

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

*ijtimoiy-igʻtisodiy, innovatsion texnik,
fan va taʼlimga oid ilmiy-amaliy jurnal*

2026-YIL

SENTYABR / 9-SON, II-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.us/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

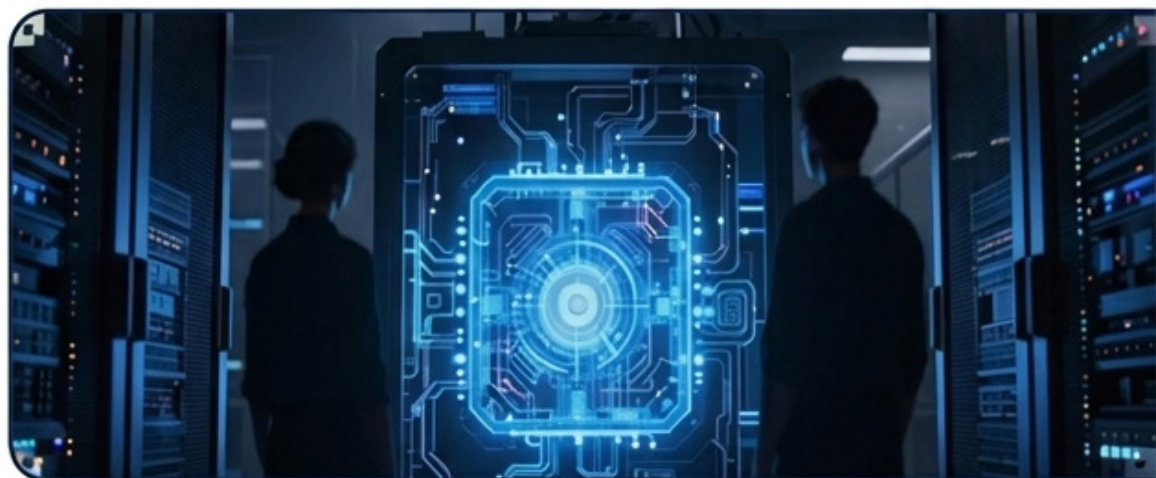
08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN
INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
ИМЕНИ Ф.Р. РАКАНОВА
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, sentyabr.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

O'ZBEKISTON TIJORAT BANKLARIDA KREDIT RISKINI ERTA ANIQLASH TIZIMINI SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH.....	9
Kobilova Ozoda Abdishukur qizi	
BUYUK BRITANIYA STARTAP EKOTIZIMINI BOSHQARISH MODEL VA O'ZBEKISTON UCHUN SABOQLAR.....	15
Sodiqov Elmurod Shomurod o'g'li	
ФИНАНСОВЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ АГРОБИЗНЕСА, РЕФОРМА ИНСТИТУТА НЕПЛАТЁЖЕСПОСОБНОСТИ И ГЕОГРАФИЯ СЕЛЬСКОЙ БЕДНОСТИ: УЗБЕКИСТАН, 2015–2025 ГОДЫ.....	21
Адилов Шерзот Шамильевич	
AHOLI DAROMADLARI VA ISTE'MOL XARAJATLARINI TADQIQ ETISHNING ZAMONAVIY EKONOMETRIK YONDASHUVLARI	30
Farmonov Dilshod Po'latovich	
SUN'IY INTELLEKT TRANSFORMATSIYASI SHAROITIDA INSON KAPITALIGA QO'YILADIGAN KOMPETENSIYAVIY TALABLARNING O'ZGARISHI: XALQARO TENDENSIYALAR VA O'ZBEKISTON UCHUN USTUVOR YO'NALISHLAR	36
Durdona Davletova	
KICHIK BIZNES SOHASIDA INSON KAPITALINI RIVOJLANTIRISH VA MEHNAT MUNOSABATLARINI TARTIBGA SOLISH OMILLARI, USULLARI HAMDA FUNKSIYALARI	56
Ulug'muradova Nodira Berdimuradovna	
O'ZBEKISTONDA YAKKA TARTIBDAGI TADBIRKORLARNI SOLIQQA TORTISHNING AMALDAGI MEKANIZMI.....	61
Erxanov Muxammadjon Absayitovich	
BOSHQARUV TIZIMIDA IQTISODIY SAMARADORLIKNI OSHIRISHNING ZAMONAVIY MEKANIZMLARI.....	68
Safarov Shohboz Vahob o'g'li	
EVALUATION OF THE PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF AZOLLA CAROLINIANA FOR THE REMOVAL OF TOXIC METALS FROM INDUSTRIAL EFFLUENTS	72
Azimov Shavkat Shuxratovich	
STABLE CEMENT COMPOSITES BASED ON WASTE TIRE RUBBER AND FLY ASH	78
Daminov Oybek, Egamberdiyev Elmurod, Xoliqulov Odiljon	
KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIK SUBYEKTLARIDA ISHLAB CHIQARILGAN MAHSULOTLARNING EKSPORT SALOHİYATINI BAHOLASH.....	85
Xikmatullayeva Nargiza Jamoliddin qizi	
CO-LOCATED SMALL MODULAR REACTORS AS AN ALTERNATE AC POWER SOURCE FOR LARGE NUCLEAR UNITS UNDER REGIONAL GRID CASCADING CONDITIONS: A DESIGN-BASIS ASSESSMENT FOR UZBEKISTAN	90
Turaeva Dilnavoz	
YO'LOVCHI TASHISH TRANSPORTINI BARQAROR IQTISODIYOTGA ULUSHINI EKONOMETRIK MODELASHTIRISH USULLARI.....	96
Dilshod Karimboyev	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЫ НА ТУРИСТИЧЕСКОМ РЫНКЕ УЗБЕКИСТАНА	102
Юсупова Мохинур Фарход кизи	
АДАПТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ФАКТОР КАЧЕСТВЕННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА УЗБЕКИСТАНА В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА.....	110
Аллаева Гульчехра Жалгасовна	



