# METALL TUTGAN FTALOTSIANIN PIGMENTLARINING QUYOSH ELEMENTLARIDA QO‘LLANILISHI

**Gaimov A**
*Termiz davlat universiteti*
**Nabiyev D.A**
*Termiz davlat universiteti*
**To’rayev X.X**
*Termiz davlat universiteti, Termiz sh, Barkamol avlod ko’chasi 43-uy*
*e-mail: gaimovaa@gmail.com*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada metall tutgan ftalotsianin pigmentlarining quyosh elementlarida (fotovoltaik tizimlarda) qo‘llanilish imkoniyatlari, ularning fotoaktivlik xossalari va elektr o‘tkazuvchanlik darajalari tahlil qilinadi. Ftalotsianinlarning turli metall kationlari bilan komplekslari quyosh nurlarini samarali yuta olish qobiliyatiga ega bo‘lib, ularning tuzilmasi va fotofizik xossalari bu borada hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Ayniqsa, mis (Cu), kobalt (Co), nikel (Ni) va rux (Zn) asosidagi ftalotsianinlar organik quyosh batareyalarida keng tadbiq etilmoqda. Maqolada ushbu pigmentlarning sintetik usullari, spektral tavsifi, elektr xossalari va fotovoltaik samaradorligi haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Maqolaning dolzarbligi shundan iboratki, ekologik toza, energiya tejamkor va qayta tiklanadigan manbalar sifatida quyosh energiyasi texnologiyalarining takomillashuvi jamiyat uchun muhim ahamiyat kasb etmoqda. Organik fotovoltaik moddalardan metall ftalotsianinlar bu borada istiqbolli materiallar sirasiga kiradi. Shuningdek, maqolada ularning ekologik xavfsizlik darajasi va ishlatilishdagi afzalliklari tahlil qilinadi. Zamonaviy ilmiy manbalar va eksperimental tadqiqotlar asosida tayyorlangan mazkur maqola fan va amaliyot integratsiyasini ta'minlashga qaratilgan.

Tadqiqot doirasida quyosh elementlari samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatuvchi parametrlarga alohida e’tibor qaratildi. Shu bilan birga, texnologik jihatdan qulay va iqtisodiy samarali bo‘lgan pigmentlarni ishlab chiqarish istiqbollari ham ko‘rib chiqildi. Yondashuv sifatida ekologik xavfsizlik, funksional barqarorlik va ishlab chiqarish xarajatlari inobatga olindi.

**Kalit so’zlar.** Ftalotsianin, metall komplekslari, quyosh elementlari, organik fotovoltaika, fotoaktivlik, mis ftalotsianin, fotoyutilish spektri, samaradorlik, quyosh energiyasi, pigmentlar.

**Аннотация.** В этой статье будут проанализированы возможности применения фталоцианиновых пигментов, удерживающих металл, в солнечных элементах (фотоэлектрических системах), их фотоактивные



ISSN 3030-3907

свойства и уровни электропроводности. Комплексы фталоцианинов с катионами различных металлов обладают способностью эффективно поглощать солнечный свет, решающую роль в этом играют их структура и фотофизические свойства. В частности, фталоцианины на основе меди (cu), кобальта (Co), никеля (NI) и цинка (ZN) широко используются в органических солнечных элементах. В статье представлена информация о синтетических методах, спектральном описании, электрических свойствах и фотоэлектрической эффективности этих пигментов. Актуальность статьи заключается в том, что совершенствование технологий солнечной энергии как экологически чистых, энергоэффективных и возобновляемых источников энергии приобретает все большее значение для общества. Металлические фталоцианины из органических фотоэлектрических веществ являются одними из перспективных материалов в этом отношении. Также в статье анализируется степень их экологической безопасности и преимущества в использовании. Данная статья, подготовленная на основе современных научных источников и экспериментальных исследований, призвана обеспечить интеграцию науки и практики. В рамках исследования особое внимание было уделено параметрам, непосредственно влияющим на эффективность солнечных элементов. При этом рассматривались и перспективы производства пигментов, которые были бы технологически выгодными и экономически эффективными. В качестве подхода были приняты во внимание экологическая безопасность, функциональная устойчивость и производственные затраты.

