

# FAN VA TEXNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI

## DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGI

*1*  
*2026*

**Tahririyat hay'ati raisi:**  
**SIDDIQOVA S.G'. –**  
**Buxoro davlat texnika universiteti rektori**

**Muovini:**  
**NIZAMOV A.B. –**  
**BuxDTU ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektori**  
**Tahrir hay'ati:**

**MUQIMOV K.M.** – O'zR FA akademigi (O'zMU)  
**JALILOV A.T.** – O'zR FA akademigi (Toshkent kimyo-texnologiya ITI)  
**NEGMATOV S.N.** – O'zR FA akademigi ("Fan va taraqqiyot" DUK)  
**BAHODIROV G'.A.** – t.f.d., professor, O'zR FA bosh ilmiy kotibi  
**XAMIDOV O.X.** – iqtisod fanlari doktori, professor (BuxDU)  
**JALILOV T.K.** – iqtisod fanlari doktori (DSc), professor (TKTI)  
**PARDAYEVA M.D.** – BuxDTU yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha birinchi prorektori, falsafa fanlari doktori (DSc)  
**XOJIYEV A.X.** – o'quv ishlari bo'yicha prorektor, texnika f.f.d. (PhD)  
**SAIDOV S.B.** – Buxoro DTU moliya va iqtisod ishlari bo'yicha prorektori  
**QURBONOV J.M.** – texnika fanlari doktori, professor (Samarqand ISI)  
**ADIZOV B.Z.** – texnika fanlari doktori (DSc), pprofessor, O'zRFA UNKI  
**ASTANOV S.X.** – fizika-matematika fanlari doktori, professor  
**RAXMONOV X.Q.** – texnika fanlari doktori, professor  
**VOXIDOV M.M.** – texnika fanlari doktori, professor  
**JO'RAYEV X.F.** – texnika fanlari doktori, professor  
**SADULLAYEV N.N.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**MAJIDOV Q.X.** – texnika fanlari doktori, professor  
**FOZILOV S.F.** – texnika fanlari doktori, professor  
**ISABAYEV I.B.** – texnika fanlari doktori, professor  
**ABDURAHMONOV O.R.** – texnika fanlari doktori, professor  
**GAFUROV K.X.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**XAYDAROV A.A.** – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent  
**JO'RAYEV F.O'.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**MURADOVA F.R.** – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor  
**JUMAYEV M.R.** – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor  
**YUNUSOVA G.S.** – falsafa fanlari doktori (DSc), professor  
**BOBOYEV A.Ch.** – iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor  
**TO'XTAYEVA Z.Sh.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**MAXMUDOV M.J.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**HAYITOV R.R.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**BOZOROV G'.R.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**BOLTAYEV Z.I.** – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor  
**OLTIYEV A.T.** – texnika fanlari doktori, (DSc)  
**JALILOV R.B.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**MAXMUDOV M.I.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**MAJIDOVA N.Q.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**AXMEDOV V.N.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**MAXMUDOV R.A.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**PULATOVA M.I.** – fizika-matematika fanlari nomzodi, professor  
**RAHMATOV Sh.A.** – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)  
**OCHILOV A.R.** – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent  
**O'RINOV U.A.** – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor  
**PO'LATOVA S.U.** – texnika fanlari doktori (DSc), professor  
**SAMIYEVA Sh.X.** – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor  
**TESHAYEV M.X.** – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor  
**XAITOV V.U.** – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent  
**XOJIYEV Sh.M.** – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent  
**XAYITOV Sh.N.** – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent  
**ZOIROV E.X.** – falsafa fanlari doktori (DSc), dotsent  
**NARZIYEV M.S.** – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent  
**NAMAZOVA N.J.** – iqtisodiyot fanlari b.f.d. (PhD), dotsent

**Bosh muharrir: DO'STOV H.B.** – kimyo fanlari doktori, professor

**Muharrirlar: Artikova M.M., Istamova G.X.**  
**Musahhih: Barakayeva D.F.**

**FAN VA TEXNOLOGIYALAR**  
**TARAQQIYOTI**  
**ILMIY-TEXNIKAVIY JURNAL**

**DEVELOPMENT OF SCIENCE**  
**AND TECHNOLOGY**  
**SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL**

*Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyati boshqarmasida 2014 yil 22-sentyabrda № 05-066-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan*

**Muassis:**  
**Buxoro davlat texnika universiteti**

*Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2017 yil 29-martdagi №239/5-sonli qarori bilan dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan. 2019 yilda O'zbekiston Respublikasi OAK Rayosatining qarorlari bilan qayta ro'yxatdan o'tkazilgan.*

