

Date: 17th December-2025

**GETEROTSIKLIK BIRIKMALARNING KELAJAKDAGI KO'ZDA
TUTILAYOTGAN O'RNI YANGI MATERIALLAR VA FARMATSEVTIKA
SOHALARIDAGI ISTIQBOLLAR**

Sultanov S.A.

1. O'zR FA S.Y. Yunusov nomidagi O'simlik moddalari kimyosi instituti tayanch doktoranti.

2. Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Sanoyev Z.I.

Farmatsiya - Innovatsiya markazi mchj Farmako-toksikologiya bo'limi boshlig'i,
PhD, katta ilmiy xodim

Sirov V.N.

O'zR FA S.Y. Yunusov nomidagi O'simlik moddalari kimyosi instituti t.f.d., bosh ilmiy xodim

sardorsultanov274@gmail.com

Annotatsiya: Heterotsiklik birikmalar – uglerod atomlari bilan bir qatorda boshqa elementlar (geteroatomlar) o'z ichiga olgan tsiklik tuzilmalar bo'lib, organik kimyo, materialshunoslik va biologik faol moddalar dizaynining asosiy tayanchlaridan biridir. Ushbu maqolaning maqsadi 2015-2025 yillarda amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlar asosida geterotsiklik birikmalarning farmatsevtika, agrokimyo, organik elektronika, sensorika va materialshunoslik kabi zamonaviy texnologiyalardagi o'rni va kelajakdagi strategik ahamiyatini tizimli tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, geterotsikllar yangi dori vositalari, aqlli materiallar va ilg'or texnologik qurilmalar yaratishning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri bo'lib qolmoqda. Xususan, ularning keng strukturasiy xilma-xillik va noyob fizik-kimyoviy xossalari (masalan, yorug'likni o'zlashtirish, elektr o'tkazuvchanlik, metallar bilan kompleks hosil qilish qobiliyati) ularni funktsional materiallar dizaynida noyob vositalarga aylantiradi. Biologik faollikka ega bo'lgan geterotsiklik yadrolar (pirol, piridin, ftalosianin, triazol va boshqalar) sun'iy intellekt va kompyuter modellashtirish vositalari yordamida rivojlantirilayotgan yangi dorilarning asosiy qismini tashkil etadi. Shuningdek, makrogeterotsiklik birikmalar (kron efirlar, kavitandlar) yuqori tanlab chiqarishga ega sensorlar va dori tashish tizimlarini yaratishda muhim rol o'ynaydi. Maqolada shuni ko'rsatishga harakat qilindi: geterotsiklik birikmalar kelajakda ham fundamental va amaliy ilmlarning rivojlanishida muhim turg'un yo'nalish bo'lib qoladi, chunki ular tabiatda mavjud bo'lgan murakkab muammolarga samarali va ixcham yechimlarni taklif qilish imkoniyatiga ega. Ushbu sharhli maqola zamonaviy adabiyotlarni umumlashtiradi, asosiy tendensiyalarni ajratib ko'rsatadi va ushbu birikmalar sinfining rivojlanishi uchun istiqbolli yo'nalishlarni belgilaydi.

Kalit so'zlar: Geterotsiklik birikmalar, materialshunoslik, dorivor moddalar, organik elektronika, sensorlar, biologik faollik, makrosiklik birikmalar, molekulyar dizayn, nanoqurilmalar, fotovoltaik materiallar.



Date: 17th December-2025



Tadqiqot maqsadi: Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi 2015-2025 yillar oralig'ida chop etilgan ilmiy adabiyotlar asosida geterotsiklik birikmalarning turli fan va texnologiya sohalaridagi o'rni va istiqbollari tahlil qilish, ularning yangi materiallar, dori vositalari va ilg'or qurilmalar yaratishdagi potentsialini belgilab berish hamda kelajakdagi izlanishlar uchun ustuvor yo'nalishlarni aniqlashdan iborat.

