

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.78.01 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ**

ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ШУКУРОВ ДИЛМУРОД ХУРСАНОВИЧ

**ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ УЧУН НООРГАНИК ВА ОРГАНИК
ЯРИМЎТКАЗГИЧ БИРИКМАЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ЯРАТИШ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси
02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Термиз - 2022

УДК: 667.287.5; 667.287.53; 667.287.548.

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Шукуров Дилмурод Хурсанович

Қуёш элементлари учун ноорганик ва органик
яримўтказгич бирикмалар олиш технологиясини яратиш..... 3

Шукуров Дилмурод Хурсанович

Разработка технологии получения неорганических и органических
полупроводниковых соединений для солнечных элементов..... 21

Shukurov Dilmurod

Creating of technology for obtaining inorganic and organic
semiconductor compounds for solar cells..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.78.01 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ**

ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ШУКУРОВ ДИЛМУРОД ХУРСАНОВИЧ

**ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ УЧУН НООРГАНИК ВА ОРГАНИК
ЯРИМЎТКАЗГИЧ БИРИКМАЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ЯРАТИШ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси
02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Термиз - 2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.2.PhD/T2749 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Термиз давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (tersu.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбарлар:

Тураев Хайит Худайназарович
кимё фанлари доктори, профессор

Каримов Маъсуд Убайдулла ўғли
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Расмий оппонентлар:

Султонов Баходир Элбекович
техника фанлари доктори, профессор

Мухиддинов Баходир Фахриддинович
кимё фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Самарқанд давлат университети

Диссертация ҳимояси Термиз давлат университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD.03/30.12.2019.T.78.01 рақамли Илмий кенгашнинг «__» ____ 2022 йил соат __ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 190111, Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43 уй. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Диссертация билан Термиз давлат университетининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№__ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 190111, Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43 уй. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Диссертация автореферати 2022 йил «__» _____ куни тарқатилди.

(2022 йил «__» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

И.А.Умбаров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., доц.

Ш.А.Касимов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, к.ф.д., доц.

Р.В.Алиқулов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, к.ф.д., доц.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда аҳоли сони ва ишлаб чиқариш ҳажмининг ошиб бориши сабабли энергияга бўлган талаб ҳам йилдан йилга ортиб бормоқда. Дунё мамлакатлари, шунингдек Республикаимизнинг ҳам энергия билан боғлиқ бўлган муаммоларини ҳал этишда энг самарали бўлган ечимлардан бири бу қуёш энергиясидан фойдаланишдир. Шу сабабли қуёш энергияси арзон ва экологик тоза ресурслардан бири бўлиб, ноорганик ва органик яримўтказгич материаллар асосида арзон ва истиқболли қуёш элементларини яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда яримўтказгич полимерлар ва фталоцианин асосидаги бўёқ моддаларга асосланган янги қуёш элементларини яратиш ва ишлаб чиқаришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда. Бу борада яримўтказгич полимер материаллар, металл ва металлмас атомлар сақлаган фталоцианин бўёқ моддаларига асосланган қуёш нурларига сезгир бўёқлардан олинган қуёш элементлари ҳозирда мавжуд қуёш элементлари ичида ўзининг мослашувчан содда тузилиши, экологик тозаллиги, иқтисодий самарадорлиги, техник жиҳатдан хавфсизлиги туфайли сўнги йилларда мавжуд ноорганик ва органик яримўтказгич моддалар асосида супернанокомполиторлар ҳосил қилиш ва уларни индий, таллий оксидларининг ўрнини босувчи яримўтказгич бирикмалар сифатида ишлатишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикаимизда кимё саноати соҳасини ривожлантириш мақсадида замонавий талабларга жавоб бера оладиган янги турдаги яримўтказгич бирикмалар олиш бўйича маълум илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Мазкур йўналишда амалга оширилган дастурий чора-тадбирлар асосида муайян натижаларга эришилмоқда, айниқса, янгича ёндашувларга асосланган, ноорганик ва органик яримўтказгич материаллари ҳамда қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар олинган. Шу боис ички бозорни импорт ўрнини босувчи маҳаллий маҳсулотлар билан таъминлаш соҳасида кенг кўламли тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «Ички ва ташқи бозорларда миллий товарларнинг рақобатбардошлигини таъминлайдиган маҳсулот ва технологияларнинг тубдан янги турларини ишлаб чиқаришни ўзлаштириш»¹га йўналтирилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, анилин ва фталоцианин асосида қуёш нурларига сезгир яримўтказгич бўёқ моддаларни ишлаб чиқариш учун иқтисодий жиҳатдан самарали ва экологик тоза технологияларни яратиш, улар ёрдамида қуёш элементлари конструкцияларининг эксплуатацион хоссаларини яхшилаш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралда қабул қилинган ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги ва 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармонлари, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон «Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорларининг ижросини таъминлашда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялари ва нанотехнологиялар» ҳамда II. «Энергетика, энергия ва ресурсларни тежаш» каби устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё бўйича яримўтказгич полимерлар ва металлорганик комплекс бўёқ материаллар синтези ва улар асосида янги куёш нурларига сезгир бўёқ моддалар асосида олинган куёш элементларини яратиш соҳасидаги тадқиқотларни амалга ошириш борасида назария ва амалиётда Милакин К.А., Коровин А.Н., Фарис Йилмаз, Хидеки Ширикава, Алан Хегер, Алан Мак-Диармид, Верницкая Т.В., Ефимов О.Н., Маноҳар, Хиаору Гоу, Ганхуа Лу, Жунхонг Чен, Nailiang Yang, Андрей Т. Смиц, Анна Марие Ла Чансе, Сонгшан Зенг, А.Т.Дидейкин, Александр Юрьевич Вул, Хандан Айдын, Хамит Ализ, Джихат Айдин, Килимник А.Б., Михаил Грецель, Брейн Ореган, Кондракова Е.Ю., А.Т.Джалилов, С.Ш.Рашидова, Х.Х.Тураев, Х.С.Бекназаров, А.Т.Тиллаев ва бошқалар илмий тадқиқот ишларини олиб боришган.

Илмий изланишлар натижасида ушбу олимлар томонидан яримўтказгич полимерлар ва таркибида металл ва металлмас атомлар сақлаган фталоцианин комплекс бирикмаларини синтез қилиш, шунингдек, боғланган мураккаб ароматик лигандлар, карбамид, фтал ангидрид, фосфор, азот, кремний ва галогенларни ўз ичига олган бўёқ моддаларни олиш технологияларини ишлаб чиқиш каби масалаларни ўрганишда бир қатор илмий тадқиқотлар олиб борганлар.

Ноорганик ва органик яримўтказгич бирикмалар асосида олинган композитларнинг самарадорлигини ошириш, уларнинг физик-кимёвий ва эксплуатацион хоссаларини аниқлаш, ишлаб чиқаришга қўйилган кремний асосидаги куёш панелларнинг ўрнини боса оладиган яримўтказгич полимерлар ва фталоцианин асосидаги бўёқ моддаларни учинчи авлод куёш элементлари деб юритилаётган куёш нурларига сезгир бўёқлардан куёш элементларини олишда қўллаш бўйича кенг кўламдаги илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Термиз давлат университети ҳамда Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ОТ-Ф7-34 «Комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитлар синтези ва улар ёрдамида баъзи d-металларни ажратишнинг назарий асослари» (2017-2020 йй.), МУ-ФЗ-201910142 «Минераллашган қувур, фитинг, панел ва пол қопламалари ишлаб чиқишнинг инновацион технологиясини яратиш» (2020-2022 йй.) ва А12-003 «Органик бўёқлар ва кремний сақловчи полимерларни саноатда ишлаб чиқариш технологияси» (2014-2015 йй.) мавзуларидаги фундаментал ва амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қуёш нурларига сезгир бўёқлардан қуёш элементларини олиш учун юқори ассимиляция коэффициентига эга, янги, самарали органик ва ноорганик яримўтказгич сезгир бўёқ моддалар олиш технологиясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

анилин ва фталоцианин асосида қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар синтези;

анилин ва фталоцианин асосида қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар синтез жараёнининг мақбул шароитларини аниқлаш;

синтез қилинган таркибида кремний, мис ва рух сақлаган фталоцианин бўёқ моддаларнинг УБ-спектрофотометр ва вольт-ампер таҳлил натижаларидан уларнинг фотосенсибилизаторлик хусусиятларини тадқиқ қилиш;

олинган анилин ва фталоцианин асосидаги бўёқ моддаларнинг таркиби, тузилиши ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқотнинг замонавий усуллари ёрдамида аниқлаш;

қуёш нурларига сезгир бўёқлар асосида олинган қуёш элементларининг тузилиши ва ишлаш принципини тадқиқ этиш;

анилин ва фталоцианин асосида бўёқ моддалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда иқтисодий асослаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида анилин ва фталоцианин асосидаги қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар ҳамда титан диоксиди ва махсус шаффоф шиша пластинкаси олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида анилин ва фталоцианин асосида қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар олиш жараёнлари, технологияси ҳамда махсус шаффоф шиша пластинка ёрдамида контакт ҳосил қилиш натижасида ўлчанган солиштирма қаршилик, кучланиш ва ток кучи қувватлари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Анилин ва фталоцианин асосида бўёқ моддалар синтези ва улардан қуёш элементлари учун сезгир бўёқ сифатида қўлланилиш жараёнларини тадқиқ этишда инфрақизил спектроскопия (ИК), рентгенфаза (РФА), сканерловчи электрон микроскопик (СЭМ), УБ-спектроскопия ва дифференциал сканерлаш калориметрияси (ДСК) таҳлил усуллари ҳамда солиштирма қаршилик, кучланиш ва ток кучи қийматларини аниқлаш каби замонавий экспериментал тадқиқот усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

анилин ва фталоцианин асосида PANI, SiPc, ZnPc, CuPc маркали қуёш нурларига сезгир яримўтказгич бўёқ моддалар олинган;

таркибида кремний, мис ва рух сақлаган сезгир бўёқ моддаларни олишнинг оптимал шароитлари аниқланган;

синтез қилинган таркибида кремний, мис ва рух сақлаган фталоцианин бўёқ моддаларнинг спектрофотометрик ва вольт-ампер таҳлил натижалари асосида фотосенсибилизаторлик хусусиятлари аниқланган;

олинган бўёқ моддаларнинг кучланиш қийматлари SiPc<ZnPc<CuPc<PANI қаторида ортиб бориши ва ток кучи қийматлари SiPc>PANI>CuPc>ZnPc қаторида камайиб бориши аниқланган;

анилин ва фталоцианин асосида қуёш элементлари учун сезгир бўёқ моддалар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

анилин, рух хлорид, мис сульфат, фтал ангидрид, карбамид, тетраэтоксисилан асосида яримўтказгич бўёқ моддалар олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

анилин ва фталоцианин асосида PANI, SiPc, ZnPc, CuPc маркали қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар олиш технологияси ишлаб чиқилган;

олинган яримўтказгич бўёқ моддаларнинг қуёшдан тушаётган қўринадиган ва инфрақизил нурларга сезгир фотосенсибилизаторлик қобилияти аниқланган;

синтез қилинган SiPc, ZnPc, CuPc, PANI маркали яримўтказгич бўёқ моддалар учинчи авлод қуёш элементлари бўлиб, фотосенсибилизатор сифатида фойдали иш коэффициенти 5-6% гача ошиши исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Олинган натижаларнинг ишончлилиги, хулосалар ва тавсияларнинг асослилиги учун, олинган бирикмаларни идентификациялашда замонавий кимёвий, физик-кимёвий ва физикавий (ИК, УБ спектрометрия, СЭМ, ЭА, РФА, ДТГА, ДСК, рақамли Ц300 ва ДТ9205А мультиметрлар) тадқиқот усулларида фойдаланилганлиги, тажриба ва назарий тадқиқот натижаларининг ўзаро мутаносиблиги ҳамда ишланманинг амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти анилин ва фталоцианин асосида PANI, SiPc, ZnPc, CuPc маркали қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар олиш, физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш, шунингдек, ишлаб чиқариш технологиясининг илмий асоси яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, олинган PANI, SiPc, ZnPc, CuPc маркали бўёқ моддалар яримўтказувчанлик ва оптик хоссаларни намоён қилиши натижасида қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар асосида ишлайдиган қуёш элементларида фойдаланишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қуёш элементлари учун ноорганик ва органик яримўтказгич бирикмалар олиш технологиясини яратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

анилин ва фталоцианин асосида қуёш нурларига сезгир бўёқларни ишлаб чиқариш технологияси “BMAX BUILDING MATERIALS” МЧЖ Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасида амалиётга жорий қилинган (“BMAX BUILDING MATERIALS” МЧЖ Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасининг 2022 йил 28 апрельдаги 33-сон маълумотномаси). Натижада, қуёш элементлари учун фотосенсибилизаторлик қобилияти юқори бўлган ПФ-ZnPc-115 маркали қуёш нурларига сезгир бўёқларни олиш имконини берган;

анилин мономерлари ва фталоцианин асосида олинган бўёқ моддалар “BMAX BUILDING MATERIALS” МЧЖ Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасида қуёш элементлари олишда амалиётга жорий қилинган (“BMAX BUILDING MATERIALS” МЧЖ Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасининг 2022 йил 28 апрельдаги 33-сон маълумотномаси). Натижада, синтез қилинган SiPc, ZnPc, CuPc, PANI маркали яримўтказгич бўёқ моддалар асосида фойдали иш коэффициенти 5-6% бўлган учинчи авлод қуёш элементлари олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 15 та, жумладан 5 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та илмий мақола, жумладан 4 та Республика ва 4 та хорижий журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертациянинг таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 109 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсад ва вазифалар, тадқиқот объектлари ва предметлари берилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, унинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этиш истиқболлари бўйича хулоса қилинган ҳамда чоп этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Яримўтказгич материаллар яратиш соҳасидаги тадқиқотларнинг ҳозирги ҳолати ва ривожланиш истиқболлари”** деб номланган биринчи бобида адабиётлар маълумотлари асосида яримўтказгич полимерлар ва фталоцианин асосида бўёқ моддалар синтез қилишнинг замонавий усуллари ҳамда қўлланилиши, дунёда ва республикамизда яримўтказгич органометалл комплекс бўёқ моддаларнинг олиниши ва уларни

янги қуёш нурларига сезгир бўёқлар асосида ишлайдиган қуёш элементларида қўлланилиши, шунингдек, сезгир бўёқ моддаларнинг ўзига хос фотохимёвий тавсифи ҳақида қисқача маълумотлар келтирилган.