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ	121
Икрамова Нодира Бурхон кизи	
XONDIZA KONI POLIMETALL RUDALARINING MINERALOGIK VA TEXNOLOGIK XUSUSIYATLARINI TADQIQ ETISH.....	128
Abdisoatov Sardor, Axmatov Sobir, Eshnazarov Mustafo	
MALAKALI MUTAXASSISLAR TAYYORLASHDA TA'LIM-INNOVATSION RIVOJLANISHNING MOHIYATI VA UNING NAZARIY ASOSLARI	133
Temirova Shalola Erkinovna	
BENZIN TARKIBIDAGI KISLOROD MIQDORINI ANIQLASH: TAHLIL USULLARI VA ULARNING AMALIY AHAMIYATI	138
To'xtayev Nozim Nazir o'g'li	
EKSTRAKSIYA JARAYONI PARAMETRLARINING ERITUVCHILARNING EKSTRAKSION QOBILIYATIGA BOG'LIQLIGI	142
G'aybullayev Saidjon Abdusalimovich	
THE ROLE OF CHATBOTS IN EDUCATION AND THEIR APPLICATION	150
Hamroyev Bobirjon Bahritdinovich	
KICHIK BIZNES VA UNING MILLIY IQTISODIYOTNI BARQAROR RIVOJLANISHIDAGI O'RNI.....	156
Xolmirzayev Abdulxamid Xapizovich	
KO'P QATLAMLI SFERIK QOBIQNING QOVUSHQOQ-ELASTIK MUHITDAGI XOS (ERKIN) TEBRANISHLARI	161
Jalolov Farruh Baxshulloyevich	
QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINI ELEKTR ENERGETIKA TIZIMIGA INTEGRATSIYALASH VA ELEKTR TA'MINOTI BARQARORLIGINI OSHIRISH	168
Jafarov Sobir Talab o'g'li	
SENTINEL-1 PSINSAR TEXNOLOGIYASI ASOSIDA QALMOQQIR OCHIQ KARYERI BORTLARINING DEFORMATSIYASINI SUN'IY YO'LDOSH ORQALI MONITORING QILISH	173
Usmonov Firdavs Ro'zimurod o'g'li	
O'ZBEKISTONDA DAVLAT XARIDLARINI TASHKIL ETISHNING AMALDAGI MEKANIZMI VA UNI TAKOMILLASHTIRISH YO'NALISHLARI	181
Kurbonbekov Sardorbek Ravshanovich	
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ, СТРУКТУРЫ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ УЗБЕКИСТАНА.....	190
Умаров Улугбек Унарович	
O'ZBEKISTON HUDUDLARIDA IJTIMOY FAROVONLIK VA YASHASH SHAROITLARINI BAHOLASHNING KOMPLEKS YONDASHUVI	197
Jamolov Mirzabek Mirjalil o'g'li	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIKNI RIVOJLANTIRISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI	202
Shokirov Shoxruxmirzo Baxtiyorjon o'g'li	
O'ZBEKISTONDA AKSIZ SOLIG'I STAVKALARINING BIR XILDA OSHIRILISHINING FISKAL, ISTE'MOL VA TAQSIMLANISHGA TA'SIRI.....	208
Musurmonov Sherzod Yusupovich	
DEVELOPING A CONCEPTUAL MODEL OF A MARKETING MECHANISM FOR ATTRACTING APPLICANTS	217
Umarov Shuhrat Bahodir o'g'li	
ELEKTRON SAVDO XIZMATLARINING SOTSIAL-IQTISODIY MAZMUNI VA IQTISODIYOTDA TUTGAN O'RNI	230
Ulugmurodov Farxod Faxriddinovich	
DISPERS SISTEMALARINING TURLARI VA ULARNINGYO'L BITUMLARINING XOSSALARIGA TA'SIRINI TADQIQ QILISH	235
Abdullayeva Shoxista Shuxratovna, Adizov Bobirjon Zamirovich	



ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....	240
Нуруллаева Гулнара Коптлеуовна	
DAVLAT TIBBIYOT TASHKILOTLARIDA MOLIYAVIY HISOBOTLARNING AXBOROT IMKONIYATLARI (EKONOMETRIK MODELLAR ORQALI BAHOLASH)	245
Kuliboyev Azamat Shonazarovich	
MOLIYAVIY SAVODXONLIK VA AHOLINING TADBIRKORLIK FAOLIYATIGA JALB ETILISHINI OSHIRISHNING TASHKILY-IQTISODIY MEXANIZMLARI	253
Obilov Mirkomil Rashidovich	
IJTIMOY TADBIRKORLIKNI DAVLAT TOMONIDAN MOLIYAVIY QO'LLAB-QUVVATLASHNING XORIJIY MODELLARI: QIYOSIY TAHLIL	260
Yerjanov Shohrux Kabil o'g'li	
DAVLAT SUBSIDİYALARINI BOSHQARISH JARAYONLARINI RAQAMLASHTIRISH VA XALQARO RAQAMLI INTEGRATSIYA ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH YO'NALISHLARI.....	266
Hasanov To'liqin Axmatovich	
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКСИТОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ САМОАГРЕГАЦИИ МОЛЕКУЛ РИБОФЛАВИНА	272
Г.К. Касимова	

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКСИТОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ САМОАГРЕГАЦИИ МОЛЕКУЛ РИБОФЛАВИНА

Г.К. Касимова

Азиатский международный университет, Bukhara, Uzbekistan

Аннотация. Спектроскопическими методами исследованы процессы самоагрегации молекул рибофлавина в водных растворах и бинарных смесях этанола с хлороформом. Изучено влияние концентрации рибофлавина и состава растворителя на электронные спектры поглощения и люминесценции. Установлено, что увеличение доли хлороформа сопровождается снижением интегральной интенсивности полос поглощения и относительного выхода люминесценции без существенного изменения положения максимумов спектра. На основании анализа дипольных моментов и спектров линейного дихроизма показано, что самоагрегация молекул рибофлавина обусловлена преимущественно диполь-дипольным взаимодействием и сопровождается проявлением экситонного взаимодействия. Полученные результаты свидетельствуют о том, что гипохромный эффект в концентрированных растворах рибофлавина связан с изменением вероятности электронных переходов вследствие межмолекулярной самоагрегации.

Ключевые слова: рибофлавин, самоагрегация, гипохромный эффект, электронные спектры, люминесценция, линейный дихроизм, экситонное взаимодействие, диполь-дипольное взаимодействие.