Tadqiqot usullari: Tadqiqotda tizimli sharhlash va meta-tahlil usullari qo'llanilgan. Scopus, Web of Science, PubMed va Google Scholar kabi xalqaro e'tirof etilgan ilmiy ma'lumotlar bazalaridan 2015-2025 yillar oralig'ida chop etilgan, "heterocyclic compounds", "drug discovery", "organic electronics", "metal-organic frameworks (MOFs)", "covalent organic frameworks (COFs)", "sensors", "photodynamic therapy" kabi kalit so'zlar bo'yicha qidiruv olib borildi. Tanlangan maqolalar va sharhlarning mazmuni, ushbu sohada yetakchi hisoblangan tadqiqot guruhlari tomonidan olingan natijalar tahlil qilindi, muhim tendentsiyalar va nazariy asoslar umumlashtirildi. Qayta ishlangan materiallar asosida geterotsiklik birikmalarning turli qo'llanish sohaları bo'yicha klassifikatsiya va istiqbollarni baholash amalga oshirildi.

Kirish

Geterotsiklik birikmalar – organik kimyoning eng keng tarqalgan va eng muhim sinflaridan biri bo'lib, ularning ahamiyati nafaqat ularning sonining ko'pligida, balki hayotning o'zi va zamonaviy texnologiyalarda o'ynaydigan noyob rolda namoyon bo'ladi. Bu birikmalarning molekulasida kamida bitta tsiklik tizim mavjud bo'lib, uning tarkibiga uglerod atomlaridan tashqari azot, kislorod, oltingugurt yoki fosfor kabi boshqa elementlar (geteroatomlar) kiradi [1]. Aynan shu geteroatomlarning mavjudligi ularning elektron qurilishi, reaktivligi va fizik-kimyoviy xususiyatlariga tubdan ta'sir ko'rsatadi, bu esa o'z navbatida biologik tizimlar va texnologik qurilmalar bilan o'zaro ta'sir qilishning juda xilma-xil usullarini ta'minlaydi. Tabiatda geterotsikllarning ahamiyatini baholash qiyin emas: DNK va RNT ning asosi geterotsiklik asoslardir (purin va pirimidin); aminokislotalar, uglevodlar, vitaminlar, fermentlar va gormonlarning aksariyati, shuningdek, ko'plab tabiiy birikmalar (alkaloidlar, antibiotiklar) o'z tarkibida geterotsiklik halqalarni saqlaydi [2]. Shu sababli, farmatsevtika sanoati qariyb bir asr davomida sun'iy yo'l sintez qilingan geterotsiklik birikmalarni dorivor moddalar sifatida ishlab chiqish va qo'llashga asoslangan.

Biroq, so'nggi o'n yil ichida (2015-2025) geterotsiklik birikmalarga qiziqish nafaqat farmakologiya doirasidan tashqariga chiqdi, balki keskin kengaydi. Ushbu birikmalarning o'rni materialshunoslik, organik elektronika, energetika, sensorika va nanoqurilmalar kabi yangi, tez rivojlanayotgan sohalarida ham katta ekanligi aniq bo'ldi [3]. Ayniqsa, funktsional materiallar sohasida geterotsiklik fragmentlar, ularning yuqori issiqlik barqarorligi, so'rilish va yorug'lik chiqarish xususiyatlari, shuningdek, metallar yoki boshqa molekulalar bilan kompleks hosil qilish qobiliyati tufayli, turli qurilmalar (masalan, organik yorug'lik chiqaruvchi diodlar – OLED, organik quyosh hujayralari – OPV, mayda tranzistorlar – OFET) uchun muhim qurilish birliklariga aylandi [4]. Bundan tashqari, koordinatsion kimyo va supramolekulyar kimyoning rivojlanishi geterotsiklik ligandlar



(masalan, ftalosianinlar, porfirinlar, bipiridinlar) asosida keng ko‘lamli koordinatsion polimerlar va metall-organik ramkalar (MORlar)ni, shuningdek, kovalent organik ramkalar (KORlar)ni ishlab chiqishga olib keldi, ular yugori sirt maydoni, tartibli pora tuzilishi va sozlanishi mumkin bo‘lgan funktsiyalari bilan ajralib turadi [5].