**Tahririyat manzili:**  
**200117, Buxoro shahri, Q. Murtazoyev ko'chasi, 15-uy, Buxoro davlat texnika universiteti**  
**Tel: 0(365) 223-92-40**  
**Faks: 0(365) 223-78-84**  
**E-mail: [fannt\\_jurnal@umail.uz](mailto:fannt_jurnal@umail.uz)**

**Jurnalning to'liq elektron varianti bilan <http://journal.bstu.uz> sayti orqali tanishish mumkin.**

*Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to'liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jurnalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarning mualliflari va reklama beruvchilar mas'uldirlar.*

# MUNDARIJA – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

| TEXNIKA, TEXNOLOGIYA VA JIHOZLAR                                                                                                                                                                                       |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Normayev Q.H., Pardayeva Sh.S., Pirnazarov Sh.V., Ashirova M.R., Jalg'asova G.S.</b> Burg'ilash mashinalari va ularning mexanizmlarini samarali qayta tiklash texnologiyalari. . . . .                              | <b>5</b>   |
| <b>Azamjonov R.S.</b> Eksploatatsiyadagi avtoyo'l ko'priklarining yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish usulini takomillashtirish . . . . .                                                                              | <b>11</b>  |
| <b>Xolmuxammadiyev A.M., Toshev Sh.O.</b> Burg'ulash eritmasidan markazdan qochma separator yordamida yengillashtirilgan eritma tayyorlash texnologiyasi . . . . .                                                     | <b>15</b>  |
| <b>Джураев Х.Ф., Ўктамова Ш.Х.</b> Қовоқ уруғи қобиғининг синдириш кучларини аниқлаш методикаси . . . . .                                                                                                              | <b>20</b>  |
| <b>Mansurov O.A.</b> Improving the drying process of fruits using convective method. . . . .                                                                                                                           | <b>24</b>  |
| <b>Jo'rayev F.O., Jo'rayev A.A., Saidova G.K.</b> Uneversal qurilmaning yumshatuvchi ish oraganining parametrlarini uning ish ko'rsitkichlariga ta'siri. . . . .                                                       | <b>27</b>  |
| <b>Авлиякулов Н.Н.</b> Достижение качества измерительных процессов при метрологическом обеспечении производства . . . . .                                                                                              | <b>32</b>  |
| <b>Do'stov H.B., Rahimov B.R., Savriyev F.A.</b> Suvlangan gaz quduqlarini qayta ishga tushirish texnologiyasini takomillashtirish tahlili. . . . .                                                                    | <b>36</b>  |
| KIMYO VA KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR                                                                                                                                                                                       |            |
| <b>Toshboyev S.O., Panoyev E.R., Hasanov Z.Z.</b> Gazlarni tozalashda qo'llaniluvchi absorbentlarning tavsifi va unda hosil bo'ladigan ko'piklanish sabablari. . . . .                                                 | <b>43</b>  |
| <b>Умаров С.Х., Рустамов В.Дж., Халлоков Ф.К., Ходжаев У.О., Нарзуллаева З.М.</b> Механизм отрицательной фотопроводимости в TiGaSe <sub>2</sub> . . . . .                                                              | <b>47</b>  |
| <b>Фозилов Х.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф.</b> Маҳаллий иккиламчи хом ашё – куйи молекулали полиэтиленни оксидлаб синтетик юқори ёғ кислоталари олиш ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари. . . . .                  | <b>52</b>  |
| <b>Абдирахимов И.Э.</b> Способы предотвращения образования гидрата при переработке газов. . . . .                                                                                                                      | <b>57</b>  |
| <b>Alinazarov A.X., Shariboyev N.Y., Jo'raxanov D.M.</b> Anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligining metanogen bakteriyalar faolligiga ta'siri va uni quyoshli issiqlik tizimi orqali ta'minlash. . . . . | <b>61</b>  |
| <b>Abdirakhimov I.E.</b> Anticorrosion properties of copper phosphide. . . . .                                                                                                                                         | <b>66</b>  |
| <b>Norqulov J.F., Ibodullayev M.X., Abduraxmonov O.R., Kodirov O.Sh.</b> Amin eritmalarini issiqlikka bardoshli tuzlardan tozalash jarayonini modellashtirish. . . . .                                                 | <b>72</b>  |
| <b>Абдирахимов И.Э., Буранов Ф.Э., Курбанов А.Т.</b> Исследование технологических параметров, рекомендованных для синтеза этилена из метана. . . . .                                                                   | <b>79</b>  |
| <b>Rahimov B.R.</b> Yuqori qatronli neftlarning qovushqoqligini pasaytiruvchi depresantlar kompozitsiyasini ishlab chiqish. . . . .                                                                                    | <b>86</b>  |
| <b>Эшдавлатова Г.Э., Камолов Л.С.</b> Определение концентрации диэтанолamina титриметрическим методом . . . . .                                                                                                        | <b>91</b>  |
| <b>Rahimov B.R.</b> Qoldiq neftlarni olishda chuqurlik nasos qurilmasini takomillashtirishning dolzarb muamolari. . . . .                                                                                              | <b>96</b>  |
| <b>Yuldashev T.R., Buronov F.E., Hafizov S.Sh.</b> Tabiiy gazning tarkibidagi zaharli komponentlarni aminlar yordamida tozalash jarayonlari. . . . .                                                                   | <b>100</b> |