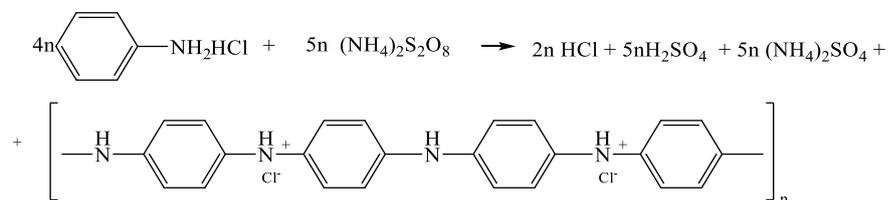
Анилин ва фталоцианин асосида яримўтказгич бўёқ моддаларни синтез қилиш ва физик-химёвий хусусиятларини, шунингдек, сезгир бўёқларнинг фотосенсибилизация хусусиятларини ўрганиш бўйича адабиёт маълумотлари тизимлаштирилган ҳамда бу тадқиқотлар истиқболли йўналишлардан бири эканлиги тадқиқ этилган.

Диссертациянинг **“Қуёш элементларини олиш учун ишлатиладиган яримўтказгич полимер моддалар ва фталоцианин асосидаги фотокондуктив бўёқ моддалар синтези ва уларнинг тадқиқоти”** деб номланган иккинчи бобда қўлланилган материалларнинг хусусиятлари, тадқиқот усуллари ҳамда анилин ва фталоцианин асосида бўёқ моддалар синтези ёритилган.

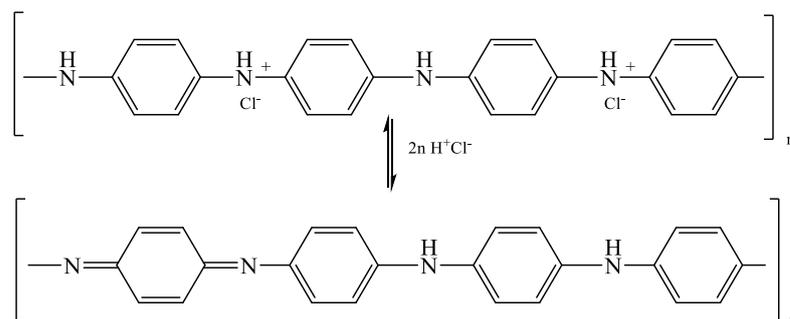
Анилин ва аммоний персульфат асосида полимер бўёқ модда синтези.

Дастлаб реакцияга киришаётган моддалардан аммоний персульфат ва анилиндан 1:1 моль нисбатда тарозида ўлчаб олинди. Ўлчаб олинган анилиннинг устига 75 мл 1 М НСl кўшиб, 400 мл стаканда эритилиб, 10°С ҳароратда сақланади. Хлорид кислота эритмасидан кўшиб аралаштирилган эритма рангсиз ҳолатда бўлади. Кейин, ўлчаб олинган аммоний персульфатнинг 10 фоизли эритмасини 70 мл 1 М НСl да бошқа 400 мл стаканда эритилиб, бу эритма ҳам 10°С да сақланади. Анилин ва хлорид кислотали аралашма устига аммоний персульфатли эфирмадан секинлик билан томчилатиб кўшиб, реакция юқоридаги ҳароратда олиб борилади. Реакцияни 30 дақиқа давомида ўртача тезликда аралаштириб турган ҳолда ҳарорат 0°С да доимий ушлаб турилди. Эритманинг ранги аста секин кўкариб кейин қизғиш-яшил рангга ўзгаришидан полиэмералдин яъни, оралик маҳсулот ҳосил бўлганлигини билдиради. Яна 30 дақиқадан сўнг, чўкма Бюхнер варонкаси устига йиғилиб сув аспиратори билан бир неча марта ювилади. Олинган эритмадан полианилин кукунини ажратиб олиш учун уни Бюхнер варонкаси ёрдамида филтрланади, сўнгра олинган филтратни қайта қуритиш учун вакуумли қуритиш шкафида 60°С да 24 соат давомида қуритилди. Қуритиб олинган тўқ бинафша рангли полианилин кукуни органик эритувчиларда эрийди. Жараён унуми 89,4% ни ташкил этди. Реакция унумининг юқори бўлиши дастлабки реактивларнинг тозаллиги, аралаштириш тезлиги ва оксидловчининг қўшилиш тезлигига, шунингдек, реакцияни имкон қадар паст ҳароратда олиб боришга боғлиқ бўлади.

Қуйидаги реакцияларда анилин гидрохлоридни аммоний персульфат билан оксидланиш полимеризация усули натижасида полианилин (зумрад, полиэмиралдин) гидрохлориднинг олиниш реакция жараёнлари келтирилган:



Иккинчи реакциямизда, полиэмиралдин гидрохлорид тузи ишқорий мухитда депротонацияланиши натижасида полианилин (зумрад) асоси ҳосил бўлиш реакция жараёнлари келтирилган.



Анилин, аммоний персульфат, 1 М хлорид кислота ва аммиак эритмаси иштирокида полианилин олиш жараёнида ҳосил бўлган маҳсулотнинг унумига анилин концентрациясининг боғлиқлиги, реакциянинг давом этиш вақти ва реакцияни олиб бориш ҳароратлари фарқини ўрганиш таҳлил маълумотлари 1-жадвалда келтирилган. Натижада, анилин, аммоний персульфат, 1М хлорид кислота ва аммиак эритмаси иштирокида полианилин олиш жараёнида ҳосил бўлган маҳсулотнинг унумига анилин концентрациясининг 1:1 моль нисбатда олинган реакцияда, реакциянинг давом этиш вақти 2 соат давомида ва реакцияни олиб бориш ҳарорати 0°С да олиб борилган жараёнда ҳосил бўлган маҳсулотнинг чиқиш унуми 89,4% бўлиши аниқланди.

1-жадвал

Маҳсулотнинг унумига реакцияга киришаётган моддаларнинг концентрацияси, вақт ва ҳароратлар боғлиқлиги

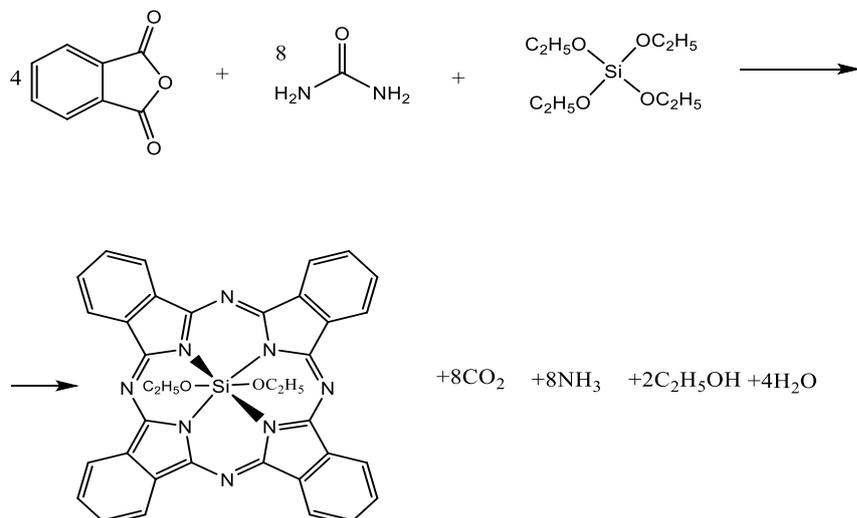
Бошланғич маҳсулотларнинг моль нисбати	Реакциянинг давом этиши вақти, (соат)	Реакциянинг ҳароратга боғлиқлиги, °С	Реакцион унуми%
анилин - аммоний пероксодисульфат-НСl			
0,1:1:1	3	-10	75
0,5:1:1	2,5	-5	80
1:1:1	2	0	89,4
1,5:1:1	1,5	10	70
2:1:1	1	25	72

Таркибида кремний сақлаган фталоцианин бўёқ моддаси синтези.

Кремний сақловчи фталоцианин бўёқ моддасини синтез қилиш учун янги таркибли катализатордан фойдаланиб жараён амалга оширилди. Тетраэтоксисилан, карбамид ва фтал ангидрид асосида янги турдаги таркибида кремний сақловчи фталоцианин бўёқ моддаси синтез қилинди. Бунинг учун 400 мл ҳажмли термобарқарор стаканга 4,16 гр (0,04 моль) тетраэтоксисилан, 10,68 гр (0,04 моль) фтал ангидрид, 19,2 гр (0,16 моль) карбамид ва умумий массага нисбатан 1% миқдорда катализатор қўшиб аралаштирилди. Олдиндан тайёрлаб қўйилган қиздириш печидаги ҳарорат 250°С га етганда стакандаги реакция аралашмани печга 2,5 соат давомида қолдирилди. Натижада, рангсиз реакция аралашма ҳарорат тасирида

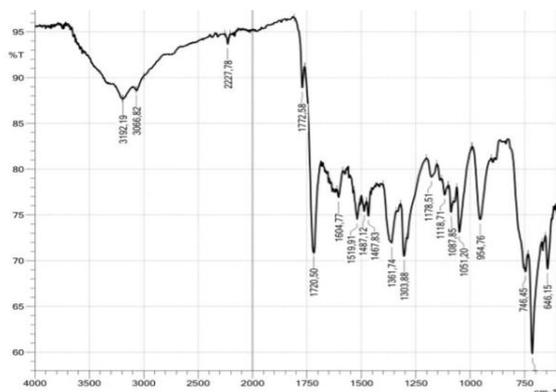
реакцияга киришиб кўнғир рангли кукунсимон массага айланиб қолади. Уни печдан олиб, хона ҳароратида совутиб устига 96% ли концентрланган сульфат кислота эритмасида 30 дақиқа давомида аралаштириб турган ҳолда эритилди.

Қўйидаги реакцияда тетраэтоксисилан, карбамид, фтал ангидрид ва катализатор иштирокида таркибида кремний сақловчи фталоцианин бўёқ модданинг олиниш реакция жараёнлари келтирилган:

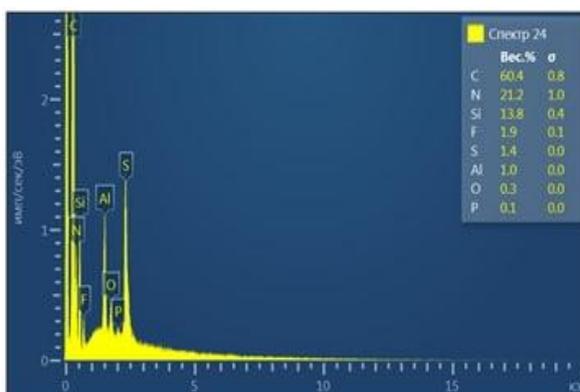


Жараённинг охирида, қўшимча тозалаш, эритиш ва нейтраллашдан сўнг кўк-яшил кристаллар пайдо бўлиб, стакан тубига чўка бошлайди. Олинган чўкмани қайта-қайта сув билан нейтраллаб, сўнгра Бюхнер воронкасида филтрлаб, бир неча мартаба дистилланган сув билан ювиб олинди. Ювиб олинган маҳсулотни қуритиш печида 60°C ҳароратда 12 соат давомида қуритилди. Қуритиб олинган тўқ кўк рангли пигмент диметилформамид ва N-метил пиридонда эритилди. Олинган маҳсулотнинг унуми 80% ни ташкил қилди.

1-расмда таркибида кремний сақлаган фталоцианин бўёқ модданинг ИҚ-спектри ва сканерловчи электрон микроскопдаги элементлар таҳлили келтирилган.



(а)



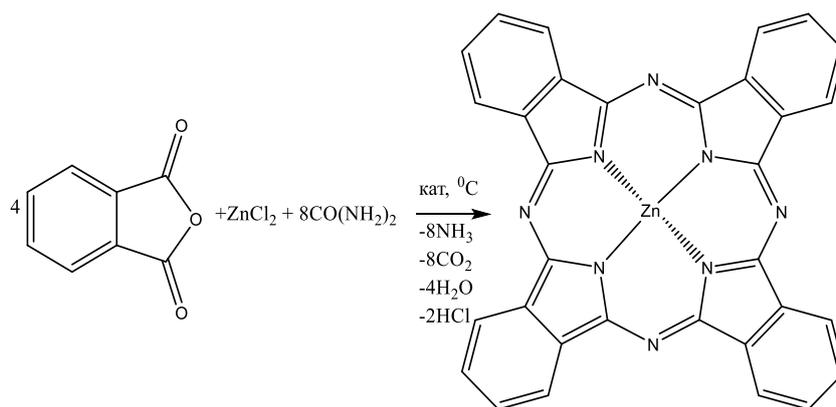
(б)

1-расм. Кремний сақловчи фталоцианин бўёқ модданинг (SiPc) ИҚ-спектри (а) ва сканерловчи электрон микроскопдаги элементлар таҳлили (б).