Annotatsiya. Riboflavin molekulalarining suvli eritmalar va etanol-xloroformdan iborat binar erituvchi aralashmalaridagi o'z-o'zidan agregatlanish jarayonlari spektroskopik usullar yordamida tadqiq qilindi. Riboflavin konsentratsiyasi hamda erituvchi tarkibining elektron yutilish va lyuminessensiya spektrlariga ta'siri o'rganildi. Xloroform ulushining ortishi yutilish polosalarining integral intensivligi va lyuminessensiyaning nisbiy chiqishining kamayishiga olib kelishi, bunda spektr maksimumlari deyarli o'zgarmasligi aniqlandi. Dipol momentlari va chiziqli dixoizm spektrlari tahlili riboflavin molekulalarining o'z-o'zidan agregatlanishi asosan dipol-dipol o'zaro ta'siri bilan bog'liqligini hamda ushbu jarayon eksiton o'zaro ta'sirining namoyon bo'lishi bilan kechishini ko'rsatdi. Olingan natijalar konsentrlangan riboflavin eritmalarida kuzatiladigan gipoxrom effekt molekulalararo o'z-o'zidan agregatlanish natijasida elektron o'tishlar ehtimolining o'zgarishi bilan bog'liqligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: riboflavin, o'z-o'zidan agregatlanish, gipoxrom effekt, elektron yutilish spektrlari, lyuminessensiya, chiziqli dixoizm, eksiton o'zaro ta'siri, dipol-dipol o'zaro ta'siri.

Abstract. The self-aggregation of riboflavin molecules in aqueous solutions and binary ethanol-chloroform solvent mixtures was investigated using spectroscopic methods. The influence of riboflavin concentration and solvent composition on the electronic absorption and fluorescence spectra was examined. It was established that an increase in the chloroform content leads to a decrease in the integrated absorption intensity and the relative fluorescence yield without significant changes in the spectral maxima. Analysis of dipole moments and linear dichroism spectra demonstrated that the self-aggregation of riboflavin molecules is predominantly governed by dipole-dipole interactions and is accompanied by excitonic coupling. The obtained results indicate that the hypochromic effect observed in concentrated riboflavin solutions is associated with changes in the probability of electronic transitions caused by intermolecular self-aggregation.

Keywords: riboflavin, self-aggregation, hypochromic effect, electronic absorption spectra, fluorescence, linear dichroism, excitonic interaction, dipole-dipole interaction.

ВВЕДЕНИЕ

Рибофлавин (витамин В₂) относится к биологически активным соединениям, спектральные и фотофизические свойства которых существенно зависят от молекулярного окружения, концентрации и природы растворителя [1-3]. Особый интерес представляет исследование процессов межмолекулярного взаимодействия и самоагрегации рибофлавина, поскольку образование молекулярных ассоциатов способно приводить к существенному изменению электронных спектров поглощения и люминесценции [4]. Одним из характерных спектроскопических проявлений межмолекулярной ассоциации является гипохромный эффект, выражающийся в уменьшении интенсивности электронных полос поглощения при увеличении концентрации исследуемого соединения или изменении состава растворителя [4]. В исследованных растворах витамина В₂ изменение концентрации и состава бинарных смесей сопровождается деформацией



электронных спектров и снижением интенсивности поглощения [4, 5]. В бинарных смесях растворителей самоагрегация может быть инициирована изменением растворяющей способности среды. В системах, в которых рибофлавин хорошо растворяется в одном компоненте и значительно хуже - в другом, изменение соотношения компонентов создаёт условия для сближения молекул и образования самоагрегированных структур [5, 6].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Рибофлавин (витамин В₂) представляет собой флуоресцентно-активное органическое соединение, спектральные свойства которого определяются преимущественно хромофорной изоаллоксазиновой системой. Благодаря наличию развитой π-электронной системы молекулы рибофлавина способны не только поглощать электромагнитное излучение и проявлять флуоресценцию, но и вступать в межмолекулярные взаимодействия, приводящие к образованию димеров и более сложных агрегированных структур. Поэтому исследование спектроскопических проявлений самоагрегации рибофлавина имеет важное значение для понимания природы межмолекулярного взаимодействия и процессов переноса энергии в молекулярных системах.