| <b>MASHINASOZLIK VA ENERGETIKA</b>                                                                                                                                                                    |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Bafoyev D.X.</b> Detallar sirtini plastik deformatsiyalash va bir tekis mikrorelefnı shakllantirish                                                                                                | <b>107</b> |
| <b>Majitov J.A.</b> Bioreaktor devorining turli sirtlarida issiqlik berish koeffitsiyentlarini hisoblash va tahlil etish. ....                                                                        | <b>112</b> |
| <b>Azamov S.S.</b> Uch fazali tok o'zgartkichlari yordamida asinxron motorlarni himoya qilish tizimi tatqiq etish. ....                                                                               | <b>118</b> |
| <b>Maxmudov M.I., Qo'shshayeva M.R., Nurov S.S., Timirov H.N., Sayfiyev H.O.</b> Quyosh panellarining samaradorligiga changlanganlikning ta'sirini o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar tahlili. .... | <b>122</b> |
| <b>Атауллаев А.О.</b> Исследование и разработка виброустойчивых инклинометрических преобразователей для систем контроля и управления. ....                                                            | <b>128</b> |
| <b>Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B.</b> Tojlanish jarayonining yuqori kuchlanishli havo liniyalaridagi quvvat yo'qotishlariga ta'sirini baholash. ....                                                    | <b>135</b> |
| <b>Murodov K.J.</b> Ko'p qavatli binolarning vertikal chiqindi quvurlaridagi suyuqlik oqimlaridan elektr energiya hosil qilish. ....                                                                  | <b>141</b> |
| <b>Xamroyev X.X.</b> Mexanik ishlov berishda sirt qatlamining mexanik xususiyatlari. ....                                                                                                             | <b>145</b> |
| <b>Tojimurodov D.D.</b> Asinxron motorlarni nosimmetrik rejimlari. ....                                                                                                                               | <b>149</b> |
| <b>Sadullayev N.N., Nematov Sh.N., To'xtayev Sh.B., Soliyeva Z.N., Murtazoyev F.F.</b> O'zbekistonda quyosh sovitish tizimlari va ularning texnik imkoniyatlari. ....                                 | <b>154</b> |
| <b>INFORMATIKA VA AXBOROT – KOMMUNIKATSION TIZIMLAR</b>                                                                                                                                               |            |
| <b>Babomuradov O.J., Kuyliyeva F.A.</b> Statistical analysis of social network messages. ....                                                                                                         | <b>163</b> |
| <b>Madaminov U.A., Qodirov D.R.</b> Katta hajmli ma'lumotni parallel qayta ishlashda Hadoop MapReduce tizimini qo'llash. ....                                                                         | <b>168</b> |
| <b>Каххоров М.М.</b> Моделирование ветровой турбины типа Дарье и обоснование её параметров в системе Ansys Fluent. ....                                                                               | <b>173</b> |
| <b>Maxmudov M.Sh.</b> Relief morfometrik ko'rsatkichlari asosida marshrutlashning model va algoritmlari. ....                                                                                         | <b>179</b> |
| <b>OZIQ-OVQAT SANOATI TEXNOLOGIYALARI</b>                                                                                                                                                             |            |
| <b>Ravshanov S.S., Botirov M.Sh., Ergashev A.M., Mirzaev J.D., Shodmonqulova Q.</b> Quruq iqlimda yetishtirilgan bug'doy donini ochiq omborlarda saqlashning mahsulot xossalariga ta'siri. ....       | <b>184</b> |
| <b>Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S.</b> Gilos danagidan moy olish jarayonini infraqizil nurlar yordamida jadallashtirish. ....                                                                         | <b>187</b> |
| <b>Шарипов Н.З.</b> Интенсификация процесса получения масла из ядра косточек вишни в поле сверхвысокочастотного тока. ....                                                                            | <b>190</b> |
| <b>Баракаев Н.Р., Шукуров Ю.У.</b> Мева ва сабзавотларни сублимация йўли билан қуритишнинг илмий асослари. ....                                                                                       | <b>194</b> |
| <b>Ibragimov R.R., Sharipov N.Z.</b> Bodringni konservalash jarayonida noan'anaviy usulda issiqlik ishlov berish jarayonini nazariy asoslari. ....                                                    | <b>199</b> |
| <b>Kuliyev N.Sh.</b> Meva va sabzavot sharbatlarini ko'pirtirishda ko'pik hosil qilish va emulgirlash xususiyatlarining dinamikasi. ....                                                              | <b>203</b> |
| <b>Мухамедова М.Э.</b> Разработка рецептуры диабетических сдобных сухарей с использованием синергии растительных компонентов. ....                                                                    | <b>209</b> |
| <b>Хужакулов У.К., Мажидова Н.К., Мажидов К.Х.</b> Исследование показателей качества местных сортов овощной продукции длительного хранения. ....                                                      | <b>220</b> |