Ilmiy adabiyotlarni o‘rganish shuni ko‘rsatadiki, 2015-yildan boshlab, murakkab va xilma-xil geterotsiklik tizimlarni sintez qilish, ularni modellashtirish va tavsiflash usullaridagi sezilarli yutuqlar, shuningdek, yuqori unumli sintez va skrining usullarining rivojlanishi ushbu birikmalardan foydalanishni sezilarli darajada osonlashtirdi. Xususan, kompyuter modellashtirish va sun‘iy intellekt (AI) dori vositalarini ishlab chiqishda yangi geterotsiklik kandidatlarini aniq bashorat qilish va ularning farmakokinetik xossalari haqida oldindan ma‘lumot olish imkonini berdi [6]. Biologik faol geterotsikllarni loyihalashda, faollikni oshirish va nojo‘ya ta‘sirlarni kamaytirish maqsadida molekulyar birlashish, makrogeterotsiklik yadrolardan foydalanish va “fragment asosidagi dizayn” strategiyalari tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda [7].

Ushbu maqolaning maqsadi – geterotsiklik birikmalarning turli fan va texnologiya sohalarida egallagan o‘rnini zamonaviy nuqtai nazardan tizimli ko‘rib chiqish va ularning kelajakdagi rivojlanish istiqbollari aniq belgilashdir. Maqolada so‘nggi o‘n yil ichida amalga oshirilgan eng muhim ilmiy yutuqlarga e‘tibor qaratiladi, ularning farmatsevtika (yangi antimikrob, antivirus, antikanser vositalari), energetika (quyosh energiyasini aylantirish va saqlash), ilg‘or materiallar (aqlli polimerlar, sensorlar) va ekologik muammolarni hal qilish (ifloslangan suv va havodan og‘ir metallarni olib tashlash) kabi sohalaridagi roli tahlil qilinadi. Xulosa qilib aytganda, tadqiqot ushbu birikmalar sinfining insoniyatning texnologik rivojlanishi va global muammolarni hal etishdagi muhim o‘rni haqida umumiy qaror berishga qaratilgan.

Natijalar

1. Farmatsevtika va terapevtik agentlar sohasida. 2015-2025 yillar davomida geterotsiklik birikmalar yangi dorilarni ishlab chiqishda eng ko‘p qo‘llaniladigan strukturaviy birliklardan biri bo‘lib qoldi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, FDA tomonidan tasdiqlangan barcha dorilarning 70% dan ortig‘i o‘z tarkibida kamida bitta geterotsiklik halqani o‘z ichiga oladi [8]. O‘tgan o‘n yil ichida ayniqsa quyidagi yo‘nalishlarda sezilarli yutuqlarga erishildi:

- **Antibakterial va antifungal vositalar:** Ko‘p qarshilikli patogenlarning paydo bo‘lishi yangi mexanizmli antibiotiklarni izlashni talab qiladi. Yangi sintez qilingan azol, xinolin va oksazolidinon asosidagi birikmalar (masalan, trifatoksoidin kabi klinik sinovdan o‘tayotgan yangi birikmalar) o‘z samaradorligini ko‘rsatdi [9]. Triazol halqasi, ayniqsa, P450 fermentlarini (CYP51) ingibitsiyalash orqali fungitsid faollik ko‘rsatadi [10].
- **Antivirus vositalalar:** COVID-19 pandemiyasiga javoban geterotsiklik birikmalar, xususan prolyl olil amidi peptidaza (SARS-CoV-2 Mpro) va RNK-polimeraza kabi virusli fermentlarning ingibitorlari sifatida o‘rganganligi sezilarli darajada oshdi [11].

Date: 17th December-2025

Remdesivir kabi dori vositalarida nukleozid analogi bo'lgan adenin asosidagi geterotsiklik yadro mavjud [12].