Астанов, Шарипов и Касимова исследовали самоагрегацию рибофлавина в водных растворах и бинарных растворителях. Авторы показали, что агрегация сопровождается гипохромным эффектом и изменениями электронных спектров, которые интерпретируются как результат диполь-дипольного взаимодействия между молекулами. При этом взаимодействие приводит к резонансному расщеплению возбуждённых электронных уровней рибофлавина.

Касимова, Астанов, Курталиев и Низомов исследовали структуру самоорганизующихся молекул рибофлавина с использованием спектроскопических и микроскопических методов. Было показано, что самоагрегация наблюдается в концентрированных водных растворах, а также в некоторых бинарных органических растворителях. На основании спектров линейного дихроизма авторы пришли к выводу о формировании игольчатых агрегатов. При этом пространственная организация молекул характеризуется структурой типа «голова-хвост». В качестве основных факторов самоорганизации рассматриваются ван-дер-ваальсовы и диполь-дипольные взаимодействия.

Значительный вклад в изучение электронной природы агрегатов рибофлавина внесли Касимова и соавторы. В исследовании 2021 года были использованы спектроскопические методы и квантово-химические расчёты. Авторы установили, что в различных бинарных растворителях изменение спектров поглощения при постоянной концентрации рибофлавина сопровождается гипохромным эффектом. Наблюдаемые изменения связываются с образованием водородных связей и диполь-дипольным взаимодействием между молекулами. При этом межмолекулярное взаимодействие сопровождается смещением и резонансным расщеплением возбуждённых электронных уровней.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования использовали рибофлавин (витамин В₂) марки «ЧДА». Для приготовления растворов применяли бидистиллированную воду, этиловый спирт и хлороформ высокой степени очистки. Бинарные смеси готовили на основе системы этанол-хлороформ при различных объёмных соотношениях компонентов. Концентрация рибофлавина в исследуемых растворах составляла 2×10^{-5} и 4×10^{-5} М.

Электронные спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре EMC-30PC-UV в диапазоне длин волн 200-520 нм. Спектры люминесценции измеряли на спектральной установке, оснащённой двумя монохроматорами МДР-76 с фотоэлектронной регистрацией сигнала. Для корректного сопоставления результатов спектры поглощения и люминесценции нормировали по максимальной интенсивности.

Методологической основой исследования являются методы молекулярной спектроскопии, физической химии, фотолюминесценции и математической обработки спектральных данных. Основная задача заключается в экспериментальном выявлении спектроскопических признаков экситонного взаимодействия, возникающего при самоагрегации молекул рибофлавина в растворах.

В качестве объекта исследования используются растворы рибофлавина различной концентрации. Приготовление серии растворов позволяет установить зависимость спектральных характеристик от концентрации вещества и определить область, в которой начинает проявляться самоагрегация.

Для обеспечения сопоставимости результатов концентрацию рибофлавина изменяют ступенчато, сохраняя постоянными другие параметры эксперимента - объём раствора, тип растворителя, температуру и условия регистрации спектров.

Особое внимание уделяется выбору растворителя, поскольку полярность среды, способность образовывать водородные связи и вязкость могут существенно влиять на межмолекулярное взаимодействие. Предыдущие исследования показали, что самоагрегация рибофлавина может наблюдаться как в концентрированных водных растворах, так и в бинарных органических средах.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование самоагрегации молекул проводили путём изменения концентрации рибофлавина и объёмного соотношения компонентов бинарной смеси [4, 5]. Спектры линейного дихроизма регистрировали в условиях ламинарного гидродинамического течения раствора [4, 5]. Дополнительно выполнялись температурные эксперименты для определения энергии образования молекулярных агрегатов.

Дипольные моменты молекулы рибофлавина в основном и возбуждённом электронных состояниях определяли на основании анализа распределения электронной плотности и рассчитанных атомных зарядов. Полученные экспериментальные и расчётные данные использовали для интерпретации механизмов межмолекулярного взаимодействия и формирования самоагрегированных структур.