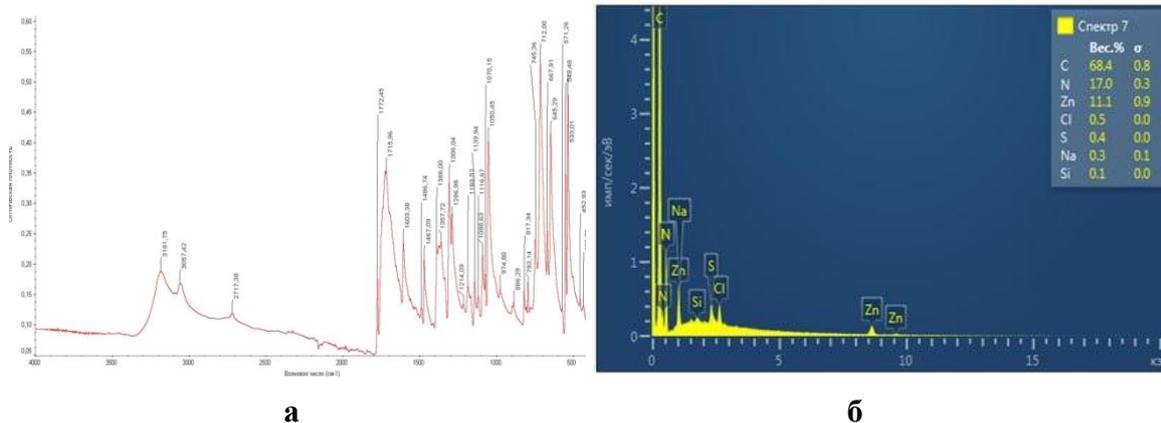
Ароматик халқадаги ютилиш частоталари $1467,83 - 1487 \text{ см}^{-1}$ соҳаларда изоиндол гуруҳларга тегишли бўлган ютилиш чўкқиларини намоён қилди. $1519,91 \text{ см}^{-1}$ соҳада $-N=$ боғи борлиги кузатилди. $1604,77 \text{ см}^{-1}$ ютилиш соҳаси $C=C$ гуруҳга тегишли бўлган боғи мавжудлиги қайд этилди. Текисликда $C-H$ боғига тегишли бўлган $1303,88 \text{ см}^{-1}$ ютилиш частоталари мавжудлиги кузатилди. 1051 см^{-1} ютилиш соҳасида $Si-O-$ боғларига тегишли бўлган тебранишлар мавжудлигини кўриш мумкин. $954,76 \text{ см}^{-1}$ соҳаларда бензол халқасига мансуб тебранишлар мавжудлигини кўриш мумкин. $746,45 \text{ см}^{-1}$ фталоцианин халқаларига тегишли бўлган ютилиш частоталарига эга эканлиги қайд этилди.

Рух фталоцианин бўёқ моддасининг синтези

Рух фталоцианин бўёқ моддасини синтез қилишда бизга рух хлорид, карбамид, фтал ангидрид ва катализатор керак бўлди. 400 мл ҳажмли термобарқарор стаканга 2,72 гр (0,02 моль) рух хлорид, 11,84 гр (0,08 моль) фтал ангидрид, 9,6 гр (0,16 моль) карбамид ва умумий массага нисбатан 1% миқдорда катализатор сифатида натрий боргидрид қўшиб аралаштирилди. Олдиндан тайёрлаб қўйилган қиздириш печидаги ҳарорат 250°C га етганда стакандаги реакция аралашмани печга 2,5 соат давомида қўйдик. Натижада, рангсиз реакция аралашма ҳарорат таъсирида реакцияга киришиб қўнғир рангли кукунсимон массага айланиб қолади. Уни печдан олиб, хона ҳароратида совутиб устига 96% ли концентрланган сульфат кислота эритмасида 30 дақиқа давомида аралаштириб турган ҳолда эритилди. Олинган чўкмани қайта-қайта сув билан ювиб чўктирилди ва аммиак эритмаси билан нейтраллаб сўнгра Бюхнер воронкасида филтрлаб, бир неча мартаба дистилланган сув билан ювиб олинди. Сўнгра олинган маҳсулотни қуритиш печида 60°C ҳароратда 12 соат давомида қуритилди. Синтез жараёни қуйида кўрсатилган механизм бўйича амалга оширилди:



Модданинг элемент таркиби ҳар қандай ишлаб чиқаришда ишлатилаган хомашёни, ишлаб чиқаришни ҳамда маҳсулотларни назорат қилиш учун маълум бўлиши керак. Шунини ҳисобга олиб, олинган рух фталоцианин бўёқ модданинг ИҚ-спектри ва сканерловчи электрон микроскопдаги элементлар таҳлили қуйидаги 2-расмда келтирилган.



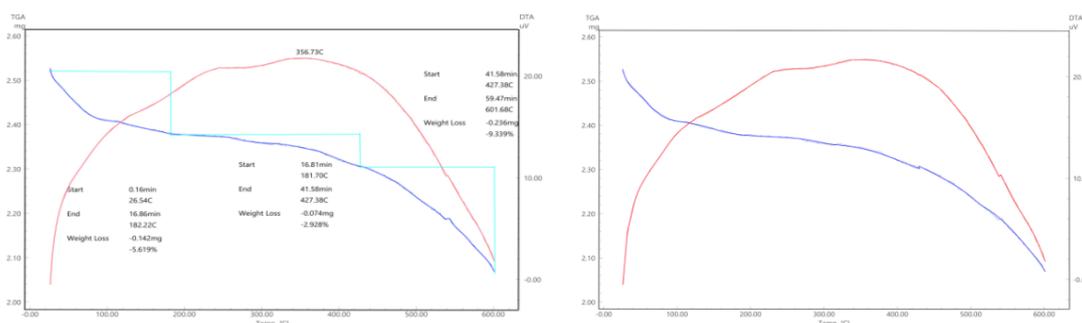
2-расм. Рух фталоцианин (ZnPc) бўёк моддасининг ИҚ-спектри (а) ва сканерловчи электрон микроскопдаги элементлар таҳлили (б).

Рух фталоцианин комплексининг яқин 400 см^{-1} ва узоқ 4000 см^{-1} инфрақизил тўлқин узунлиги соҳасида жойлашган ютилиш спектрлари кўрсатилган. $3057,42\text{ см}^{-1}$ соҳадаги ютилиш чизиқлари С-Н боғига тегишли эканлигини кўриш мумкин. С=С боғига тегишли тебранишлар $1603,38\text{ см}^{-1}$ ютилиш чизиқларига тегишли эканлиги кузатилди. Ароматик халқанинг ютилиш чизиқлари $1486-1467\text{ см}^{-1}$ соҳаларда изоиндолга тўғри келиши кузатилди.

Ютилиш чўққилари $1357,72\text{ см}^{-1}$ ларда жойлашган валент тебранишлар пиррол халқага тегишли эканлиги кузатилди. Бензол халқаларининг ютилиш соҳаси 947 см^{-1} , шунингдек, фталоцианин халқаларига тегишли бўлган ютилиш соҳасилари $745,36\text{ см}^{-1}$ минтақада кузатилди.

Диссертациянинг “Қуёш элементлари учун ишлатиладиган органик ва ноорганик яримўтказгич бирикмаларнинг хоссалари ва уларнинг тадқиқоти” деб номланган учинчи бобида анилин ва фталоцианин асосида олинган яримўтказгич бўёқ моддаларни сканерловчи электрон микроскопик (СЭМ), рентген фазовий, УБ-спектроскопия ва дифференциал сканерлаш калориметрияси (ДСК) таҳлил усуллари ҳамда солиштирма қаршилик, кучланиш ва ток кучи қийматларини аниқлаш учун Ц300, ДТ 9205А маркали мультиметрлар каби замонавий экспериментал тадқиқот усулларида фойдаланиб уларнинг физик-кимёвий хоссалари тадқиқ этилган.

Синтез қилинган яримўтказгич полианилин бўёқ модданинг термик барқарорлигини текшириш учун дифференциал-термик ва термогравиметрик усулларда таҳлил қилинди. Олинган дериватограмма 3-расмда келтирилган.



3-расм. Полианилиннинг термик анализи.

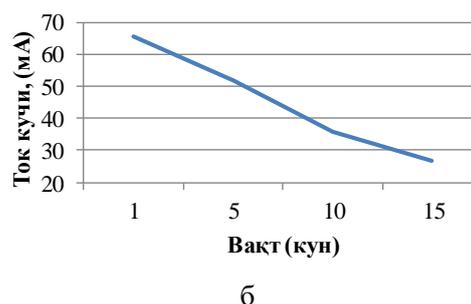
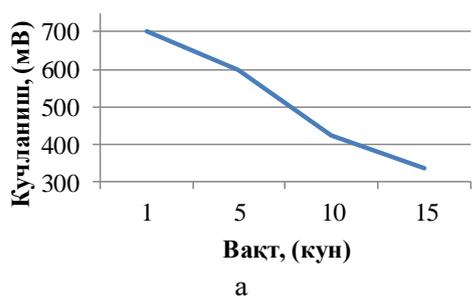
Термик таҳлиллар 100°C дан 600°C гача ҳарорат оралиғида, аргон муҳитида дақиқасига 10 градус тезликда амалга оширилди. Дифференциал-термик ва термогравиметрик таҳлил натижалари 2-жадвалда батафсил келтирилган.

2-жадвал

Полианилин бўёқ моддасининг ТГА ва ДТА эгри чизиғи натижалари таҳлили

№	Температура, °C	Йўқотилган масса, мг (2.527 мг)	Йўқотилган масса, %	Сарфланадиган энергия микдори ($\mu V \cdot s / mg$)	Сарфланган вақт (мин)	dw (мг)	dw/dt (мг/мин)
1	100	0,119	4,7	14.36	8,5	2.408	0,014
2	200	0,149	5,9	19.12	18,65	2.378	0,007
3	300	0,169	6,7	20.9	28,7	2.358	0,005
4	400	0,208	8,2	21.15	38,8	2.319	0,005
5	500	0,29	11,5	15.02	49,0.2	2.236	0,005
6	600	0,456	18,04	2.07	59,3	2.071	0,007

Қуйидаги 4-расмда полианилин бўёқ моддаси асосида ҳосил қилинган контактда ДТ 9205А рақамли мультиметр ёрдамида 12 кун давомида қувват чиқишини яъни, кучланиш (мВ) ва ток кучи (мА) қийматларини ўлчаш орқали олинган натижалар келтирилди.



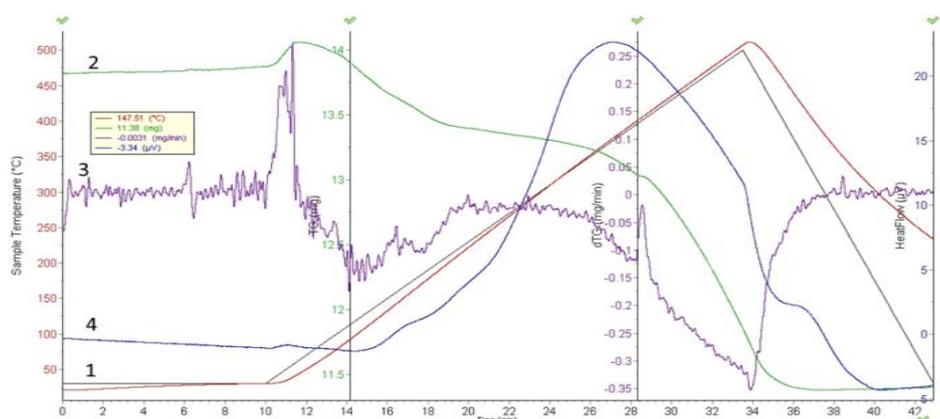
4- расм. Полианилин асосидаги кўёш элементи томонидан ҳосил қилинган қувватлар (мВ) (а) ва (мА) (б)

Биз фойдаланган бўёқ модданинг олиниш усули содда ва ташқи агрессив муҳитга чидамлилиги, энг муҳими қувват чиқиши вольт-ампер қийматлари адабиётларда келтирилган қийматлардан юқори эканлиги қайд этилди. Бизнинг ўлчовларимиз давомида кунлик об-ҳаво шароитига ва куннинг қисмига қараб қувват чиқиши кучланиш ва ток кучи қийматлари бироз ўзгариб турди, шуни ҳисобга олиб, куннинг ҳар хил қисмида ўлчовлар олиниб, уларнинг ўртача қийматлари келтирилди. Юқоридаги натижалардан кучланиш ва ток кучининг энг юқори кўрсаткичи сифатида биринчи куни 700,6 (мВ), 65,45 (мА) ва энг паст кўрсаткич сифатида эса, ўлчашнинг охири куни 335 (мВ), 26,6 (мА) қийматлар қайд этилди.

Янги таркибли кремний сақловчи фталоцианин (SiPc) бўёқ модданинг термик таҳлили 20-500°C ҳарорат оралиғида амалга оширилди. Дифференциал термогравиметрик анализ эгри чизиғи (ДТГА) (2-эгри чизиқ) таҳлили шуни кўрсатадики, ДТГА эгри чизиғи асосан 2 та интенсив парчаланадиган температура оралиғида амалга ошади. 1-парчаланадиган

оралиқ 53-254°C температурага, 2-парчаланадиган оралик эса 258-479°C температурага мос келади.

5-расмда кремний сақловчи фталоцианин бўёқ модданинг (SiPc) дериватограммаси келтирилган.



5-расм. Кремний сақловчи фталоцианин бўёқ модданинг (SiPc) дериватограммаси

Юқорида, масса 100°C гача этил спирти ва намликнинг йўқотилиши эвазига 3% га камаяди. Кейинги масса йўқотилиши 150°C гача рўй бериб, бунда ортиқча карбамиднинг аммиак ажратиб парчаланиши кузтилади. 350°C дан юқорида модда суюқланади ва органик қисмлар парчаланиб имин гуруҳлари аммиак ва метангача парчаланади. 485°C дан юқорида углерод оксидан иборат қолдиқ сақланиб қолади.

Дифференциал-термик ва термогравиметрик таҳлил натижалари 3-жадвалда батафсил келтирилган.