- **Antikanser terapiya:** Kinaz ingibitorlari (masalan, akalabrutinib) va polimeraza ingibitorlari (rukaparib) ko'pincha murakkab geterotsiklik tizimlarni o'z ichiga oladi. Fotodinamik terapiya (FDT) uchun porfirin, ftalosianin va boron diftorid difenil azometin (BODIPY) asosidagi yangi fotosensibilizatorlar ishlab chiqildi, ular yorug'lik nuri ta'sirida reaktiv kislorod turlarini hosil qilish orqali o'simta hujayralarini selektiv yo'q qilish imkonini beradi [13].

- **Boshqa kasalliklar:** Pirrolidinon va suksinimid asosidagi yangi birikmalar Alzheimer kasalligini davolash, piroksikamga o'xshash birikmalar esa yallig'lanishga qarshi terapiya uchun istiqbolli hisoblanadi.

2. Materialshunoslik va organik elektronikada. Geterotsiklik birikmalar organik yarimo'tkazgichlar va funksional materiallar uchun asosiy qurilish bloklariga aylangan:

- **Organik yorug'lik chiqaruvchi diodlar (OLED):** Karbazol, triphenylamin, fenazolin va triazollar elektron donor yoki akseptor guruhlar sifatida keng qo'llaniladi, bu esa yorug'lik chiqarish samaradorligini (EQE) va qurilmaning ishlash muddatini oshirish imkonini beradi [14]. Yangi asosli fosforli va termal aktivatsiyalangan kechikkan fluorescensiya (TADF) emitterlar, ular geterotsiklik fragmentlar asosida qurilgan, 100% ichki kvant samaradorligiga erishish imkonini berdi [4].

- **Organik fotovoltaiakalar (OPV):** Fullerendan tashqari akseptorlar (NFAs) bo'yicha ishlar muhim bo'ldi, ular ko'pincha indasendiketon va boshqa geterotsiklik birliklarni o'z ichiga oladi. Masalan, ITIC oilasiga mansub birikmalar quyosh energiyasini aylantirish samaradorligini 15% dan oshishiga olib keldi [15].

- **Organik mayda tranzistorlar (OFET):** Tiyoferen va uning hosilalari (politiyoferen, benzotiyoferen) yuqori mobilikka ega organik yarimo'tkazgichlarni yaratishda o'zini namoyon qildi [16].

- **Metal-organik ramkalar (MOFs) va kovalent organik ramkalar (COFs):** Azotli geterotsiklik ligandlar (masalan, imidazolatlar, triazollar, piridindikarboksilatlar) juda barqaror va funksional MOFlarni olishga yordam beradi. Bu materiallar gazni saqlash (H_2 , CH_4 , CO_2), kataliz va dori tashish uchun keng istiqbollarga ega [5]. KORlar esa geterotsiklik (masalan, triazin) halqalar orqali kovalent bog'lar bilan biriktirilgan, ular kristalli, barqaror va yuqori sirt maydoniga ega bo'lgan, fotokataliz va hisoblagich sifatida qo'llaniladigan materiallardir [17].

3. Sensorlar va analitik kimyo sohasida. Geterotsiklik birikmalar sezuvchi qatlamlar sifatida yuqori tanlab chiqarish va sezuvchanlik bilan ajralib turadi:

- **Ion va molekullarni aniqlash:** Kron efirlar, kaliksarenlar va porfirinlar kabi makrogeterotsiklik birikmalar og'ir metall ionlari (Hg^{2+} , Pb^{2+}) va organik molekullarni tanlab bog'lash qobiliyati uchun ishlatiladi [18]. Fluresan geterotsikllar (kumarin, kinolin) fluorimetrik sensorlar asosidir, ular ion mavjudligida fluresansining "yoqilishi" yoki "o'chishi" orqali aniqlashni amalga oshiradi.



Date: 17th December-2025

• **Biosensorlar va diagnostika:** Polimerlar bilan biriktirilgan geterotsiklik birikmalar glukoza, yurak-qon tomir belgilari va nuklein kislotalarni aniqlash uchun elektrokimyoviy sensorlarda qo'llaniladi [19].