Согласно экспериментальным результатам, увеличение доли хлороформа в бинарной системе этанол-хлороформ приводит к снижению интенсивности полос электронного поглощения рибофлавина [4, 5]. Одновременно наблюдается уменьшение относительного выхода люминесценции, что свидетельствует об усилении межмолекулярного взаимодействия и самоагрегации молекул рибофлавина [5]. Особое значение для установления природы гипохромного эффекта имеет анализ межмолекулярных взаимодействий в образующихся агрегатах. Самоагрегация молекул рибофлавина может происходить вследствие ван-дер-ваальсовых, в том числе диполь-дипольных, взаимодействий [6]. Значительное изменение электронного распределения при возбуждении молекулы способствует усилению диполь-дипольного взаимодействия между близко расположенными молекулами. Такое взаимодействие может сопровождаться резонансным расщеплением возбуждённых электронных уровней рибофлавина [5-6]. В связи с этим целью настоящей работы является исследование спектроскопических проявлений межмолекулярного и экситонного взаимодействия при самоагрегации молекул рибофлавина и установление их связи с природой гипохромного эффекта в концентрированных и бинарных растворах (Рисунок 1а.).

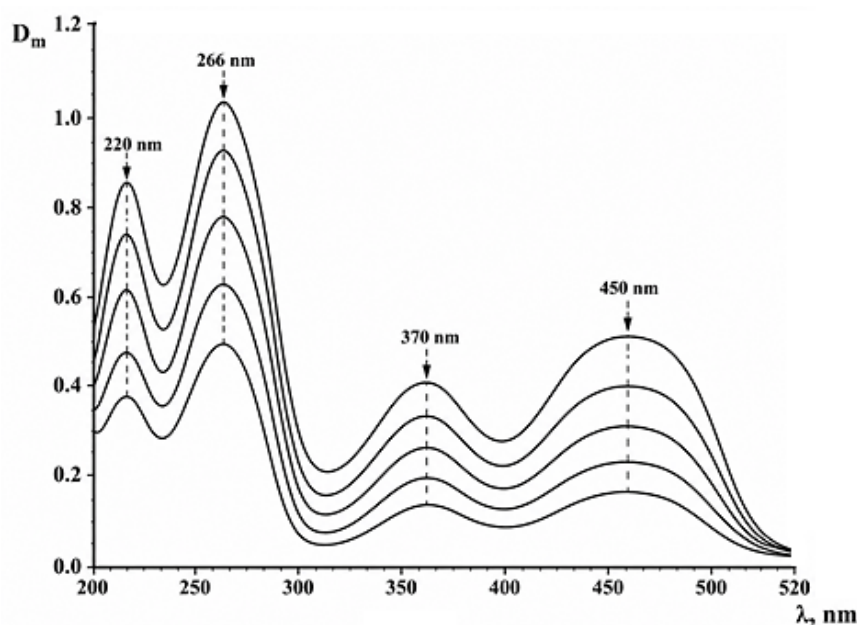


Рисунок 1а. Электронные спектры поглощения рибофлавина в водном растворе (кривые 1 и 2; $C = 2 \times 10^{-5}$ М) и в бинарных смесях этанол-хлороформ (кривые 3-5; $C = 4 \times 10^{-5}$ М). Содержание хлороформа в бинарной смеси составляет 20, 40 и 60 % (об.) для кривых 3, 4 и 5 соответственно.