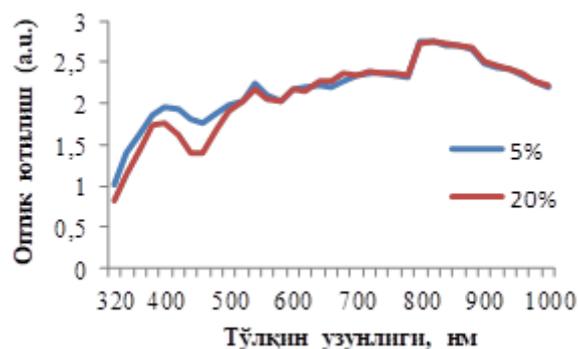
3-жадвал

Кремний сақловчи фталоцианин (SiPc) бўёқ моддасининг ДТГА ва ДСК эгри чизиғи натижалари таҳлили

№	Температура, °C	Йўқотилган масса, %	Модданинг парчаланиш тезлиги, мг/мин	Сарфланадиган энергия миқдори (µV*с/мг)
1	50	0,946	0,147	0,25
2	100	3,082	0,122	3,55
3	200	4,621	0,489	1,01
4	300	8,606	0,197	2,02
5	400	14,21	0,235	3,02
6	500	18,32	0,235	2,14

Бу термогравиметрик тадқиқотлар натижасида кўринадикки, асосий масса йўқолиши 110-482°C оралиғида кечади. Унда асосий массанинг 18,25% яъни массанинг 3,21 мг йўқолади. 485°C дан кейин ўзгариш кузатилмайди, масса ўзгаришсиз қолади.

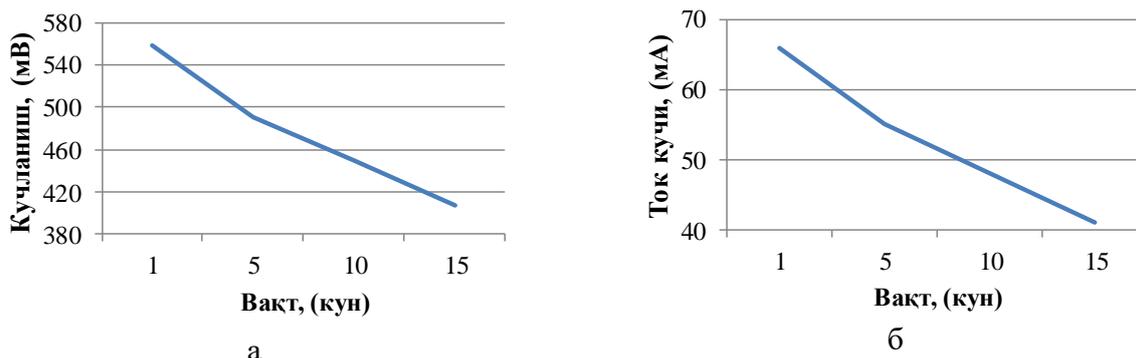
Кремний сақловчи фталоцианин бўёқ модданинг фотодинамик хусусиятларини ўрганиш учун унинг спектрал ютилиш хараактеристикасини таҳлил қилиш зарур. Кремний сақловчи фталоцианин (SiPc) бўёқ модданинг эритувчига нисбатан ўлчанган оптик ютилиш спектрал кенгликлари 6-расмда кўрсатилган.



6-расм. Кремний сақловчи фталоцианин (SiPc) бўёқ модданинг оптик ютилиши

Таркибида кремний сақловчи фталоцианин бўёқ моддасининг оптик ютилиши В-5000 спектрофотометрида 320 нм дан 1000 нм гача бўлган спектрал кенгликдаги тўлқин узунликларда таҳлил қилинди. Тадқиқот ишлари бўёқ модданинг 5% ва 20% ли диметилформамаиддаги эритмаларида амалга оширилди.

Қуйидаги 7-расмда мис фталоцианин бўёқ моддаси асосида ҳосил қилинган контактда ДТ 9205А мультиметр ёрдамида 15 кун давомида қувват чиқишини (мВ) ва (мА) ларда ўлчаш орқали олинган қийматлар келтирилди.



7-расм. Мис фталоцианин бўёқ моддаси асосида ҳосил қилинган контактда қувватларнинг чиқиши (мВ) ва (мА)

Мис фталоцианин бўёқ моддаси асосида ҳосил қилинган контактда ДТ 9205А мультиметр ёрдамида 15 кун давомида қувват чиқишини (мВ) ва (мА) ларда ўлчаш орқали олинган қийматлар келтирилди. Бизнинг ўлчовларимиз давомида кунлик об-ҳаво шароитига ва куннинг қисмига қараб қувват чиқиши кучланиш ва ток кучи қийматлари ўзгариб туради шуни ҳисобга олиб, куннинг ҳар қил қисмида ўлчовлар олиниб, уларнинг ўртача қийматлари келтирилди. Юқоридаги натижалардан кучланиш ва ток кучининг энг юқори кўрсаткич сифатида биринчи кун 558 (мВ), 66,58 (мА) ва энг паст кўрсаткич сифатида эса ўлчашнинг охириги куни 407 (мВ), 41,9 (мА) қийматлар қайд этилди.

Диссертациянинг “Қуёш элементларини олишда ишлатиладиган ноорганик ва органик яримўтказкич бирикмалар ишлаб чиқаришни амалга ошириш, унинг технологик схемаси ва техник-иқтисодий асосланиши” деб номланган тўртинчи бобида техник-иқтисодий ҳисоб-

китобларнинг натижалари ҳамда анилин ва фталоцианин асосидаги яримўтказгич бўёқ моддалар олиш технологияси муҳокама қилинган.

Термиз давлат университети ва Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институтида анилин ва фталоцианин асосида таркибида кремний, мис ва рух сақлаган бўёқ моддалар синтез қилиш технологияси ишлаб чиқилди. Натижада, қуёш нурига сезгир бўёқлар билан ишлайдиган қуёш элементларини олиш имконияти яратилди.

Полианилин бўёқ моддасини олиш учун 1-сиғимдан ҳайдаш орқали тозаланган анилин, 2-сиғимга 1 моль/л хлорид кислота эритмалари, 3-сиғимга оксидловчи модда сифатида аммоний персульфат $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ юкланади (8-расм).



1-анилин, 2-хлорид кислота, 3-оксидловчи модда, 4-реактор, 5- дистилланган сув билан ювиб яъни, филтрланадиган калонна, 6-нейтраллаш калоннаси, 7-қуритиш шкафи, 8- майдалагич, 9-тайёр маҳсулот.

8-расм. Ноорганик ва органик яримўтказгич бирикмалар олишнинг технологик схемаси

Дастлаб, реакцияга киришаётган моддалар – анилин ва 1 моль/л хлорид кислота эритмалари тегишли миқдорда 4-реакторга туширилиб, аралаштиргич ёрдамида 10°C ҳароратда 1-2 соат аралаштирилади. Хлорид кислота эритмасидан қўшиб, аралаштирилгандан сўнг аралашма рангсиз ҳолатга келади. Кейин, ўлчаб олинган аммоний персульфатнинг 10 фоизли эритмасини 4-реакторга, анилин ва хлорид кислотали аралашма устига аста-секинлик билан 30 дақиқа давомида томчилатиб қўшиб, реакция 10°C ҳароратда ушлаб турилади. Реакцион аралашмани яна 2 соат давомида 150 айл/мин. тезликда аралаштириб турган ҳолда, ҳарорат 0°C да доимий ушлаб турилади. Ушбу реактордан кейин реакцион аралашма 5-колоннага юборилади. Бу ерда дистилланган сув билан ювиб, сўнгра филтрланади.

Шундан сўнг, олинган маҳсулотни реакцияга киришмай қолган ортикча кислота ва қўшимчалардан тозалаш ҳамда муҳит рН ини тўғирлаш учун 5-колоннадан насос ёрдамида 6-реакторга юборилади. Ушбу реакторда аммиак эритмаси билан нейтралланади ва дистилланган сув билан ювиб, сўнгра филтрланади. Шундан кейин, 7-қуритиш печига юборилади. У ерда 60°C да 12 соат давомида қуритилади. Сўнгра маҳсулотни 7-қуритиш печидан 8-майдалагичга ўтказилади. Майдаланган маҳсулот тайёр полимер бўёқ модда сифатида 9-қадоқлаш қурилмасида қопларга жойланади.

Синтез қилинган полианилин бўёқ моддани ишлаб чиқариш учун хомашё нархлари фақат бошланғич модданинг ўзи учун ҳисобланди (4-жадвал).

4-жадвал

1 тонна полианилин бўёқ моддасини ишлаб чиқариш учун хомашё нархи

№	Полианилин бўёқ модда	Хомашё нархи, кг/сўм	1 тонна полианилин олиш учун, хомашё, кг	1 тонна полианилин нархи (1000 кг) сўм
1	Анилин	175 000	354	61 950 000
2	Аммоний персульфат	38 000	402	15 276 000
3	Хлорид кислота	30 000	70	210 000
4	Амиак	7500	70	525 000
5	Сув	2000	300	600 000
Жами				78 561 000

4-жадвалда 1 тонна полианилин бўёқ модда ишлаб чиқариш учун дастлабки хомашё нархлари фақат бошланғич модданинг ўзи учун **78 561 000** сўм сарфланади.

Полианилин бўёқ модда ишлаб чиқариш учун барча ҳаражатлар ишлаб чиқариш ва тайёр маҳсулотнинг бозор иқтисодиётида 1 тонна тайёр маҳсулот учун таннарх ҳисоблаб топилди (5-жадвал).

5-жадвал

1 тонна синтез қилинган полианилиннинг таннархи

№	Номланиши	Нархи, сўм
1	Ишчилар маоши	1 600 000
2	Ягона ижтимоий тўлов 15%	240 000
3	Хомашё нархи	78 561 000
4	Кўшимча ҳаражатлар (шу жумладан иссиқлик ва электр учун)	2 000 000
5	Кўзда тутилмаган ҳаражатлар	1 000 000
6	Фойда 10%	8 340 100
Жами		91 741 100
7	ҚҚС 15%	13 761 165
Умумий		105 502 265

5-жадвалдан кўринадики, 1 тонна тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш учун барча ҳаражатлар **105 502 265** сўмга тенг эканлиги ҳисоблаб топилди.

Шундай қилиб, синтез қилинган полианилин бўёқ моддаси асосида қуёш нурларига сезгир бўёқлар билан ишлайдиган қуёш элементини ишлаб чиқаришда кутилаётган иқтисодий самарага эришилади.

ХУЛОСАЛАР

1. Анилин ва аммоний персульфат иштирокида полианилин бўёқ модда олишнинг паст ҳароратли оксидланиш полимеризация усули ишлаб чиқилди ва жараёнларнинг мақбул шароитлари аниқланди. Шунингдек, полианилин бўёқ модданинг яримўтказувчанлик, физик-кимёвий, фотофизик, фотодинамик ва вольт-ампер хоссалари тадқиқ қилинди. Натижада, ушбу полимер бўёқ моддасини биринчи марта янги авлод, қуёш нурларига сезгир бўёқ моддалар асосида ишлайдиган қуёш элементлари сифатида қўллаш тавсия этилди.

2. Синтез қилинган янги таркибли кремний сақловчи фталоцианин (SiPc) бўёқ модданинг таркиби ва тузилиши инфрақизил спектроскопия (ИК) ҳамда сканерловчи электрон микроскопик (СЭМ) усуллари ёрдамида аниқланди. Олинган бўёқ модданинг термогравиметрик таҳлили натижаларига кўра, унинг термик жиҳатдан барқарорлиги, таркибида кремний сақловчи фталоцианин бўёқ моддасини рентген фазавий таҳлили натижасида таркиби 38,35% кристалл ва 61,65% аморф тузилишга эга эканлиги кўрсатиб берилди.

3. Синтез қилинган мис фталоцианин бўёқ моддасининг УБ ва вольт-ампер таҳлил маълумотларига асосланиб, улардан янги, авлод қуёш элементларини яратишда қуёш нурига сезгир бўёқ модда сифатида фойдаланиш имконияти аниқланди. Олинган мис фталоцианин бўёқ моддаси асосида ҳосил қилинган контактда 15 кун давомида қувват чиқишини яъни кучланиш ва ток кучининг энг юқори кўрсаткич сифатида 568,2 мВ, 60,6 мА ва энг паст кўрсаткич сифатида эса 420,4 мВ, 31,2 мА бўлиши аниқланган.

4. Синтез қилинган полианилин ҳамда таркибида кремний, мис ва рух сақловчи бўёқ моддалар юқори интенсивлиги, таннархининг арзон эканлиги ва қуёш нурларига сезгир бўлган бўёқ моддалар асосида ишлайдиган қуёш элементини импорт қилинаётган кремний асосли панеллар ўрнида ишлатишга таклиф этилди.

5. Анилин, карбамид, фтал ангидрид, тетраэтоксисилан, рух ва мис тузлари ёрдамида фотосенсибилизаторлик хусусиятига эга бўлган яримўтказгич бўёқ моддалар олиш технологияси ишлаб чиқилди. Ноорганик ва органик яримўтказгич бирикмалар олиш технологияси “BMAX BUILDING MATERIALS” МЧЖ Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасида амалиётга жорий этилди ва олинган қуёш нурларига сезгир бўлган бўёқ моддалар қуёш элементларни олиш учун қўллашга тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.Т.78.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ШУКУРОВ ДИЛМУРОД ХУРСАНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И
ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ
СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

02.00.13-Технология неорганических веществ и материалы на их основе

02.00.14-Технология органических веществ и материалы на их основе

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Термез – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2022.2.PhD/T2749

Диссертация выполнена в Термезском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.tersu.uz и информационно-образовательном портале ZIYONET по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель: **Тураев Хайит Худайназарович**
доктор химических наук, профессор
Каримов Маъсуд Убайдулла угли
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Султонов Баходир Элбекович**
доктор технических наук, профессор
Мухиддинов Баходир Фахриддинович
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация: **Самаркандский государственный университет**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2022 г. в «__» часов на заседании Ученого совета на основе Ученого совета PhD.03/30.12.2019.T.78.01 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Термезского государственного университета за № ____, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43.Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2022 года.
(протокол рассылки № ____ от «__» _____ 2022 г.).