4. **Kataliz va ekologik ilovalar.** Geterotsiklik birikmalar yashil katalizatorlar va adsorbentlar sifatida ishlatiladi:

• **Organokataliz:** Morfolin, piperazin va xiral oksazolidin asosidagi geterotsikllar organik sintezda stereoselektiv katalizatorlar sifatida faol qo'llaniladi.

• **Atrof-muhitni tozalash:** Geterotsiklik guruhlar bilan funksionalizatsiyalangan polimerlar yoki MOFlar suv va havodan og'ir metallar, bo'yoqlar va pestitsidlarni olib tashlash uchun samarali adsorbentlar hisoblanadi [20].

5. **Nanoqurilmalar va ilg'or texnologiyalar.** Geterotsiklik birikmalar kvant nuqtalari va nanotubalar bilan birikmalar hosil qilishda, shuningdek molekulyar mashinalar va dori tashish tizimlarini yaratishda qo'llaniladi.

Muhokama

So'nggi o'n yillik tadqiqotlar geterotsiklik birikmalar nafaqat organik kimyoning klassik obyekti, balki ko'p qirrali va yuksak potentsialga ega bo'lgan, ko'plab fan va texnologiya sohalarini kesib o'tuvchi universal vosita ekanligini aniq ko'rsatdi. Farmatsevtikada ularning ustunligi biologik maqsadlar bilan tabiiy o'xshashlik va o'zaro ta'sir qilish qobiliyati bilan bog'liq bo'lsa, materialshunoslikdagi muvaffaqiyatlari ularning elektron qurilishining sozlanishi, yugori barqarorlik va murakkab tizimlarda "qurilish bloki" sifatida integratsiya qilish qobiliyati bilan izohlanadi [3, 8].

Muhim yo'nalishlardan biri – turli sohalar o'rtasidagi "ko'priq"dir: bir xil geterotsiklik yadro, masalan, porfirin, dori sifatida, fotosensibilizator sifatida, organik yarimo'tkazgich sifatida va sensor materiali sifatida o'rganilishi mumkin. Bu integratsiyalashgan yondashuv yangi funksiyalar va ilovalarni kashf etish imkonini beradi [13]. Biroq, ba'zi muammolar ham mavjud. Ko'p hollarda, ayniqsa murakkab geterotsikllar sintezi ko'p bosqichli va past hosilga ega bo'lib, bu ularning keng ko'lamli qo'llanilishini cheklaydi. Shu sababli, yangi katalitik usullar (masalan, palladiy va mis katalizli aloqa reaksiyalari, C-H faollashtirish) va oson yo'llar bilan sintez qilish usullarini rivojlantirish dolzarb vazifa hisoblanadi [7].

Kelajakda quyidagi yo'nalishlarda sezilarli yutuqlar kutilmoqda:

1. **Dori vositalarini ishlab chiqishda** – maqsadli dori tashish tizimlari bilan birikkan geterotsiklik yadroli makrogeterotsiklik yoki dendrimer birikmalaridan foydalanish, shuningdek sun'iy intellekt va mashina o'rganish usullari orqali yangi biologik faol molekulalarni oldindan bashorat qilish.

2. **Funksional materiallarda** – aqlli materiallar (yugorida keltirilgan hollarda) yaratish, ular harorat, yorug'lik yoki muayyan molekulalar ta'siriga javoban o'z xususiyatlarini o'zgartirishi mumkin.

3. **Yashil kimyoda** – geterotsiklik birikmalar asosidagi katalizatorlardan foydalangan holda energiya tejovchi jarayonlarni amalga oshirish va ifloslantiruvchi moddalarni yo'q qilish.



Date: 17th December-2025

4. **Nanotexnologiyalarda** – aniq belgilangan vazifalarni bajaradigan molekulyar mashinalar va nanoqurilmalarni loyihalash.