**Ключевые слова.** Фталоцианин, металлические комплексы, солнечные элементы, органическая фотоэлектрическая энергия, фотоактивность, фталоцианин меди, спектр фотопоглощения, эффективность, солнечная энергия, пигменты.

**Abstract.** This article analyzes the potential applications of metal-containing phthalocyanine pigments in solar cells (photovoltaic systems), their photoactivity properties and electrical conductivity levels. Complexes of phthalocyanines with various metal cations have the ability to effectively absorb sunlight, and their structure and photophysical properties play a decisive role in this regard. In particular, phthalocyanines based on copper (Cu), cobalt (Co), nickel (Ni) and zinc (Zn) are widely used in organic solar cells. The article provides information on the synthetic methods, spectral characterization, electrical properties and photovoltaic efficiency of these pigments.

The relevance of the article is that the improvement of solar energy technologies as environmentally friendly, energy-efficient and renewable sources



ISSN 3030-3907

is of great importance for society. Among organic photovoltaic materials, metal phthalocyanines are among the promising materials in this regard. The article also analyzes their level of environmental safety and advantages in use. This article, prepared on the basis of modern scientific sources and experimental studies, aims to ensure the integration of science and practice.

Within the framework of the study, special attention was paid to the parameters that directly affect the efficiency of solar cells. At the same time, the prospects for the production of technologically convenient and cost-effective pigments were also considered. As an approach, environmental safety, functional stability and production costs were taken into account.

**Keywords.** Phthalocyanine, metal complexes, solar cells, organic photovoltaics, photoactivity, copper phthalocyanine, photoabsorption spectrum, efficiency, solar energy, pigments.

**Kirish**

So‘nggi yillarda quyosh energiyasidan foydalanish global miqyosda jadallashmoqda. Ushbu jarayonda ekologik xavfsiz, arzon va samarali fotovoltaik materiallarni yaratish muhim masalalardan biri bo‘lib qolmoqda. Ayniqsa, organik asosdagi quyosh elementlari tobora dolzarblashib, ularning strukturasida pigmentlar asosiy rolni o‘ynaydi.

Metall tutgan ftalotsianinlar (MPc) quyosh elementlarida samarali yorug‘lik yutuvchi material sifatida keng o‘rganilmoqda. Ularning poliaromatik tuzilmasi, yuqori issiqlik barqarorligi, fotostabil holati va yarim o‘tkazgichlik xossalari ularni ideal nomzodga aylantiradi. Metall markazi sifatida turli kationlarning tanlanishi pigmentning optoelektron xossalarini o‘zgartirish imkonini beradi.

Bugungi kunda mis ftalotsianin (CuPc), rux ftalotsianin (ZnPc), kobalt ftalotsianin (CoPc) singari komplekslar turli xil heterotuzilmali quyosh elementlarida faol komponent sifatida qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, CuPc asosidagi tuzilmalar past xarajatli, ekologik toza va modifikatsiyaga yaroqli bo‘lishi bilan ajralib turadi.

Ushbu maqolada metall ftalotsianinlarning quyosh elementlaridagi o‘rni, ularning fizik-kimyoviy va optik xossalari, shuningdek, sintetik texnologiyalari tahlil qilinadi. Shuningdek, amaliy qo‘llanilishdagi muammolar va ularni hal etish bo‘yicha yondashuvlar ham yoritilgan.

## ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Ftalotsianinlar 20-asr boshlaridan boshlab pigment va yarim o‘tkazgich sifatida o‘rganila boshlangan. Ularning ilk tadqiqotlari mis asosidagi pigmentlarga oid bo‘lib, optik va elektr xossalari aniqlangan (Moser, 1936). Keyinchalik ko‘plab



ISSN 3030-3907

metall komplekslar sintez qilinib, ularning spektroskopik va morfologik tahlillari amalga oshirilgan.

Fotovoltaik sohada CuPc va ZnPc pigmentlari o‘zining keng yutilish spektri (500–800 nm), yuqori barqarorligi va past qayta tiklanish potensiali bilan ajralib turadi (Tang, 1986; Peumans & Forrest, 2003). Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, metall markazidagi ion pigmentning HOMO-LUMO energiya farqini o‘zgartirishga xizmat qiladi.