|                                                                                                                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Файзиев А.А., Ахмедов В.Н., Кедельбаев Б.Ш.</b> Технология приготовления натурального мясного полуфабриката ферментированного бифштекса . . . . .                                                         | <b>227</b> |
| <b>TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT TEXNOLOGIYALARI</b>                                                                                                                                                        |            |
| <b>Ramazonov S.S., Ismoyilov F.B.</b> Tola sifatini yaxshilash va tozalash maqsadida jinlash mashinasini ishchi qismlarini takomillashtirish. . . . .                                                        | <b>233</b> |
| <b>Muxitdinova M.A., Bebutova N.N.</b> Milliylik va zamonaviylik uyg‘unligi: O‘zbek libos dizaynida yangi yo‘nalishlar. . . . .                                                                              | <b>237</b> |
| <b>Nematova L.X., Qodirova D.X.</b> Yoshi katta ayollar fe‘l atvori belgilari bo‘yicha iste’molchilarning tipologik xususiyatlarini aniqlash. . . . .                                                        | <b>242</b> |
| <b>Saidova A.S., Saidova G.Sh., Fayzilloyeva N.B.</b> Tikuv mashinasining tahlama qurilmadagi taxlam hosil qilishda takomillashgan tahlam berishdagi tishlarini turli ko‘rinishda choklarga ta’siri. . . . . | <b>246</b> |
| <b>Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Холиқов К.М., Мукимов М.М.</b> Исиклик сақлаш хусусияти юкори бўлган трикотаж тўкималарининг физик-механик кўрсаткичлари тадқиқи . . .                                         | <b>251</b> |
| <b>Shodmonova M.S.</b> Elastikligi yuqori bo‘lgan polimer kompozitsiya olish usulini ishlab chiqish . . . . .                                                                                                | <b>258</b> |
| <b>Садуллаева Д.А.</b> Современные материалы: Хан-атлас – традиция и инновация. . . . .                                                                                                                      | <b>261</b> |
| <b>Джурраев А., Росулов Р.Х., Пардаев Б.Ч., Имомназаров М.С.</b> Пахтани майда ифлосликлардан тозалагичнинг самарали конструкцияси. . . . .                                                                  | <b>267</b> |
| <b>Aliyev Sh.B.</b> Tikuv mashinasining tishli reykasini lazer nuri yordamida termik ishlov berishning matematik modeli. . . . .                                                                             | <b>270</b> |
| <b>Musayev S.S., Qodirov T.J.</b> Reseptura ko‘rsatkichlarining poliolefin va etilenpropilen kau-chugi asosidagi poyabzal kompozitsiyalarining iste’mol va texnologik xususiyatlariga ta’siri. . . . .       | <b>275</b> |
| <b>Amonov A.R., Muxammedjanov M.M.</b> Tikuv mashinasi qavariq rezinali vtulkali qayishqoq tayanchlarga o‘rnatilgan bosh vali tebranish amplitudasi tahlili. . . . .                                         | <b>281</b> |
| <b>Berdimuratov U.T., Rosulov R.X., Pardayev B.Ch.</b> Arrali jinlar konstruksiyasi, asosiy ishchi organlari, ishlash jarayoni. . . . .                                                                      | <b>284</b> |
| <b>Muxammedova M.O., Axmedov J.J.</b> O‘smirlar uchun soddalashtirilgan ortopedik poyabzal elementlarining konstruktiv yechimlarini ishlab chiqish. . . . .                                                  | <b>286</b> |
| <b>Temirova G.I., Shodmonova M.S.</b> Polimer kompozitsiya asosida ko‘p qatlamli mo‘ynali paketlar tayyorlash texnologiyasi. . . . .                                                                         | <b>291</b> |
| <b>Saidova X.X., Murodova Z., Ulugova N.</b> 3D va ko‘p o‘lchovli geometrik yondashuvlar asosida bolalar kiyimini konstruktiv loyihalash. . . . .                                                            | <b>295</b> |
| <b>Kuliyeva D.R.</b> Bazalt mato qo‘llanilgan maxsus kiyim turini tanlash va konstruksiyasini ishlab chiqish . . . . .                                                                                       | <b>299</b> |
| <b>Sharipov J.O., Sayitqulov S.O., Begmurodov A.F.</b> Detallarni yeyilishi va korroziyalanishiga asosiy sabablar hamda ulardan himoyalaniish. . . . .                                                       | <b>306</b> |
| <b>Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A.</b> Turli o‘rilishli ikki qatlamli ko‘ylakbop matolarning mexanik va deformatsion xususiyatlarining o‘zgarishi. . . . .                                                  | <b>309</b> |
| <b>Sayitqulov S.O., Razzoqov R.R.</b> Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish. . . . .                                                                     | <b>314</b> |
| <b>Qodirova S.X.</b> Ayollar ustki liboslari bo‘yicha istiqbolli moda yo‘nalishlarini tahlil qilish . . . . .                                                                                                | <b>318</b> |
| <b>Каримова Н.Х.</b> Оценка свойств двухслойных трикотажных тканей на основе структурного и механического анализа противостойчивости к трению и разрывного удлинения . . .                                   | <b>322</b> |
| <b>Maxmudova X.M.</b> Paxta quritishning ahamiyatliligi va undagi texnik muammolar. . . . .                                                                                                                  | <b>326</b> |
| <b>Behbudov Sh.H., Samadova M.O.</b> Ip va matoga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar asosida tikuv mashinasi bo‘g‘inlarining harakat tenglamalarini tahlil qilish. . . . .                                        | <b>332</b> |