И.А. Умбаров
Председатель научного совета
по присуждению ученой степени, д.т.н., доц.

Ш.А. Касимов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученой степени, д.х.н., доц.

Р.В.Аликулов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученой степени, д.х.н., доц.

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире увеличивается спрос на энергию из года в год из-за роста населения и объемов производства. Одним из наиболее эффективных решений энергетических проблем мира, как и республики, является использование солнечной энергии. Исходя из этого, солнечная энергия является одним из самых дешевых и экологически чистых ресурсов, и важно создавать дешевые и перспективные солнечные элементы на основе неорганических и органических полупроводниковых материалов.

Во всем мире ведутся исследования по созданию и производству новых солнечных элементов на основе полупроводниковых полимеров и красителей на основе фталоцианинов. В связи с этим выделяется большое внимание на использование солнечных элементов на основе фталоцианиновых красителей, также полупроводниковых полимерных материалов содержащих атомы металлов и неметаллов, неорганических и органических полупроводников, они доступны благодаря их гибкой простой структуре, экологичности, экономичности, технической безопасности, а также созданию супернанокомпозиционных и их использованию в качестве полупроводниковых соединений, заменяющих оксиды индия и таллия.

В целях развития химической промышленности в нашей стране достигаются определенные научные и практические результаты в производстве новых видов полупроводниковых соединений, отвечающих современным требованиям. Некоторые результаты достигнуты в области неорганических и органических полупроводниковых материалов, также красителей, чувствительных к солнечному свету. Поэтому принимаются масштабные меры по обеспечению внутреннего рынка импортозамещающей отечественной продукцией. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, направленные на «освоение производства принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечивающих конкурентоспособность национальных товаров на внутреннем и внешнем рынках»¹. В связи с этим важно создание экономичных и экологически безопасных технологий производства полупроводниковых красителей, чувствительных к солнечному свету, в том числе анилина и фталоцианина, с помощью которых можно улучшить эксплуатационные свойства конструкций солнечных элементов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указе и постановлении Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан» и ПП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республике Узбекистан»

инвестиционной привлекательности» и ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и научной эффективности в области химии и биологии», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: VII. «Химическая технология и нанотехнологии» и II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В мире в области синтеза полупроводниковых полимеров и металлоорганических комплексных красочных материалов и создания на их основе новых красителей чувствительных к солнечному свету, провели научные исследование ряд ученые, такие как Милакин К.А., Коровин А.Н., Фарис Йылмаз, Хидэки Ширакова, Алан Зегер, Алан Мак-Диармид, Т.В. Верницкая, О.Н. Ефимов, Манохар, Сяору Гоу, Ганьхуа Лу, Джунхонг Чен, Найлянг Янг, Андрев Т. Смитс, Анна Мари Ла Шанс, Соншан Цэн, А.Т.Дидейкин, Александр Юрьевич Вул, Хандан Айдын, Хамит Ализ, Джихат Айдын, Килимник А.Б., Михаил Грецель, Брейн Ореган, Кондракова Е.Ю., А.Т.Джалилов, С.Ш.Рашидова, Х.Х.Тураев, Х.С.Бекназаров, А.Т.Тиллаев и другие, внесли значительный вклад своими научными исследованиями.

В результате своих исследований эти ученые провели ряд исследований по синтезу полупроводниковых полимеров и фталоцианиновых комплексов, содержащих атомы металлов и неметаллов, а также в технологии производства красочных материалов, содержащих сложные ароматические лиганды, мочевины, фталевый ангидрид, фосфор, азот, кремний и галогены.

Ведутся обширные научные исследования по повышению эффективности композитов, полученных на основе неорганических и органических полупроводниковых соединений, определению их физико-химических и эксплуатационных свойств, получению солнечных элементов из красителей чувствительных к солнечному свету, определяемые как солнечные элементы третьего поколения, из полупроводниковых полимеров и красителей на основе фталоцианинов, которые смогут заменить выпускаемые в настоящее время солнечные панели на основе кремния.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Исследование диссертации выполнено согласно рабочему плану Термезского государственного университета и Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии, в рамках фундаментальных и практических проектов по темам: ОТ-Ф7-34 «Теоретические основы синтеза комплексообразующих полифункциональных ионитов и с их помощью разделения некоторых d-металлов» (2017-2020 гг.), МУ-ФЗ- 201910142 «Разработка инновационных технологий разработки минерализованных труб, фитингов, панелей и напольных покрытий» (2020-2022 гг.) и А12-003 «Технология

промышленного производства органических красителей и кремнийсодержащих полимеров» (2014-2015 гг.)

Целью исследования является разработка новой эффективной технологии органических и неорганических полупроводниковых чувствительных красителей с высоким коэффициентом ассимиляции для получения солнечных элементов из светочувствительных красителей.

Задачи исследования:

синтез светочувствительных красителей на основе анилина и фталоцианина;

определение оптимальных условий синтеза красителей, чувствительных к солнечному свету, на основе анилина и фталоцианина;

изучение фотосенсибилизирующих свойств фталоцианиновых красителей, содержащих кремний, медь и цинк, по результатам УФ-спектрофотометрического и вольтамперного анализа;

определение состава, строения и физико-химических свойств красителей на основе анилина и фталоцианина современными методами исследования;

изучение строения и принципа действия солнечных элементов, полученных на основе красителей, чувствительных к солнечному свету;

разработка и экономическое обоснование технологии производства красителей на основе анилина и фталоцианина.

Объектом исследования являются светочувствительные красители на основе анилина и фталоцианина, а также диоксида титана и специальная прозрачная стеклянная пластинка.

Предметом исследования является процесс получения красителей на основе анилина и фталоцианина, технология получения красителей, а также удельное сопротивление, напряжение и сила тока, измеряемые в результате контакта с помощью специальной прозрачной стеклянной пластины.

Методы исследования. Методы анализа инфракрасной спектроскопии (ИК), рентгенофазовой (РФА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), УФ-спектроскопии и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) при изучении синтеза красителей на основе анилина и фталоцианина и их применения в качестве чувствительных красителей для солнечных элементов использовались современные экспериментальные методы исследования, такие как определение удельного сопротивления, значений напряжения и силы тока.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

получены полупроводниковые красители PANI, SiPc, ZnPc, CuPc на основе анилина и фталоцианина;

определены оптимальные условия получения чувствительных красителей, содержащих кремний, медь и цинк;

фотосенсибилизирующие свойства фталоцианиновых красителей, содержащих кремний, медь и цинк, определены на основании результатов спектрофотометрического и вольтамперного анализа;

установлено, что значения напряжения полученных красителей возрастают в ряду SiPc<ZnPc<CuPc<ПАНИ и уменьшаются значения тока в ряду SiPc>ПАНИ>SuPc>ZnPc;

разработана технология получения чувствительных красителей для солнечных элементов на основе анилина и фталоцианина.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные условия получения полупроводниковых красителей на основе анилина, хлорида цинка, сульфата меди, фталевого ангидрида, мочевины, тетраэтоксилана;

разработана технология получения светочувствительных красителей PANI, SiPc, ZnPc, CuPc на основе анилина и фталоцианина;

определена фотосенсибилизирующая способность полученных полупроводниковых красителей быть видимыми и чувствительными к инфракрасным лучам солнца;

доказано, что синтезированные полупроводниковые красители марки SiPc, ZnPc, CuPc, PANI являются солнечными элементами третьего поколения, коэффициент полезной работы в качестве фотосенсибилизатора повышен до 5-6%.

Достоверность результатов исследования. Выводы и рекомендации, основанные на идентификации полученных материалов, объясняются применением высокоинформативных, современных химических, физико-химических и физических (ИК, УФ-спектрометрия, СЭМ, ЭА, РФА, ДТГА, ДСК, цифровые мультиметры Щ300 и ДТ9205А) методов, балансом результатов экспериментальных и теоретических исследований и реализация разработки.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется созданием научных основ получения красителей PANI, SiPc, ZnPc, CuPc на основе анилина и фталоцианина, определением их физико-химических свойств, а также технологии производства.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что полученные красители PANI, SiPc, ZnPc, CuPc служат для использования в солнечных элементах, работающих на основе красителей, чувствительных к солнечному свету, вследствие чего проявляют полупроводниковые и оптические свойства.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов, полученных при разработке технологии получения неорганических и органических полупроводниковых соединений для солнечных элементов:

технология производства светочувствительных красок на основе анилина и фталоцианина, успешно внедрены на Узбекско-Турецком СП ООО «BMAX BUILDING MATERIALS» (справка № 33 от 28.04.2022 года Узбекско-Турецкой СП ООО «BMAX BUILDING MATERIALS»). В результате удалось получить синтезированные солнцезащитные красители

марки ПФ-ZnРс-115 с высокой фотосенсибилизирующей способностью для солнечных элементов, работающих на солнцечувствительных красителях;

красители на основе мономеров анилина и фталоцианина в производстве солнечных элементов, успешно внедрены на Узбекско-Турецком СП ООО «BMAX BUILDING MATERIALS» (справка № 33 от 28.04.2022 года Узбекско-Турецкой СП ООО «BMAX BUILDING MATERIALS»). В результате на основе синтезированных SiR, ZnRc, CuPc, полупроводниковых красителей марки ПАНИ удалось получить солнечные элементы третьего поколения с коэффициентом полезного использования 5-6%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждались на 15 конференциях, в том числе 5 международных и 10 республиканских научных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 23 научных статьи, из них 8 научных статей опубликовано в научных журналах: 4 статьи в республиканских и 4 статьи в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации состоит из 109 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИSSERTАЦИИ

Вводная часть основывается на актуальности и необходимости диссертации, целях и задачах, объектах и предметах исследования, соответствии исследования приоритетам науки и техники Республики Узбекистан, его научной новизне и практических результатах, выводах. о выполнении результатов исследований. Информация об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертационной работы, озаглавленной «**Современное состояние и перспективы исследований в области полупроводниковых материалов**» на основе литературных данных рассмотрены современные методы и применение синтеза красителей на основе полупроводниковых полимеров и фталоцианина, получение в мире и в нашей республике полупроводниковых металлоорганических комплексных красителей и их применение в солнечных элементах, работающих на основе новых светочувствительных красителей, а также разработка и внедрение, приведены краткие сведения о конкретных фотохимических характеристиках веществ.

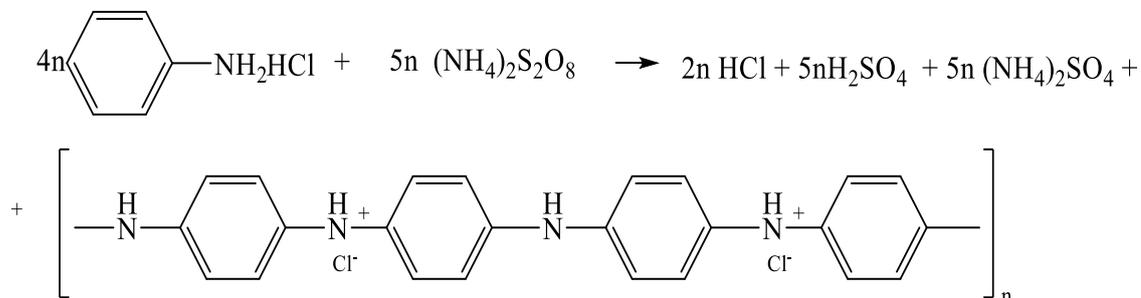
Систематизированы литературные данные по синтезу и изучению физико-химических свойств полупроводниковых красителей на основе анилина и фталоцианина, а также по изучению фотосенсибилизационных свойств чувствительных красителей, что является одним из перспективных направлений исследования.

Во второй главе диссертации под названием «Синтез и исследование полупроводниковых полимеров и фотопроводящих красителей на основе фталоцианина, используемых для получения солнечных элементов» описаны свойства используемых материалов, методы исследования и синтез красителей на основе анилина и фталоцианина.

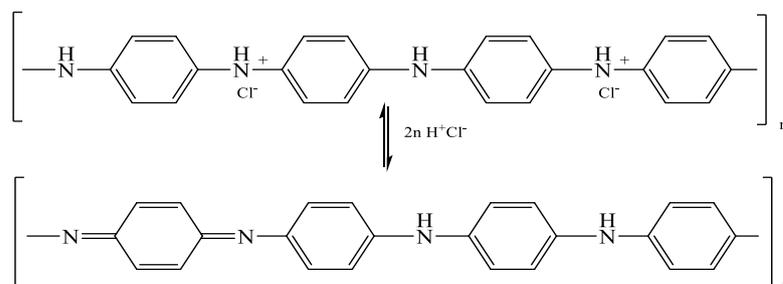
Синтез полимерного красящего пигмента на основе анилина и персульфата аммония.