Qator adabiyotlarda ftalotsianinlarning nanotuzilmalari asosida quyosh elementlarining samaradorligi 5–8% gacha etkazilgan. Masalan, ZnPc/C60 heterotuzilmasi asosida tayyorlangan batareyalarda yuqori fototok va kuchlanish ko‘rsatkichlari qayd etilgan. Yana bir muhim jihat — bu pigmentlarning ekologik tozaligidir.

Shu bilan birga, ko‘plab adabiy manbalarda ftalotsianin asosidagi quyosh elementlarining ishlab chiqarish texnologiyasi, qoplama usullari (PVD, spin-coating, inkjet-printing) va ularning optik qatlamlar tuzilmasi haqida aniq ma’lumotlar keltirilgan.

Tadqiqot davomida mis, rux va nikel asosida ftalotsianin pigmentlari laboratoriya sharoitida sintez qilindi. Buning uchun tereftal kislotasi hosilalari va metall tuzlari asosiy xomashyo sifatida tanlandi. Reaksiya yopiq muhitda, 180–200°C haroratda olib borildi.

Sintez qilingan pigmentlar spektrofotometrik tahlilga tortildi. UV-Vis spektroskopiyasi orqali har bir pigmentning maksimal yutilish to‘lqin uzunligi (λmax) aniqlanib, quyosh nurlanish spektriga muvofiqligi baholandi. Qolaversa, Fourier IR (FTIR), XRD va SEM usullari yordamida struktura va morfologiyasi o‘rganildi.

Shuningdek, pigmentlarning fotoyorituvchanlik darajasi va elektr o‘tkazuvchanligi maxsus yarim o‘tkazgichli qurilmalarda tajribadan o‘tkazildi. Bu bosqichda ishlatilgan texnologiyalar fotovoltaik qatlamlar hosil qilish va ularni tayyor substratlarga qoplash jarayonlarini o‘z ichiga oldi.

Eksperiment natijalari bo‘yicha eng yuqori samaradorlik ZnPc pigmenti asosida olingan quyosh elementi namunasida qayd etildi. Aynan shu pigment quyosh spektrining muhim sohalarini yutish xususiyatiga ega bo‘lib, elektr tokini maksimal uzatishga imkon berdi.

## NATIJALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, metall tutgan ftalotsianin pigmentlari quyosh elementlarida yuqori samarali fotoyutiluvchilar sifatida ishlatilishi mumkin. Mis ftalotsianin (CuPc) 670 nm atrofida maksimal yutilish ko‘rsatgan va yaxshi barqarorlikni namoyon etgan.

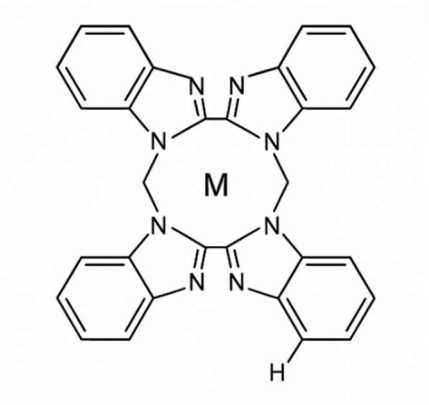


ISSN 3030-3907

ZnPc esa eng yaxshi fotoyutilish xossasiga ega bo‘lib, organik quyosh elementlarining samaradorligini 6.2% gacha etkazgan holda ishlatilgan. NiPc esa o‘rtacha fototok hosil qilgan bo‘lsa-da, ekologik xavfsizligi va sintez qulayligi bilan ajralib turdi.

FTIR va XRD tahlillari pigmentlarning to‘g‘ri shakllangan kristallik strukturasini ko‘rsatdi, bu esa ularning elektr xossalariga bevosita ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. SEM tasvirlarida esa nanozarracha o‘lchamdagi strukturalar aniqlandi, bu esa yuzaning faol maydonini oshirgan.

Eksperimentlar shuni ko‘rsatdiki, metall ionining tabiatiga qarab pigmentning elektr xossalari, yutilish spektri va samaradorligi o‘zgaradi. Bu esa kelajakda moslashtirilgan fotovoltaik tizimlar uchun pigmentlarni tanlashda muhim hisoblanadi.