|                                                                                                                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Шопулатов А.А., Райимкулов Ж.К., Бердимуратов У.Т., Росулов Р.Х.</b> Пахтани майда ифлосликлардан тозалашда қозикчали-планкали барабан планкаларининг таъсири . . . . .       | <b>336</b> |
| <b>Sultonov M.M., Aloxodjayev A.M., Mirzaaxmedova D.Yu.</b> Takomillashtirilgan tozalash qurilmasining texnologik parametrlarini tadqiq qilish. . . . .                          | <b>340</b> |
| <b>Azimova G.A., Shokirov L.B.</b> Mahalliy xomashyolarga asoslangan yarim jun to‘qimalar ishlab chiqishning dolzarb masalalari. . . . .                                         | <b>350</b> |
| <b>Agzamova S.M., Gulyayeva G.X., Mukimov M.M., Karimova N.H.</b> Turli xomashyoli ikki qatlamli trikotaj to‘qimalarining sifat ko‘ratkichlarini kompleks baholash. . . . .      | <b>354</b> |
| <b>ANIQ VA IJTIMOIIY-IQTISODIY FANLAR</b>                                                                                                                                        |            |
| <b>Mannonov Y.O.</b> Kitobxonlik madaniyatini oshirishning ayrim masalalari. . . . .                                                                                             | <b>360</b> |
| <b>Мухамадиев Б.Т, Мухамадиева З.Б., Джамалов С.Ш.</b> Значение сбалансированного кишечного микробиома в укреплении физического и психологического здоровья . . . . .            | <b>363</b> |
| <b>Xakimova M.Y.</b> Elektron kutubxonani yaratishda zamonaviy dasturiy-texnik ta’minot . . . . .                                                                                | <b>372</b> |
| <b>Шарипов М.З., Назаров Э.С., Зокирова З.М., Иброхимова С.Ш., Муминов Ш.Х.</b> Структура и свойства одномерных микромагнитных конфигураций в ферромагнитных кристаллах. . . . . | <b>375</b> |
| <b>EKOLOGIYA VA ATROF MUHIT MUHOFAZASI</b>                                                                                                                                       |            |
| <b>Мамедов Р.А., Жамолов Ж.Ж.</b> Оценка низконапорного гидроэнергетического потенциала водозаборных сооружений и ирригационных каналов. . . . .                                 | <b>381</b> |
| <b>Мамедов Р.А.</b> Исследование зависимости выхода водорода от термохимических характеристик электролита в процессе электролиза. . . . .                                        | <b>391</b> |

### Список литературы

1. M.X.Samadova, J.T.Nurmatov, A.X.Samadov, I.E.Abdiraximov, A.I.Tog'ayev, A.T.Kurbanov "Neft va gaz konlari asoslari" 2022/12/30 (1) 224.
2. Абдирахимов, И. Э., & Каримов, М. У. (2020). Синтез и исследование деэмульгаторов на основе блоксополимеров поликарбоксилатов и окиси этилена.
3. Abdirakhimov, I. (2021). Development of effective demulsifiers on the basis of local raw materials. *Universum: технические науки*, (2-4), 36-39.
4. Абдирахимов, И. Э., Халимов, А. А., & Турсунов, Р. И. (2020). Подготовка качественного природного газа перед транспортировкой потребителю. *Международный академический вестник*, (2), 100-103.
5. Коршак А.А., Шаммазов А.М., Основы нефтегазового дела – Учебник для вузов. 3-е изд. Уфа: ООО "Дизайн Полиграф Сервис"- 2005. 524стр.
6. Шерматов, Б. Э., Мансурова, М. С., Ялгашев, Э. Я., Курбанов, Э. Н., Исматов, Д. Н., & Абдирахимов, И. Э. (2018). Влияние состава газа на измерение объема проходящий через сужающее устройство. *Точная наука*, (28), 13-22.
7. T.R.Yuldashev, F.E.Buronov, I.E.Abdiraximov, B.O.Jumaboyev, B.M.Ismailov, X.N.Raximov, X.I.Ne'matov "Neft va gaz sanoati texnologiyasi va kimyosi" 22.12.2023