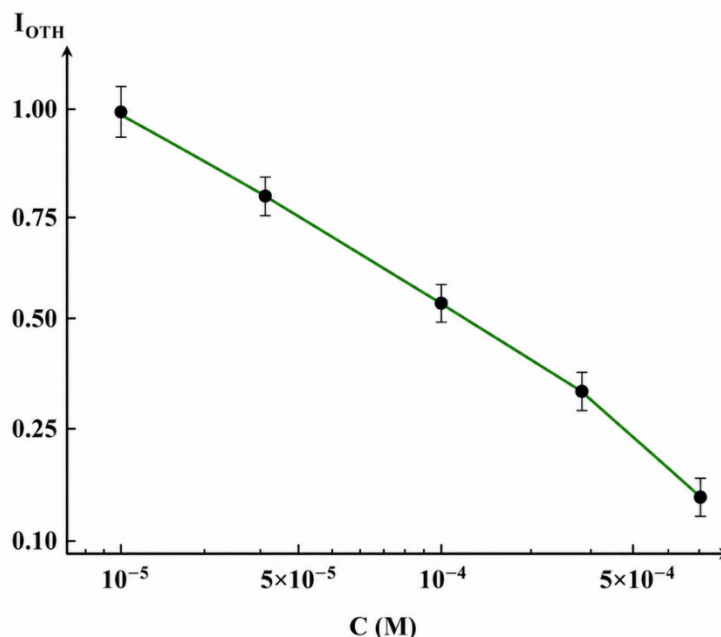


Рисунок 16. Концентрационная зависимость относительной интенсивности люминесценции рибофлавина в бинарной смеси этанол-хлороформ (объёмное соотношение 0,35:0,65).

Электронные спектры поглощения рибофлавина в водном растворе и бинарных смесях растворителей. Кривые 1-5 соответствуют различным составам растворителя (или концентрациям). С увеличением доли плохо растворяющего компонента (или концентрации рибофлавина) наблюдается постепенное уменьшение интенсивности полос поглощения в области 350-480 нм без существенного изменения положения максимумов. Наблюдаемый гипохромный эффект свидетельствует о самоагрегации молекул рибофлавина и усилении межмолекулярного экситонного взаимодействия.

Одним из обязательных условий выбора бинарной системы растворителей являлась их полная взаимная смешиваемость, обеспечивающая образование однородной среды во всём диапазоне исследуемых составов. На рис. 1а представлены электронные спектры поглощения рибофлавина, зарегистрированные при постоянной концентрации соединения ($C = 4 \times 10^{-5}$ М) и различных объёмных соотношениях этанола и хлороформа. Как видно из рис. 1а, спектр поглощения рибофлавина в чистом этаноле практически совпадает со спектром, полученным для разбавленных водных растворов витамина В₂, что свидетельствует об отсутствии существенных изменений электронного состояния молекул в указанных средах. Однако по мере увеличения объёмной доли хлороформа наблюдается последовательное уменьшение интегральной интенсивности полос поглощения (кривые 3-5), тогда как положение максимумов практически не изменяется. Подобный характер изменения спектров свидетельствует о проявлении гипохромного эффекта, обусловленного усилением межмолекулярного взаимодействия в растворе. В отличие от спектров поглощения, форма спектров люминесценции при неизменном составе бинарного растворителя остаётся практически постоянной во всём исследованном диапазоне концентраций. При этом с увеличением концентрации рибофлавина наблюдается лишь постепенное снижение относительной интенсивности люминесценции (рис. 1б), что указывает на уменьшение вероятности излучательных электронных переходов без существенного изменения энергетического положения люминесцентного состояния.

Одновременное уменьшение интенсивности полос поглощения и люминесценции свидетельствует о том, что наблюдаемые спектральные изменения обусловлены процессами самоагрегации молекул рибофлавина в растворе. Образование молекулярных ассоциатов сопровождается усилением диполь-дипольного взаимодействия между соседними молекулами и увеличением вероятности безызлучательной релаксации, что приводит к концентрационному тушению люминесценции. Аналогичный характер концентрационного тушения ранее был установлен для ряда природных красителей в бинарных смесях растворителей. Следовательно, гипохромный эффект и снижение относительного выхода люминесценции можно рассматривать как взаимосвязанные спектроскопические проявления процессов молекулярной самоагрегации. По результатам температурных исследований была определена энергия образования самоагрегатов молекул рибофлавина. Установлено, что величина энергии взаимодействия составляет 16–20 кДж/моль, что соответствует диапазону энергий, характерных для водородных связей. Полученные данные свидетельствуют о том, что в бинарной системе этанол-хлороформ формируются

