических средах. *Вестник Казанского технологического университета*, 17(7), 60-63.
5. Huang, L., Wang, X., Yang, J., Liu, G., Han, J., & Li, C. (2013). Dual cocatalysts loaded type I CdS/ZnS core/shell nanocrystals as effective and stable photocatalysts for H₂ evolution. *The Journal of Physical Chemistry C*, 117(22), 11584-11591.
6. Zhang, L., Yang, H., Tang, Y., Xiang, W., Wang, C., Xu, T., ... & Zhang, J. (2022). High-performance CdSe/CdS ZnO quantum dots enabled by ZnO sol as surface ligands: A novel strategy for improved optical properties and stability. *Chemical Engineering Journal*, 428, 131159.
7. Smirnov, M. S., Stasel'ko, D. I., Ovchinnikov, O. V., Latyshev, A. N., Buganov, O. V., Tikhomirov, S. A., & Perepelitsa, A. S. (2013). Decay of electronic excitations in CdS and CdS/ZnS colloidal quantum dots: spectral and kinetic investigations. *Optics and Spectroscopy*, 115, 651-659.
8. Сагдеев, Д. О., Зуфаров, А. М., Ишанкулов, А. Ф., Мухамадиев, Н. К., & Галяметдинов, Ю. Г. (2023). Влияние стабилизатора на фотокаталитические свойства наночастиц CdS. *Вестник технологического университета*, 26(7).
9. Зуфаров, А.М. (2023). Синтез и фотокаталитические свойства наночастиц квантовых точек CdS, стабилизированных меркаптоэтанолом и меркаптоуксусной кислотой. *Universum: химия и биология*, (12-2 (114)), 50-54.