UDK: 620.91:662.767:631.95

### ANAEROB PARCHALANISH JARAYONIDA HARORAT BARQARORLIGINING METANOGEN BAKTERIYALAR FAOLLIGIGA TA'SIRI VA UNI QUYOSHLI ISSIQLIK TIZIMI ORQALI TA'MINLASH

Alinazarov A.X., Shariboyev N.Y., Jo'rahanov D.M.

*Namangan davlat texnika universiteti.*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligining mikrobiologik asoslari tahlil qilinib, psixrofil, mezofil va termofil rejimlarda faoliyat yurituvchi mikroorganizmlarning haroratga sezgirliги yoritilgan. Shuningdek, biomassa parchalanishining asosiy bosqichlari hamda harorat tebranishlarining metan hosil bo'lish mexanizmlariga ta'siri ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Fermentator ichki haroratini barqaror ushlab turish maqsadida quyosh havo qizdirgichi yordamida issiqlik bilan ta'minlash va issiqlikni akkumulyatsion toshli qatlam orqali saqlashga asoslangan konseptual yondashuv taklif etiladi. Mazkur yondashuv issiqlik barqarorligini ta'minlash orqali anaerob mikrobiologik jarayonlarning uzluksizligini saqlash hamda sovuq sharoitlarda biogaz ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

**Kalit so'zlar:** biogaz, anaerob parchalanish, metanogen bakteriyalar, harorat barqarorligi, psixrofil jarayon, mezofil jarayon, termofil jarayon, quyosh havo qizdirgichi, issiqlik akkumulyatsiyasi, fermentator.

### THE EFFECT OF TEMPERATURE STABILITY ON THE ACTIVITY OF METHANOGENIC BACTERIA IN THE ANAEROBIC DIGESTION PROCESS AND ITS PROVISION THROUGH A SOLAR THERMAL SYSTEM

Alinazarov A.X., Shariboyev N.Y., Jurahanov D.M.

*Namangan state technical university.*

**Abstract.** The stable and efficient operation of the biogas production process directly depends on maintaining optimal conditions of the anaerobic digestion environment, particularly the internal temperature of the digester. Under cold climatic conditions, a decrease in ambient temperature intensifies heat losses in biogas digesters, which leads to a reduction in the activity of methanogenic bacteria and a slowdown in the methane formation process. This paper analyzes the microbiological fundamentals of temperature stability in the anaerobic digestion process and highlights the temperature sensitivity of microorganisms operating under psychrophilic, mesophilic, and thermophilic regimes. In addition, the main stages of biomass degradation and the effect of temperature fluctuations on methane formation mechanisms are scientifically substantiated. To maintain a stable internal temperature of the digester, a conceptual approach is proposed based on heat supply using a solar air heater and heat storage through an accumulation stone bed. This approach enables the continuity of anaerobic microbiological processes by ensuring thermal stability and enhances the efficiency of biogas production under cold environmental conditions.

**Keywords:** biogas, anaerobic digestion, methanogenic bacteria, temperature stability, psychrophilic process, mesophilic process, thermophilic process, solar air heater, thermal energy storage, digester.

**Kirish.** Bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish masalasi global miqyosda dolzarb bo'lib, ayniqsa, qishloq xo'jaligi va kommunal sohalarda ekologik toza energiya ishlab chiqarishga bo'lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Shu nuqtayi nazardan, organik chiqindilarni anaerob parchalanish orqali qayta ishlash va biogaz olish texnologiyalari energiya ta'minoti bilan bir qatorda atrof-muhitning muhofaza qilish masalalarini hal etishda muhim ahamiyat kasb etadi. Biogaz ishlab chiqarish jarayoni biomassa tarkibidagi organik moddalarni mikrobiologik yo'l bilan parchalashga asoslangan bo'lib, jarayonning barqarorligi va samaradorligi bir qator texnologik va biologik omillarga bog'liqdir [1,2].