условия, благоприятствующие межмолекулярной ассоциации рибофлавина. Для выяснения природы взаимодействий, ответственных за образование самоагрегированных структур, был выполнен анализ распределения электронного заряда в молекуле витамина В₂. На основании рассчитанного распределения зарядовой плотности определены дипольные моменты молекулы в основном (μ) и возбуждённом (μ^*) электронных состояниях. Расчёты показали, что дипольный момент возрастает от 7,222 D в основном состоянии до 23,538 D в возбуждённом состоянии. Существенное увеличение дипольного момента при электронном возбуждении свидетельствует об усилении полярности молекулы и повышении вероятности её ориентационного взаимодействия с соседними молекулами. Это позволяет заключить, что самоагрегация рибофлавина в исследуемых растворах преимущественно обусловлена диполь-дипольным взаимодействием, которое является одной из наиболее значимых составляющих сил Ван-дер-Ваальса. Именно данный механизм, по-видимому, определяет образование устойчивых молекулярных ассоциатов и последующее изменение их спектральных характеристик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Проведённые исследования показали, что спектральные характеристики рибофлавина существенно зависят от концентрации раствора и состава бинарной системы этанол-хлороформ. Установлено, что увеличение содержания хлороформа приводит к уменьшению интегральной интенсивности полос поглощения и относительного выхода люминесценции без заметного смещения максимумов спектров, что свидетельствует о проявлении гипохромного эффекта. Анализ температурных зависимостей позволил определить энергию образования самоагрегатов рибофлавина, составляющую 16-20 кДж/моль, что соответствует диапазону энергий водородных связей. Расчёты дипольных моментов показали значительное увеличение полярности молекулы при переходе в возбуждённое состояние ($\mu = 7,222$ D, $\mu^* = 23,538$ D), подтверждая определяющую роль диполь-дипольного взаимодействия в процессах самоагрегации. Установлено, что формирование молекулярных ассоциатов сопровождается проявлением экситонного взаимодействия, приводящего к изменению вероятностей электронных переходов и возникновению гипохромного эффекта. Полученные результаты расширяют представления о механизмах самоагрегации рибофлавина и могут быть использованы при исследовании фотофизических свойств биологически активных соединений, а также при разработке методов повышения стабильности витаминных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Koziol J. The solvent effect on the fluorescence and light absorption of riboflavin and lumiflavin // *Biochimica et Biophysica Acta*. - 1965. - Vol. 102, No. 1. - P. 289-300. DOI: 10.1016/0926-6585(65)90221-9.
2. Zirak P., Penzkofer A., Schiereis T., Hegemann P., Jung A., Schlichting I. Photo-dynamics of roseoflavin and riboflavin in aqueous and organic solvents // *Chemical Physics*. - 2009. - Vol. 358, No. 1-2. - P. 111-122. DOI: 10.1016/j.chemphys.2008.12.026.
3. Ahmad I., Ahmed S., Sheraz M.A., Vaid F.H.M. Solvent effect on the photolysis of riboflavin // *AAPS PharmSciTech*. - 2015.
4. Astanov S.Kh., Sharipov M.Z., Kasimova G.K. Hypochromic effect in riboflavin solutions // *Eurasian Physical Technical Journal*. - 2019. - Vol. 16, No. 1(31). - P. 12-17. DOI: 10.31489/2019No1/12-17.
5. Kasimova G.K., Astanov S.Kh., Kurtaliev E.N., Nizomov N.N. Structure of self-assembled riboflavin molecules in solutions // *Journal of Molecular Structure*. - 2019. - Vol. 1185. - P. 107-111. DOI: 10.1016/j.molstruc.2019.02.084.
6. Astanov S.Kh., Kasimova G.K., Kurtaliev E.N., Nizomov N.N., Jumabaev A. Electronic nature and structure of aggregates of riboflavin molecules // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. - 2021. - Vol. 248. - 119177. DOI: 10.1016/j.saa.2020.119177.
7. Astanov S.Kh., Sharipov M.Z., Fayzullaev A.R., Kurtaliev E.N., Nizomov N. Thermal destruction of riboflavin in various states of aggregation // *Journal of Applied Spectroscopy*. - 2014. - Vol. 81, No. 1. - P. 37-42.
8. A. Gordon, R. Ford, *The Chemist's Companion*, Wiley Interscience, New York, 1972.
9. L.V. Levshin, A.M. Saletskii, *Luminescence and Luminescence Measurements*, MSU, Moscow, 1989, pp. 222e223 (in Russian).

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 9

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100