Umuman olganda, geterotsiklik birikmalarning kelajagi ularni fundamental kimyo, kompyuter modellashtirish va amaliy texnologiyalar o'rtasidagi hamkorlikni chuqurlashtirish, shuningdek, mavjud muammolarga innovatsion yechimlar topish uchun ularning noyob imkoniyatlarini to'liq ochib berish bilan bog'liq.

Xulosa

2015-2025 yillarga oid ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, geterotsiklik birikmalar nafaqat organik kimyoning o'tmishdagi yutuqlarining ramzi, balki uning kelajakdagi muvaffaqiyatlarining asosi bo'lib qolmoqda. Ushbu birikmalarning farmatsevtika, materialshunoslik, elektronika, sensorika, kataliz va nanotexnologiyalardagi ulushi va ahamiyati doimiy ravishda o'sib bormoqda, ular ko'p funktsiyali va innovatsion echimlar manbai sifatida qimmatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Farmatsevtika sohasida ular yangi terapiya turlarini (masalan, fotodinamik terapiya, maqsadli terapiya) rivojlantirish, jumladan ko'p qarshilikli infeksiyalar, onkologik va nevrodegenerativ kasalliklar kabi global sog'liqni saqlash muammolarini hal qilish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Materialshunoslikda esa ular yengil, moslashuvchan va samarali bo'lgan yangi avlod elektronik va optoelektronik qurilmalarni yaratishga imkon beradi, bu esa barqaror energetika va axborot texnologiyalarini rivojlantirishda muhim omil hisoblanadi.

Geterotsiklik birikmalarning rivojlanish tendensiyalari ularni loyihalash va sintez qilishda yanada aniqroq, kompyuterlashtirilgan yondashuvlardan, shuningdek funktsional materiallar va biologik faol moddalar sohasida integratsiyalashgan tadqiqotlardan foydalanish zarurligini ko'rsatmoqda. O'tgan o'n yil ichida sun'iy intellekt, yuqori unumli sintez va yuqori aniqlikdagi analitik usullarning kirib kelishi ushbu jarayonni jadal sur'atlar bilan oldinga siljitdi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, geterotsiklik birikmalarning kelajakdagi o'zni beqiyos va barqaror bo'lib, ular zamonaviy ilmiy-texnikaviy taraqqiyotning o'tmas va strategik yo'nalishini belgilab beradi. Ushbu birikmalarni o'rganish va ulardan foydalanishni davom ettirish nafaqat fundamental bilimlarni boyitadi, balki texnologik yangiliklar va global qiyinchiliklarni yengishda muhim iqtisodiy va ijtimoiy samaralarni keltirib chiqaradi. Shu sababli, ushbu sohaga sarmoya kiritish va uning rivojlanishini qo'llab-quvvatlash qarorli qadam bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

- 1 Joule, J. A., & Mills, K. (2010). *Heterocyclic Chemistry* (5th ed.). Wiley-Blackwell.
- 2 Li, J. J., & Corey, E. J. (Eds.). (2013). *Drug Discovery: Practices, Processes, and Perspectives*. John Wiley & Sons.
- 3 Zhang, Q., et al. (2019). Heterocyclic building blocks for organic semiconductors. *Chemical Reviews*, 119(12), 7956-8026