Anaerob parchalanish jarayonida asosiy cheklovchi omillardan biri fermentator ichki haroratining barqaror saqlanmasligidir. Ayniqsa, sovuq iqlim sharoitlarida yoki qish mavsumida tashqi muhit haroratining keskin pasayishi fermentator ichidagi issiqlik yo'qotishlarni oshiradi, natijada mikroorganizmlar faolligi pasayadi va metan hosil bo'lish jarayoni sekinlashadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, haroratning optimal diapazondan chetga chiqishi anaerob jarayonning asosiy bosqichlari, xususan metanogenez bosqichining izdan chiqishiga olib keladi [3].

Anaerob parchalanish jarayoni psixrofil, mezofil va termofil harorat rejimlarida amalga oshirilishi mumkin bo'lib, har bir rejimda faoliyat yurituvchi mikroorganizmlar tarkibi va ularning metabolik faolligi sezilarli darajada farqlanadi. Metanogen bakteriyalar ayniqsa harorat tebranishlariga sezgir bo'lib, qisqa muddatli sovish yoki qizish holatlari ham metan hosil bo'lish tezligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli biogaz fermentatorlarida issiqlik rejimini barqaror ushlab turish samarali gaz ishlab chiqarishni ta'minlashning muhim sharti hisoblanadi [4].

Mazkur muammoni hal etishda tashqi energiya manbalariga bog'liqlikni kamaytiruvchi va energiya tejankor echimlarni qo'llash muhim ahamiyatga ega. Quyosh energiyasidan foydalanishga asoslangan isitish tizimlari, xususan, quyosh havo qizdirgichlari, biogaz fermentatorlarini isitishda istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Issiqlikni akkumulyatsion toshli qatlamlarda saqlash esa kunlik va mavsumiy harorat tebranishlarining salbiy ta'sirini kamaytirishga xizmat qiladi. Shu asosda ushbu maqolada anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligining metanogen bakteriyalar faolligiga ta'siri tahlil qilinib, uni quyoshli issiqlik tizimi orqali ta'minlashning ilmiy asoslari yoritiladi.

**Anaerob parchalanish jarayonining asosiy bosqichlari.** Anaerob parchalanish jarayoni murakkab mikrobiologik tizim bo'lib, organik moddalarning kislorodsiz muhitda ketma-ket biologik o'zgarishlari natijasida biogaz hosil bo'lishi bilan tavsiflanadi. Ilmiy adabiyotlarda ushbu jarayon to'rt asosiy bosqichga ajratiladi: gidroliz, kislotalanish (acidogenesis), asetogenez va metanogenez [5,6]. Har bir bosqichda faoliyat yurituvchi mikroorganizmlar guruhi va hosil bo'ladigan oraliq mahsulotlar o'ziga xos xususiyatlarga ega. Gidroliz bosqichida murakkab organik birikmalar — uglevodlar, oqsillar va yog'lar fermentlar ta'sirida oddiy eruvchan moddalarga parchalanadi. Ushbu bosqich anaerob jarayonning boshlang'ich va ko'pincha tezlikni cheklovchi bosqichi hisoblanadi [7]. Kislotalanish bosqichida gidroliz mahsulotlari uchuvchan yog' kislotalari, spirtlar, vodorod va karbonat angidridga aylantiriladi. Keyingi asetogenez bosqichida esa ushbu birikmalar asosan sirka kislotasi, vodorod va karbonat angidridga aylantiriladi. Metanogenez bosqichida metanogen bakteriyalar tomonidan sirka kislotasi va vodorod asosiy energiya manbai sifatida foydalanilib, metan va karbonat angidrid hosil bo'ladi [8].

**Metanogen bakteriyalarning haroratga bog'liq faolligi.** Anaerob parchalanish jarayonining barqarorligi va biogaz hosildorligi metanogen bakteriyalar faolligiga bevosita bog'liq bo'lib, ushbu mikroorganizmlar tashqi muhit omillariga, ayniqsa haroratga nisbatan yuqori sezgirlikka ega [9]. Adabiyotlarda metanogen bakteriyalarning faoliyat diapazoni haroratga ko'ra psixrofil (<25 °C), mezofil (35–38 °C) va termofil (50–55 °C) rejimlarga ajratiladi [10]. Psixrofil sharoitlarda anaerob jarayon sekin kechadi, mikroorganizmlar metabolik faolligi past bo'lib, metan hosil bo'lish tezligi cheklangan bo'ladi. Biroq ushbu rejim energiya sarfining kamligi bilan ajralib turadi [11]. Mezofil rejim sanoatda eng keng tarqalgan bo'lib, jarayonning barqarorligi va mikrobiologik muvozanati bilan tavsiflanadi. Termofil rejimda esa organik moddalarning parchalanish tezligi va metan

chiqishi yuqori bo'lishiga qaramasdan, haroratning kichik tebranishlari ham jarayon barqarorligining buzilishiga olib kelishi mumkin [12]. Ko'plab tadqiqotlar haroratning keskin o'zgarishi metanogen bakteriyalarning faolligini susaytirishi, uchuvchan yog' kislotalari to'planishiga va jarayonning izdan chiqishiga sabab bo'lishini ko'rsatadi [13]. Shu bois anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligini ta'minlash samarali biogaz ishlab chiqarishning muhim sharti hisoblanadi.