Первоначально реагенты отвешивали в мольном соотношении 1:1 персульфата аммония и анилина. К отмеренному анилину добавляют 75 мл 1М HCl, растворяют в стакане на 400 мл и хранят при 10°C. Раствор, смешанный с добавленным раствором соляной кислоты, находится в бесцветном состоянии. Затем в другом стакане на 400 мл растворяют 10%-ный раствор измеряемого персульфата аммония в 70 мл 1 М HCl и этот раствор также хранят при 10°C. Реакцию проводят при указанной выше температуре, медленно добавляя по каплям персульфат аммония к смеси анилина и соляной кислоты. Температуру поддерживали постоянной на уровне 0°C при перемешивании реакционной смеси на средней скорости в течение 30 мин. Цвет раствора постепенно становится синим, а затем становится красновато-зеленым, что указывает на образование полиэмеральдина, промежуточного продукта. Еще через 30 мин осадок собирают на воронке Бюхнера и несколько раз промывают водяным аспиратором. Для выделения порошка полианилина из полученного раствора его фильтровали на воронке Бюхнера, затем сушили в вакуумном сушильном шкафу при 60°C в течение 24 часов для повторной сушки полученного фильтрата. Высушенный темно-фиолетовый порошок полианилина растворим в органических растворителях. Выход процесса составил 89,4%. Высокий выход реакции зависит от чистоты исходных реагентов, скорости перемешивания и скорости добавления окислителя, а также от того, что реакцию проводят при максимально низкой температуре.

Методом окислительной полимеризации гидрохлорида анилина с персульфатом аммония получают следующие реакции с получением полианилина (изумруда, полиэмиральдина) гидрохлорида:



Во второй нашей реакции приведены процессы реакции образования полианилинового (изумрудного) основания в результате депротонирования гидрохлоридной соли полиэмиральдина в щелочной среде.



Анализ влияния концентрации анилина на выход продукта, образующегося при получении полианилина в присутствии анилина, персульфата аммония, 1М соляной кислоты и раствора аммиака, продолжительности реакции и разности температур реакции показано в таблице 1. В результате выход продукта, образующегося в процессе получения полианилина в присутствии анилина, персульфата аммония, 1М соляной кислоты и раствора аммиака в реакции с концентрацией анилина 1:1 моль время реакции составило 2 часа, а выход продукта, образующегося в процессе, проведенном при 0°С, составил 89,4%.

Таблица 1

Изучение влияния концентрации, времени и температуры реагентов на выход продукта

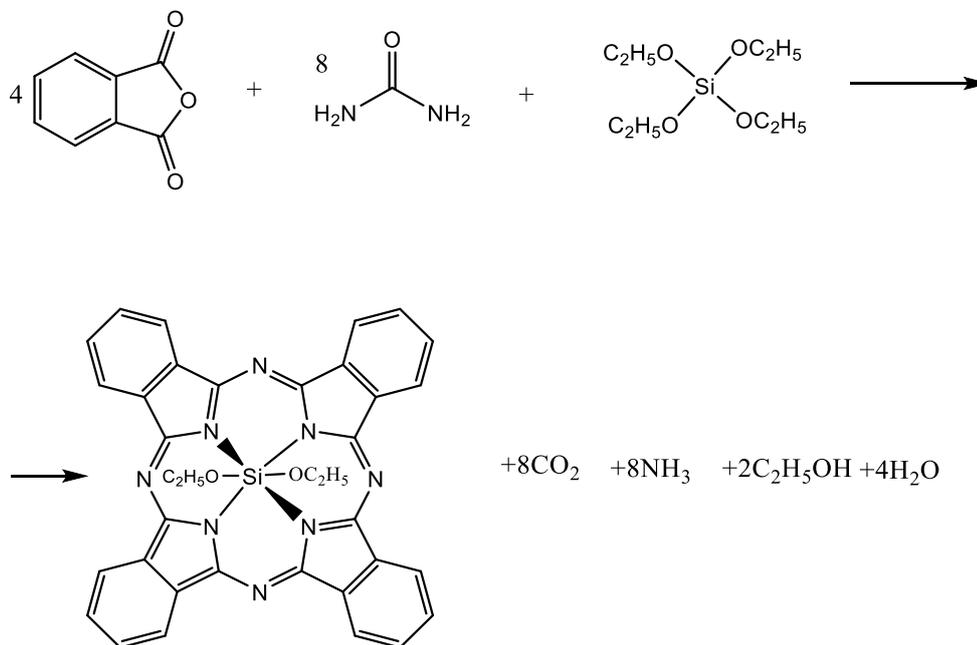
Товарная доля основных продуктов	Время реакции, (часы)	Температурная зависимость реакции, °С	Выход реакции%
анилин-аммониопероксодисульфат-НСl			
0,1:1:1	3	-10	75
0,5:1:1	2,5	-5	80
1:1:1	2	0	89,4
1,5:1:1	1,5	10	70
2:1:1	1	25	72

Синтез фталоцианинового красителя, содержащего кремний.

Процесс был проведен с использованием нового составного катализатора для синтеза кремнийсохраняющего фталоцианинового красителя. Синтезирован новый тип кремнийсодержащего фталоцианинового красителя на основе тетраэтоксилана, мочевины и фталевого ангидрида. Для этого в термореактивный стакан объемом 400 мл добавляли 4,16 г (0,04 моль) тетраэтоксилана, 10,68 г (0,04 моль) фталевого ангидрида, 19,2 г (0,16 моль) мочевины и 1% от общей массы катализатора и хорошо перемешали. Когда температура в предварительно разогретой печи предварительного нагрева достигла 250°С, реакционную смесь в стакане поместили в печь на 2,5 часа. В результате бесцветная реакционная смесь под действием температуры попадает в реактор и превращается в коричневую порошкообразную массу. Её вынимали из печи, охлаждали до комнатной температуры и растворяли в

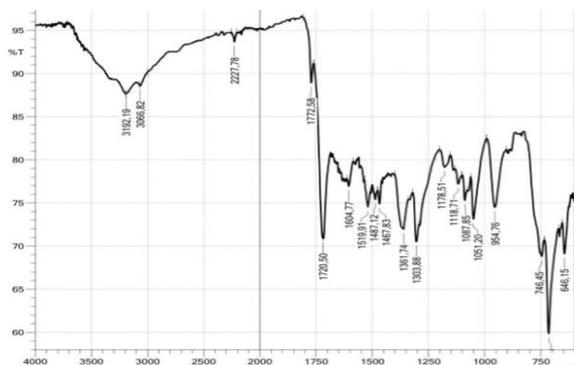
96%-ном концентрированном растворе серной кислоты при перемешивании в течение 30 минут.

Описаны следующие реакции получения кремнийсодержащего фталоцианинового красителя в присутствии тетраэтоксилана, мочевины, фталевого ангидрида и катализатора:

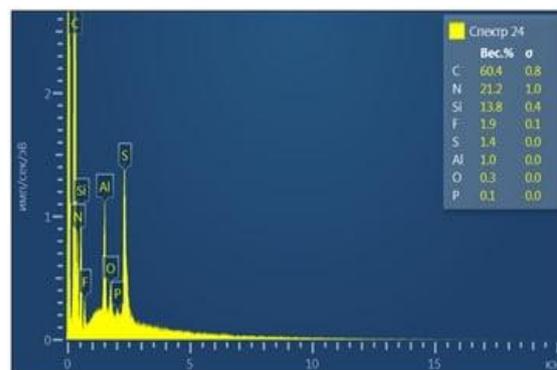


В конце процесса после дополнительной очистки, плавления и нейтрализации появляются сине-зеленые кристаллы, которые начинают осаждаться на дне стакана. Полученный осадок повторно нейтрализуют водой, затем фильтруют на воронке Бюхнера и несколько раз промывают дистиллированной водой. Промытый продукт сушили в сушильном шкафу при 60°C в течение 12 ч. Высушенный темно-синий пигмент хорошо растворим в диметилформамиде и N-метилпирролидоне. Выход полученного продукта составил 80%.

На рис.1 представлен ИК-спектр кремнийсодержащего фталоцианинового красителя и анализ элементов в сканирующем электронном микроскопе.



а



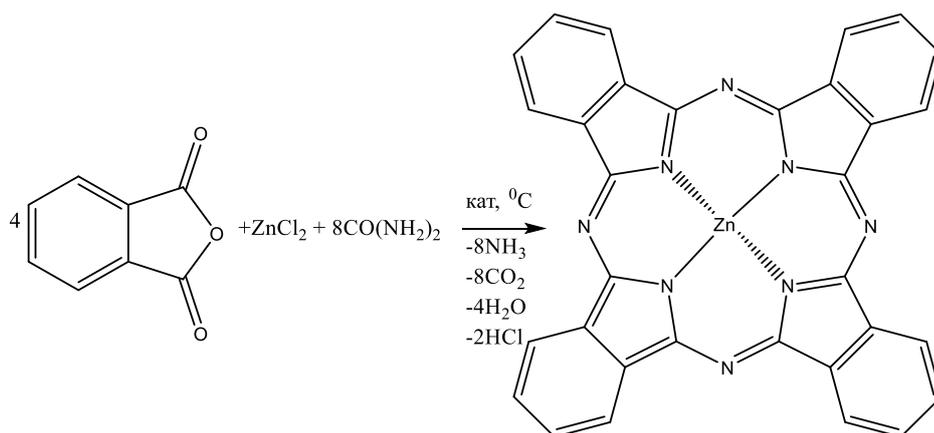
б

Рис.1. ИК-спектр кремнийсодержащего фталоцианинового красителя (SiPc) (а) и анализ элементов в сканирующем электронном микроскопе (б).

Частоты поглощения в ароматическом кольце составляли 1467,83-1487 см⁻¹, что указывает на принадлежность пиков поглощения изоиндольным группам. Было замечено наличие связи -N= в области 1519,91 см⁻¹. В области поглощения 1604,77 см⁻¹ обнаружена связь, относящаяся к группе C=C. В плоскости наблюдались частоты поглощения 1303,88 см⁻¹, принадлежащие связи S-N. 1051 см⁻¹ показало наличие колебаний, принадлежащих Si-O-связям в области поглощения. 954,76 см⁻¹ свидетельствует о наличии в полях колебаний, принадлежащих бензольному кольцу. Сообщалось, что 746,45 см⁻¹ имеет частоты поглощения, соответствующие фталоцианиновым кольцам.

Синтез фталоцианинового красителя цинка.

Для синтеза фталоцианинового красителя цинка нам понадобились хлорид цинка, мочевины, фталевый ангидрид и катализатор. 2,72 г (0,02 моль) хлорида цинка, 11,84 г (0,08 моль) фталевого ангидрида, 9,6 г (0,16 моль) мочевины и 1% от общей массы катализатора боргидрида натрия добавили в термостабильный стакан на 400 мл. Когда температура в предварительно разогретой печи предварительного нагрева достигла 250°C, реакционную смесь в стакане поместили в печь на 2,5 часа. В результате бесцветная реакционная смесь под действием температуры вступает в реакцию и превращается в коричневую порошкообразную массу. Её вынимали из печи, охлаждали до комнатной температуры и растворяли в 96%-ном концентрированном растворе серной кислоты при перемешивании в течение 30 минут. Полученный осадок многократно промывают водой и нейтрализуют раствором аммиака, затем фильтруют на воронке Бюхнера и несколько раз промывают дистиллированной водой. Промытый продукт сушили в сушильном шкафу при 60°C в течение 12 ч. Процесс синтеза осуществлялся по следующему механизму:



Элементный состав вещества необходимо знать для управления сырьем, производством и продуктами, используемых в любом производстве. С учетом этого ИК-спектр полученного красителя фталоцианина цинка и элементный анализ в сканирующем электронном микроскопе представлены на рисунке 2 ниже.

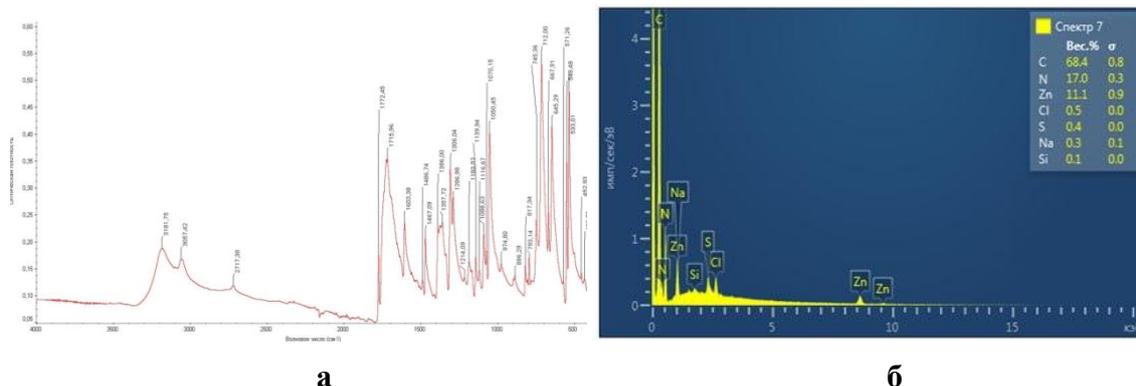


Рис. 2. ИК-спектр красителя фталоцианина цинка (ZnPc) (а) и анализ элементов в сканирующем электронном микроскопе (б).

Показаны спектры поглощения фталоцианинового комплекса цинка в области ближнего 400 см^{-1} и длинного 4000 см^{-1} инфракрасного излучения. Установлено, что линии поглощения в области $3057,42\text{ см}^{-1}$ принадлежат связи S-H. Было замечено, что колебания, принадлежащие связи C=C, принадлежат линиям поглощения $1603,38\text{ см}^{-1}$. Установлено, что линии поглощения ароматического кольца соответствуют изоиндолу в области $1486-1467\text{ см}^{-1}$. Валентные колебания на пиках поглощения при $1357,72\text{ см}^{-1}$ принадлежат кольцу пириролиза. Область поглощения бензольных колец составила 947 см^{-1} , а область поглощения фталоцианиновых колец - $745,36\text{ см}^{-1}$.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Свойства органических и неорганических полупроводниковых соединений, используемых в производстве солнечных элементов» рассматриваются сканирующие электронные микроскопические (СЭМ), рентгенофазовый, термический анализ и вольт-амперные свойства полупроводниковых анилиновых и красители на основе фталоцианина.

Синтезированный полианилиновый краситель анализировали дифференциально-термическим и термогравиметрическим методами для проверки термостабильности вещества. Полученная дериватограмма показана на рисунке 3.