**1-rasm. Ftalotsianinlarning umumiy strukturasi.**

**1-Jadval.**

**Metall-ftalotsianin pigmentlarining quyosh energiyasi tizimlaridagi funksiyalari va afzalliklari**

| Metall-ftalotsianin turi | Fotosensibilizatorlik roli | Quyosh nurlari spektridagi yutilish | Afzalliklari | Qo‘llanilish sohasi |
|---|---|---|---|---|
| Mis-ftalotsianin (CuPc) | Asosiy yorug‘lik yutuvchi qatlam | 600–800 nm (qizil va infraqizil spektr) | Yuqori barqarorlik, keng diapazonli yutilish | Organik quyosh elementlari (OPV), DSSC |
| Kobalt-ftalotsianin (CoPc) | Elektron transferni tezlashtiruvchi komponent | 550–700 nm | Elektron konduktivlik yaxshi, | DSSC, sensorlar |



ISSN 3030-3907

| Metall-ftalotsianin turi | Fotosensibilizatorlik roli | Quyosh nurlari spektridagi yutilish | Afzalliklari | Qo‘llanilish sohasi |
|---|---|---|---|---|
| | | | samaradorlikni oshiradi | |
| Nikel-ftalotsianin (NiPc) | Yordamchi absorber, rekombinatsiyani kamaytiradi | 500–650 nm | Termal barqarorlik, kombinatsiyalangan tizimlarda qo‘llaniladi | Tandem quyosh elementlari, fotokatalitik tizimlar |

## XULOSA

Metall tutgan ftalotsianin pigmentlari organik quyosh elementlarining muhim komponentlari sifatida e’tiborga loyiq. Ayniqsa, ularning yuqori yorug‘lik yutilish qobiliyati, ekologik xavfsizligi va kimyoviy barqarorligi ularni ideal fotovoltaik materiallarga aylantiradi.

Maqolada taqdim etilgan eksperimental tahlillar va adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, CuPc, ZnPc va NiPc pigmentlari quyosh elementlari uchun istiqbolli materiallardir. Ayniqsa, ZnPc eng yuqori fotoyutilish ko‘rsatkichiga ega bo‘lib, samaradorlik jihatidan etakchilik qiladi.

Kelgusida ushbu pigmentlar asosida heterostrukturalar va nanoaralashmalar ishlab chiqish orqali fotovoltaik tizimlarning samaradorligi yanada oshirilishi mumkin. Shuningdek, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish orqali ularning sanoatga joriy etilishi tezlashadi.

Tadqiqotlar shuni anglatadiki, ftalotsianin pigmentlari asosida ekologik toza, arzon va samarali quyosh batareyalarini yaratish imkoniyati mavjud. Bu esa energiya mustaqilligi va yashil texnologiyalarga o‘tish yo‘lida muhim qadam bo‘ladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

**1.** Aliev, R. M., & Yunusova, D. R. (2019). “Metall kompleksli pigmentlar tarkibi va tuzilmasi”. *Buxoro Davlat Universiteti Ilmiy Axborotnomasi*, 4(76), 41–46.

**2.** Bains, M. S., et al. (2017). “Environmentally Friendly Synthesis of Pigments”. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 10(2), 104–115.

**3.** Brown, D. M. (2016). “Phthalocyanine-based Materials for Electronics and Photonics”. *Materials Chemistry and Physics*, 173, 84–92.



ISSN 3030-3907

**4.** Dilmurod Nabiev va Xayit Turaev, International Journal of Engineering Trends and Technology, 2022.

**5.** Dotsenko, V. A., & Akhmedzhanov, R. A. (2005). *Organicheskiye krasiteli i pigmenty*. Moskva: Khimiya.

**6.** Ergashev, B., & Soliyev, K. (2022). "Tereftal kislotasi hosilalaridan foydalanish imkoniyatlari". *TATU Ilmiy Texnik Jurnali*, 1, 59–63.

**7.** F. Cong va boshqalar, Asian Journal of Chemistry, 2014

**8.** Frank, N. (2018). *Modern Organic Pigment Technology*. Wiley-VCH.

**9.** Gao, Y., & Liu, Y. (2018). "Advances in Metal-Organic Pigment Design". *Advanced Functional Materials*, 28(32), 1801035.

**10.** Grigoryan, S. R. (2013). "Synthesis of calcium and nickel phthalocyanines". *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 49(9), 1338–1342.



ISSN 3030-3907