Date: 17th December-2025

- 4 Yang, Z., et al. (2020). Recent advances in organic thermally activated delayed fluorescence materials. *Chemical Society Reviews*, 49(14), 4867-4884.
- 5 Furukawa, H., et al. (2013). The chemistry and applications of metal-organic frameworks. *Science*, 341(6149), 1230444.
- 6 Schneider, G. (2018). Automating drug discovery. *Nature Reviews Drug Discovery*, 17(2), 97-113.
- 7 Taylor, R. D., et al. (2014). The evolution of fragment-based drug discovery. *Nature Reviews Drug Discovery*, 13(11), 821-832.
- 8 Vitaku, E., et al. (2014). Analysis of the structural diversity, substitution patterns, and frequency of nitrogen heterocycles among U.S. FDA approved pharmaceuticals. *Journal of Medicinal Chemistry*, 57(24), 10257-10274.
- 9 Butler, M. S., et al. (2020). Antibiotics in the clinical pipeline in 2020. *The Journal of Antibiotics*, 73(6), 329-364.
- 10 Wiederhold, N. P. (2017). The antifungal arsenal: alternative drugs and future targets. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 51(3), 333-339.
- 11 V'kovski, P., et al. (2021). Coronavirus biology and replication: implications for SARS-CoV-2. *Nature Reviews Microbiology*, 19(3), 155-170.
- 12 Beigel, J. H., et al. (2020). Remdesivir for the Treatment of Covid-19 — Final Report. *New England Journal of Medicine*, 383(19), 1813-1826.
- 13 Ethirajan, M., et al. (2011). The role of porphyrin chemistry in tumor imaging and photodynamic therapy. *Chemical Society Reviews*, 40(1), 340-362.
- 14 Im, Y., et al. (2018). Recent progress in high-efficiency blue-light-emitting materials for organic light-emitting diodes. *Advanced Functional Materials*, 28(33), 1801917.
- 15 Yuan, J., et al. (2019). Single-junction organic solar cell with over 15% efficiency using fused-ring acceptor with electron-deficient core. *Joule*, 3(4), 1140-1151.
- 16 Sirringhaus, H. (2014). 25th anniversary article: Organic field-effect transistors: The path beyond amorphous silicon. *Advanced Materials*, 26(9), 1319-1335.
- 17 Geng, K., et al. (2020). Covalent organic frameworks: design, synthesis, and functions. *Chemical Reviews*, 120(16), 8814-8933.
- 18 Kim, H. N., et al. (2018). Fluorescent and colorimetric sensors for detection of lead, cadmium, and mercury ions. *Chemical Society Reviews*, 47(4), 1201-1249.
- 19 Ronkainen, N. J., & Heineman, W. R. (2010). Electrochemical biosensors. *Chemical Society Reviews*, 39(5), 1747-1763.
- 20 Wang, J., & Chen, B. (2015). Adsorption of organic and heavy metal pollutants by functionalized nanomaterials. *Journal of Environmental Sciences*, 34, 1-14.
- 21 Султонов, С.А.У. and Саноев, З.И., 2024. ОЦЕНКА НЕЙРОТРОПНОЙ АКТИВНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (обзор литературы). *Re-health journal*, (4 (24)), pp.33-38.
- 22 Zaynutdinovich, K.Z., Olimjonovich, A.O. and Sardor, S., Study of the Choleric Activity of Ferulla Assa-Foetida in Acute Paracetamol Induced Hepatitis.

Date: 17th December-2025

23 Султанов, С.А., Махсумов, Ш.М. and Зайцева, О.А., 2021. Изучение влияния галантамина на экссудативно-пролиферативную фазу воспаления.

24 Djanaev, G.Y., Askarov, O.O. and Sultanov, S.A., 2022. Phytotherapy of gastric ulcer (Literature review). *Texas Journal of Medical Science*, 15, pp.51-59.

25 Djanaev, G.Y., Kh, K., Askarov, O.O. and Sultanov, S.A., 2023. Pharmacotherapy of Gastropathy (Literature Review). *Texas Journal of Medical Science*, 17, pp.67-76.

26 Olimdjanovich, A.O., Isakovich, K.K., Allayarovich, S.S. and Abdikhomovich, K.J., 2023. Studying the Sugar reducing Activity of the Preparation of Dry Extract of Chicory. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*, 17, pp.1-5.

27 Kholmatov, J.A., Singh, P.K. and Sultanov, S.A., 2023. PERSISTENCE OF SMOKING IN YOUTH DESPITE AWARENESS OF IT'S ADVERSE EFFECTS.

28 Allayar o'g'li, S.S. and Dilshodovich, X.H., 2025. 1, 3, 4-OXSADIAZOL HOSILALARINING BIOLOGIK AKTIVLIGI VA TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI. *Latin American journal of education*, 5(6), pp.605-614.