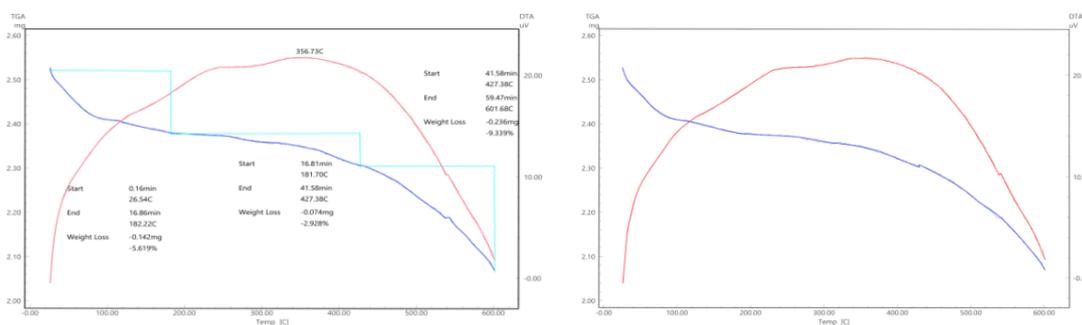


Рис.3. Термический анализ полианилина

Термические анализы проводились в диапазоне температур от 100°C до 600°C в среде аргона со скоростью 10 градусов в минуту. Результаты дифференциально-термического и термогравиметрического анализа подробно представлены в таблице. 2.

Анализ результатов кривых ТГА и ДТА полианилинового красителя

№	Температура, °С	Потерянная масса, мг (2.527 мг)	Потерянная масса, %	Количество потребляемой энергии ($\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{mg}$)	Время проведения (минуты)	dw (мг)	dw/dt (мг/мин)
1	100	0,119	4,7	14.36	8,5	2.408	0,014
2	200	0,149	5,9	19.12	18,65	2.378	0,007
3	300	0,169	6,7	20.9	28,7	2.358	0,005
4	400	0,208	8,2	21.15	38,8	2.319	0,005
5	500	0,29	11,5	15.02	49,0.2	2.236	0,005
6	600	0,456	18,04	2.07	59,3	2.071	0,007

На рис. 4 ниже представлены результаты, полученные путем измерения выходного напряжения (мВ) и силы тока (мА), в течение 12 дней цифровым мультиметром DT9205A на контакте, сформированном на основе полианилинового красителя.

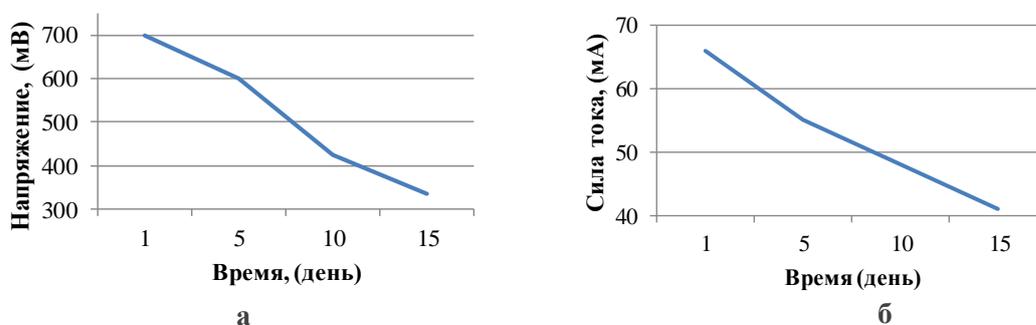


Рис.4. Емкости солнечных элементов на основе полианилина (мВ) (а) и (мА) (б)

Отмечено, что используемый нами способ получения красителя прост и устойчив к внешним агрессивным средам, главные значения выходной вольт-амперной мощности выше значений, приведенных в литературе. В ходе наших измерений значения выходной мощности напряжения и тока незначительно варьировались в зависимости от ежедневных погодных условий и времени суток с учетом измерений, проведенных в разное время суток, и приводили их средние значения. Из вышеприведенных результатов самые высокие значения напряжения и тока были зарегистрированы в первый день как 700,6 (мВ), 65,45 (мА), а самые низкие в последний день измерения как 335 (мВ), 26,6 (мА).

Термический анализ нового кремнийсодержащего фталоцианинового (SiPc) пигмента проводили в интервале температур 20-500°C. Анализ кривой дифференциального термогравиметрического анализа (ДТГА) (кривая 2) показывает, что кривая ДТГА в основном приходится на 2 интервала температур интенсивного разложения. Диапазон разложения 1 соответствует температуре 53-254°C, диапазон разложения 2 соответствует температуре 258-479°C.

На рис.5 представлена дериватограмма кремнийсодержащего фталоцианинового красителя (SiPc).

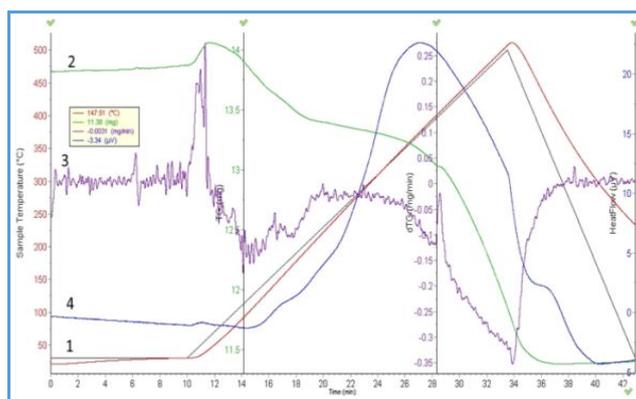


Рис.5. Дериwатограмма кремнийсодержащего фталоцианинового красителя (SiPc)

Выше, масса уменьшается на 3% за счет потери влаги этиловым спиртом до 100 оС. Последующая потеря массы происходит до 150°С, при которой избыток мочевины разлагается с выделением аммиака. Выше 350°С вещество разжижается, а органические частицы разлагаются по иминным группам до аммиака и метана. Остаток, состоящий из углеродистого кокса при температуре выше 485°С сохраняется.

Результаты дифференциально-термического и термогравиметрического анализа подробно представлены в таблице 3.

Таблица 3

Анализ результатов кривых ДТГА и ДСК кремнийсодержащего фталоцианинового (SiPc) красителя

№	Температура, °С	Потерянная масса, %	Скорость разложения вещества, мг/минуты	Количество потребляемой энергии (μV*с/мг)
1	50	0,946	0,147	0,25
2	100	3,082	0,122	3,55
3	200	4,621	0,489	1,01
4	300	8,606	0,197	2,02
5	400	14,21	0,235	3,02
6	500	18,32	0,235	2,14

В результате этих термогравиметрических исследований выясняется, что основная потеря массы происходит в диапазоне 110-482°С. Он теряет 18,25% основной массы, т.е. 3,21 мг массы. Никаких изменений не наблюдается после 485°С, масса остается неизменной.

Для изучения фотодинамических свойств кремнийсодержащего фталоцианинового красителя необходимо проанализировать его спектральные характеристики поглощения. Измеренная ширина спектра оптического поглощения кремнийсодержащего фталоцианинового (SiPc) красителя по отношению к растворителю показана на рисунке 6.

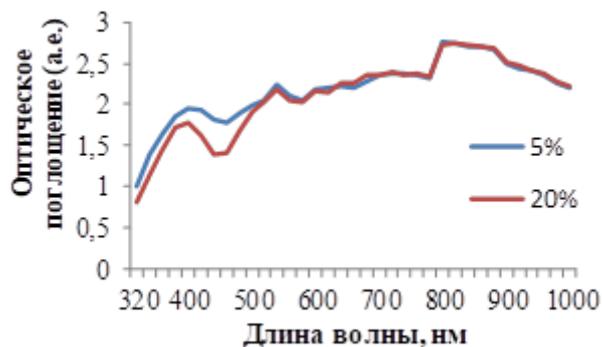


Рис. 6. Оптическое поглощение кремнийсодержащего фталоцианинового (SiPc) красителя

Оптическое поглощение кремнийсодержащего фталоцианинового красителя анализировали на спектрофотометре В-5000 в диапазоне длин волн с шириной спектра от 320 до 1000 нм. Исследования проводились в 5% и 20% диметилформамидных растворах красителя. На рис. 6 показаны измеренные значения ширины спектра оптического поглощения кремнийсодержащего фталоцианинового (SiPc) красителя по отношению к растворителю.

На рисунке 7 ниже показаны значения, полученные при измерении выходной мощности (мВ) и (мА) в течение 15 дней с помощью мультиметра DT 9205A на контакте, сформированном на основе красителя фталоцианина меди.

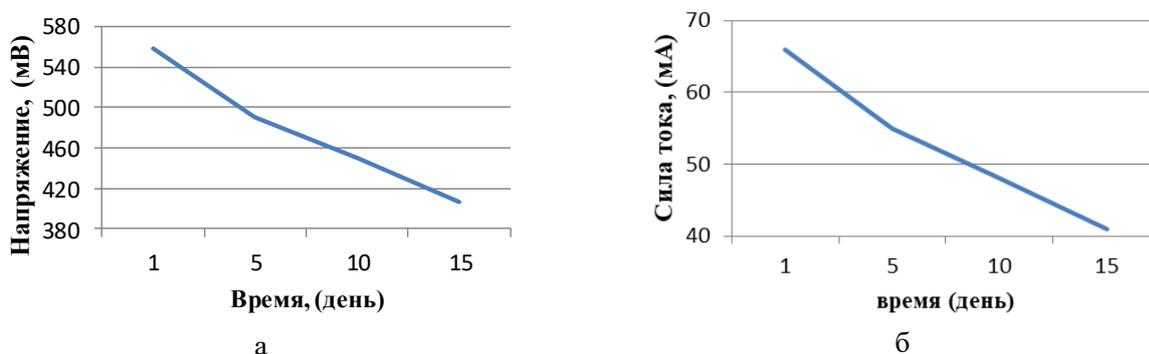


Рис.7. Выходная мощность (мВ) (а) и (мА) (б) на контакте, сформированном на основе красителя фталоцианина меди

Приведены значения, полученные при измерении выходной мощности в (мВ) и (мА) в течение 15 дней с помощью мультиметра DT 9205A в контакте, сформированном на основе красителя фталоцианина меди. В ходе наших измерений значения выходной мощности напряжения и тока менялись в зависимости от ежедневных погодных условий и времени суток, поэтому измерения проводились в разное время суток и приводились их средние значения. Из приведенных выше результатов самые высокие значения напряжения и тока были зарегистрированы в первый день как 558 (мВ), 66,58 (мА), а самые низкие в последний день измерения как 407 (мВ), 41,9 (мА).

В четвертой главе диссертации «**Осуществление производства неорганических и органических полупроводниковых соединений, используемых при формировании солнечных элементов, его**

технологическая схема и технико-экономическое обоснование» рассмотрены результаты технико-экономических исследований и технологии получения полупроводниковых красителей на основе анилина и фталоцианина.

В Термезском государственном университете и Ташкентским химико-технологическим научно-исследовательским институтом разработано технология синтеза красителей содержащих кремний, медь и цинк на основе мономера анилина и фталоцианина. В результате удалось получить солнечные элементы, работающие чувствительными к солнечным лучам красители.



1-анилин, 2-соляная кислота, 3-окислитель, 4-реактор, 5-промывка дистиллированной водой, т.е. фильтровальная колонна, 6-колонна нейтрализации, 7-камера сушка, 8-измельчитель, 9-готовый продукт.

Рис.8. Технологическая схема получения неорганических и органических полупроводниковых соединений

Для получения полианилинового красителя очищенный перегонкой анилин из 1-й емкости загружают во 2-ю емкость с раствором соляной кислоты концентрацией 1 моль/л, в 3-ю емкость загружают персульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ в качестве окислитель.

Первоначально реагенты - анилин и раствор соляной кислоты концентрацией 1 моль/л - заливают в соответствующее количество реактора 4 и перемешивают мешалкой при 10°C в течение 1-2 часов. После добавления раствора соляной кислоты и перемешивания смесь обесцвечивается. Затем в реактор 4 по каплям добавляли 10% раствор измеряемого персульфата аммония, смесь анилина и соляной кислоты, в течение 30 мин и поддерживали температуру реакции 10°C . Реакционную смесь перемешивали еще 2 ч при 150 об/мин., температуру поддерживают постоянной на уровне 0°C при быстром перемешивании. После этого реактора реакцию смесь направляют в колонну 5. Здесь его промывают дистиллированной водой, а затем фильтруют.

Затем полученный продукт направляют из 5-й колонны в 6-й реактор с помощью насоса для удаления избытка кислоты и непрореагировавших

добавок и коррекции рН среды. В этом реакторе его нейтрализуют раствором аммиака, промывают дистиллированной водой и затем фильтруют. Затем его отправляют в 7-ю сушильную печь. Там его сушат при 60°C в течение 12 часов. Высушенный продукт из 7-го сушильного шкафа поступает в 8-й измельчитель. Измельченный продукт помещают в мешки в 9-упаковочный аппарат как готовый полимерный краситель.

Стоимость сырья для производства синтезированного полианилинового красителя рассчитывалась только на само исходное сырье таблица 4.

Таблица 4

Стоимость сырья для производства 1 тонны полианилинового красителя

№	Полианилиновый краситель	Цена сырья, кг/сум	Для получения 1 т полианилина, сырье, кг	Стоимость 1 тонны полианилина (1000 кг) составляет сум
1	Анилин	175 000	354	61 950 000
2	Персульфат аммония	38 000	402	15 276 000
3	Соляной кислоты	30 000	70	210 000
4	Аммиак	7500	70	525 000
5	Вода	2000	300	600 000
Общее				78 561 000

В таблице 4 стоимость сырья для производства 1 тонны полианилинового красителя составляет 78 561 000 сум только на исходное сырье.

Все для производства полианилинового красителя издержки производства и себестоимость 1 тонны готовой продукции в условиях рыночной экономики рассчитана в таблице 5.

Таблица 5

Стоимость 1 тонны синтезированного полианилина

№	Именование	Цена, сум
1	Заработная плата рабочих	1 600 000
2	Единый социальный платеж 15%	240 000
3	Цена сырья	78 561 000
4	Дополнительные расходы (включая тепло и электроэнергию)	2 000 000
5	Непредвиденные расходы	1 000 000
6	Прибыль 10%	8 340 100
Общее		91 741 100
7	НДС 15%	13 761 165
Общее		105 502 265

Как видно из таблицы 5, все затраты на производство 1 тонны готовой продукции рассчитаны в размере 105 502 265 сум.

Таким образом, достигается ожидаемая экономичность производства солнечного элемента, работающего с красителями, чувствительными к солнечному свету, на основе синтезированного полианилинового красителя.

ВЫВОДЫ

1. Разработан метод низкотемпературной окислительной полимеризации получения полианилинового красителя в присутствии анилина и персульфата аммония и определены оптимальные условия проведения процессов. Исследованы также полупроводниковые, физико-химические, фотофизико-фотодинамические и вольтамперные свойства полианилинового красителя. В результате было рекомендовано впервые использовать этот полимерный краситель в качестве солнечных элементов нового поколения, работающих на основе светочувствительных красителей.

2. Состав и структура вновь синтезированного кремнийсодержащего фталоцианинового (SiPc) красителя определены методами инфракрасного излучения и СЭМ. По результатам термогравиметрического анализа полученного красителя, его термостабильности, рентгенофазового анализа кремнийсодержащего фталоцианинового красителя установлено, что он имеет кристаллическую структуру 38,35% и аморфную структуру 61,65%.

3. На основании данных УФ и вольтамперного анализа синтезированных фталоцианиновых красителей меди появилась возможность их использования в качестве светочувствительных красителей при создании солнечных элементов нового поколения. Контакт, сформированный на основе полученного красителя фталоцианина меди, показал, что выходная мощность за 15 дней составила 568,2 мВ, 60,6 мА как наибольшее значение напряжения и тока и 420,4 мВ как наименьшее значение 31,2 мА.

4. Предлагается использовать синтезированный полианилин и солнечный элемент на основе высокоинтенсивных, недорогих и светочувствительных красителей, содержащих кремний, медь и цинк, вместо импортных панелей на основе кремния.

5. Разработана технология получения полупроводниковых красителей с фотосенсибилизирующими свойствами с использованием анилина, мочевины, фталевого ангидрида, тетраэтоксилированных солей цинка и меди. На узбекско-турецком совместном предприятии ООО «BMAX BUILDING MATERIALS» внедрена технология производства неорганических и органических полупроводниковых соединений, а красители, чувствительные к солнечному свету, рекомендованы для использования в производстве солнечных элементов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/30.12.2019.T.78.01 AT TERMEZ STATE UNIVERSITY**

TERMEZ STATE UNIVERSITY

SHUKUROV DILMUROD

**CREATING OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING INORGANIC AND
ORGANIC SEMICONDUCTOR COMPOUNDS FOR SOLAR CELLS**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials based on them

02.00.14 – Technology of organic substances and materials based on them

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) TECHNICAL SCIENCES**

Termez – 2022

The topic of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2022.2.PhD/T2749

Thesis was completed at Termez State University.

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page at www.tersu.uz and the information and educational portal ZIYONET at www.ziyonet.uz.

Scientific advisers:

Turaev Khayit

doctor of chemical sciences, professor

Ma'sud Karimov

doctor of technical sciences, senior scientific scientist

Researcher Official opponents:

Sultonov Bakhodir

Doctor of Technical Sciences, professor

Mukhiddinov Bakhodir

Doctor of Chemical Sciences, professor

Lead organization:

Samarkand State University

The defense of the thesis will take place "___" _____ 2022 at "___" hours at a meeting of the Scientific Council PhD.03/30.12.2019.T.78.01 at Termez State University at the address: 190111, Surkhandarya region, Termez, st. Barkamol Avlod, 43. Tel .: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz.

The thesis is registered at the Information Resource Center of Termez State University under No. _____, which can be found at the IRC (190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol Avlod St., 43. Tel .: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

The abstract of the dissertation was sent out "___" _____ 2022.
(Protokol at the register No. _____ dated "___" _____ 2022).

I.A. Umbarov

Chairman of the Scientific Council for
awarding of the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

Sh.A. Kasimov

Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Docent

R.V. Alikulov

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Docent

INTRODUCTION (abstract of doctor of philosophy PhD dissertation)

The aim of the research is to develop a new efficient organic and inorganic semiconductor sensitive dye technology with high assimilation coefficient to obtain solar cells from sun-sensitive dyes.

The object of research is sunlight-sensitive dyes based on aniline and phthalocyanine, as well as titanium dioxide and a special transparent glass plate.

The scientific novelty of the research is:

PANI, SiRs, ZnRc, CuPc semiconductor dyes based on aniline and phthalocyanine were obtained;

optimal conditions for obtaining sensitive dyes containing silicon, copper and zinc were determined;

photosensitizing properties of phthalocyanine dyes containing silicon, copper and zinc were determined on the basis of the results of spectrophotometric and volt-ampere analysis;

it was found that the voltage values of the obtained dyes increase in the series SiPc <ZnPc <CuPc <PANI and the current values decrease in the series SiPc> PANI> CuPc> ZnPc;

a technology for obtaining sensitive dyes for solar cells based on aniline and phthalocyanine has been developed.

Application of research results. Based on the scientific results obtained on the development of technology for obtaining inorganic and organic semiconductor compounds for solar cells:

The technology of production of sun-sensitive paints based on aniline and phthalocyanine was introduced at the Uzbek-Turkish joint venture BMAX BUILDING MATERIALS LLC (reference of the Uzbek-Turkish joint venture BMAX BUILDING MATERIALS LLC №. 33 dated April 28, 2022). As a result, it was possible to obtain synthesized PF-ZnPc-115 branded sun-sensitive dyes with high photosensitizing ability for solar cells operating with sun-sensitive dyes;

aniline monomers and dyes based on phthalocyanine (reference book of the Uzbek-Turkish joint venture “BMAX BUILDING MATERIALS” LLC №. 33 dated April 28, 2022). As a result, the synthesized SiRs, ZnRc, CuPc, PANI semiconductor dyes are incorporated into the third generation solar cells in terms of visible and infrared photosensitizing properties and increase the efficiency by 5-6% by deep immersion in titanium dioxide coated with a special transparent anode allowed.

The structure and scope of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation was 109 pages.

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of publications

I бўлим (I часть; part I)

1. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Изготовление и анализ сенсibilизированных солнечных элементов с использованием пигмента на основе фталоцианина меди // Научный журнал Universum: технические науки. – Москва. –2020, –№ 11-4 (80). –С.73-77. (02.00.00. №01).

2. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Исследование синтезированных полупроводниковых полимеров // Научный журнал Universum: химия и биология. – Москва. –2020, –№ 12-1 (78). –С.56-59. (02.00.00. №02).

3. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Фотокаталитические свойства TiO_2 используемого в производстве чувствительных к красителям солнечных элементов. // Композиционные материалы научно-технический и производственный журнал. – Ташкент.– 2020, –№4. С. – 115-117. (02.00.00. №04).

4. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Мис фталоцианин пигментининг оптик, электрик ва органик яримўтказгич хусусиятлари тадқиқоти // Фан ва технологиялар тараққиёти илмий-техникавий журнал. – Бухоро. – 2021. – № 3.– Б. 95-103. (02.00.00. №14).

5. Shukurov D.X., To'raev X.X., Djalilov A.T., Karimov M.U. Tarkibida kremniy saqlagan ftalosianin sintezi va tadqiqoti // Kimyo va kimyo texnologiyasi. – Toshkent. – 2021. – № 3. – В. 38-43. (02.00.00. №03).

6. Shukurov D.X., To'raev X.X., Djalilov A.T., Karimov M.U. Study of synthesized graphene oxide // Samarqand davlat universiteti ilmiy tadqiqotlar axborotnomasi. – 2021. Maxsus soni. – Samarqand. – В. 50-51. (02.00.00. №09).

7. Turaev Kh.Kh., Shukurov D.Kh., Djalilov A.T., Karimov M.U. New review of dye sensitive solar cells // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), –India, Hindiston. –2021. –№ 69(9). –P. 265-271. doi: 10.14445/22315381/IJETT-V69I9P232. **Scopus**, CiteScore 2021:0.6

8. Shukurov D.Kh., Turaev Kh.Kh., Tojiyev P.J., Karimov M.U. Synthesis of Polyaniline Dye Pigment and Its Study in Dye-Sensitive Solar Cells // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), –India, Hindiston. –2022. –№ 70(4). –P. 236-244. doi: 10.14445/22315381/IJETT-V70I4P220. **Scopus**, CiteScore 2021:0.6

II бўлим (II часть; part II)

9. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Графен ва графен оксиди асосида ўтказувчан композит материаллар. “Металлорганик юқори молекулали бирикмалар соҳасидаги долзарб муаммоларнинг инновацион ечимлари” Халқаро илмий-амалий онлайн-конференция. – Тошкент. 28 май. -2021 йил. Т.2. 105-107-б.

10. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Бўёқ сезгир қуёш батареяларининг ишлаш принципи DSSC. «Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция. –Андижон. 16 апрел. -2020 йил. Т.3. 200-202-б.

11. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Графен оксиди ва унинг яримўтказгич хусусиятлари тадқиқоти. “Илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш бўйича давлат бошқарув тизими такомиллаштирилиши давр талаби” мавзусидаги IV - Халқаро конференция 18 декабр 2020 йил. Тошкент. 88-89 б.

12. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Суюнов Ж.Р., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Исследование фотокаталитических свойств композитов на основе оксида графена. “Илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш бўйича давлат бошқарув тизими такомиллаштирилиши давр талаби” мавзусидаги IV - Халқаро конференция 18 декабр 2020 йил. Тошкент. 156-157 б.

13. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У., Джалилов А.Т. Бўёқ-сезгир қуёш батареялари ривожланишининг ҳозирги ҳолати. “Инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари мавзусидаги халқаро илмий-техник on-line анжумани” – 17-19 сентябрь, 2020 йил. Тошкент. Т.3. 150-151 б.

14. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. Бўёқ-сезгир қуёш батареяларининг тузилиши ва таркибий қисмлари (DSSC). А.Ғ Ғаниевнинг 90 йиллигига бағишланган “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” VI-Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. 24- апрель. 2020 йил. Термиз. 112-113 б.

15. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. Мис фталотицианин асосидаги органик бўйқокларга сезгир қуёш батареялари (DSSC). А.Ғ Ғаниевнинг 90 йиллигига бағишланган “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” VI-Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. 24- апрель. 2020 йил. Термиз. 249-250 б.

16. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. Яримўтказгич полимер моддалардан фойдаланиш ва уларнинг ўзига хос хусусиятлари. “Функционал полимерлар фанининг замонавий ҳолати ва истиқболлари” мавзусидаги профессор ўқитувчилар ва ёш олимларнинг республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. –Тошкент. 19-20 март. -2020. 24-25-б.

17. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. Бўёқ-сезгир қуёш батареялари учун электролит эритмаларнинг физик кимёвий хусусиятлари. “Инновации в науке и образовании” материалы докладов II республиканской научно-практической интернет конференции с международным участием. ООО «RE-HEALTH» –Андижан. 26 апрель. - 2020. -41-42 б.

18. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Каримов М.У. Синтез қилинган графен оксидининг физик-кимёвий хоссалари тадқиқоти. “Кимёнинг долзарб

муаммолари” мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. –Тошкент. 4-5 февраль. -2021. 17-18-б.

19. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. Фотоэлектрическое исследование пигмента фталоцианина меди. “Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари” мавзусидаги халқаро олимлар иштирокидаги республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. –Тошкент. 10-11 март. -2021. -515-516-б.

20. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У., Назаров Ю.Э. Синтез қилинган графен оксидининг рентген фазавий анализ таҳлилини ўрганиш. Парпиев Нусрат Агзамович таваллудининг 90 йиллик хотирасига бағишланган «Комплекс бирикмалар кимёсининг долзарб муаммолари» мавзусидаги республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. –Тошкент. 14-15 сентябрь. -2021. -175-176-б.

21. Тураев Х.Х., Шукуров Д.Х., Кўчаров И.А., Мамарасулова К.И. Study of thermal analysis of silicon-containing phthalocyanine pigment. “Маҳаллий хом-ашёлар ва иккиламчи ресурслар асосидаги инноватцион технологиялар” республика илмий-техник анжумани материаллари. – Урганч. 19-20 апрел. – 2021. 174-175-б.

22. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. // Электр ўтказувчан полимер моддалар асосидаги қуёш батареялар// «Глобальная наука и инновация 2020: центральная азия» № 5(10). август 2020 серия «химические науки» НУР-СУЛТАН – 2020, 28-32-бет.

23. Шукуров Д.Х., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Каримов М.У. // Бўёқ-сезгир қуёш батареяларида ишлатиладиган яримўтказгич шаффоф электродларнинг кимёвий таркиби//. “Инновации в науке и образовании” материалы докладов I республиканской научно-практической интернет конференции с международным участием. ООО «RE-HEALTH» –Андижон. 20 июль. -2020. -85-86 б.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз (резюме) тилларидаги нусхалари
«ЎзМУ хабарлари» журнали таҳририясида таҳрирдан ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: 11.06.2022 йил.
Офсет босма қоғози. Қоғоз бичими 60×84 1/16.
“Times New Roman” гарнитураси. Офсет босма усули.
Шартли б.т. 2,8. Адади 100 нусха. Буюртма № 25.

Термиз давлат университети нашр-матбаа марказида чоп этилди.
Манзил: Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43-уй.