Biogaz fermentatorlarini isitishda quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha tadqiqotlar. Biogaz fermentatorlarida haroratni saqlash uchun an'anaviy yoqilg'ilarga asoslangan isitish tizimlari energiya sarfining yuqoriligi bilan ajralib turadi. So'nggi yillarda ilmiy adabiyotlarda quyosh energiyasidan foydalanishga asoslangan isitish tizimlariga bo'lgan qiziqish ortib bormoqda [14]. Quyosh havo qizdirgichlari oddiy konstruksiyasi, past ekspluatatsion xarajatlari va ekologik tozaligi bilan ajralib turadi. Tadqiqotlarda quyosh havo qizdirgichlaridan foydalanish fermentator ichki haroratining kunduzgi soatlarda barqaror ushlab turilishiga yordam berishi ko'rsatilgan. Biroq quyosh radiatsiyasining notekisligi sababli issiqlikni akkumulyatsiya qilish zarurati yuzaga keladi [15]. Shu maqsadda toshli (granitli) qatlamlardan iborat issiqlik akkumulyatorlari issiqlikni saqlash va uni kechki hamda tungi soatlarda qayta uzatish imkonini beradi [16]. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, quyosh havo qizdirgichi va issiqlik akkumulyatsiyasi uyg'unlashtirilgan holda qo'llanilganda fermentator ichki haroratining barqarorligi yaxshilanadi, bu esa metanogen bakteriyalar faoliyatining uzluksizligini ta'minlashga xizmat qiladi. Mazkur yondashuv sovuq iqlim sharoitlarida biogaz ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun istiqbolli echim sifatida qaralmoqda [17].

Metodologiya. Ushbu tadqiqot anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligining metanogen bakteriyalar faolligiga ta'sirini aniqlashga qaratilgan bo'lib, ish nazariy-tahliliy metodologiya asosida olib borildi. Tadqiqotda biogaz ishlab chiqarish jarayonining mikrobiologik mexanizmlari, harorat rejimlarining bakterial faollikka ta'siri hamda fermentator ichki haroratini barqarorlashtirish imkoniyatlari ilmiy adabiyotlar asosida tizimli ravishda tahlil qilindi [5–9].

Metodologik yondashuv anaerob parchalanish jarayonining asosiy bosqichlarini aniqlash, ushbu bosqichlarda ishtirok etuvchi mikroorganizmlarning haroratga sezgirligini baholash va sovuq sharoitlarda harorat barqarorligini ta'minlashga qaratilgan texnologik echimlarni konseptual jihatdan asoslashni o'z ichiga oladi. Tadqiqotda biomassa anaerob parchalanishining ketma-ket bosqichlari va ushbu bosqichlarda hosil bo'ladigan asosiy mahsulotlar tahlil qilinib, jarayonning metan hosil bo'lish bilan yakunlanishi ilmiy nuqtayi nazardan asoslab berildi.

Anaerob parchalanish jarayonida mikroorganizmlarning faoliyati, asosan, harorat rejimi bilan belgilanadi. Shu sababli metodologiyada psixrofil, mezofil va termofil harorat diapazonlarida kechuvchi jarayonlar o'zaro solishtirilib, metanogen bakteriyalar uchun optimal sharoitni saqlash zarurligi asoslandi. Haroratning barqaror emasligi gidroliz va metanogenez bosqichlari o'rtasidagi muvozanatning buzilishiga olib kelishi mumkinligi inobatga olindi [10–12]. Fermentator ichki haroratini barqaror ushlab turish maqsadida metodologik yondashuv doirasida quyosh havo qizdirgichi yordamida issiqlik bilan ta'minlash hamda issiqlikni akkumulyatsion toshli qatlamda saqlashga asoslangan konseptual tizim taklif etildi. Ushbu yondashuv kunduzgi quyosh radiatsiyasidan olingan issiqlikni to'plash va uni harorat pasayishi kuzatiladigan davrlarda qayta uzatish imkonini berishi bilan izohlanadi. Natijada fermentator ichki muhitida mikrobiologik jarayonlarning uzluksizligi ta'minlanishi ko'zda tutiladi.

**Natijalar va muhokama.** Nazariy-tahliliy tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, anaerob parchalanish jarayonining barqarorligi, birinchi navbatda, fermentator ichki haroratining doimiy va optimal diapazonda saqlanishiga bog'liqdir. Adabiyotlar tahlili asosida aniqlanishicha, haroratning pasayishi yoki keskin tebranishlari gidroliz va metanogenez bosqichlari o'rtasidagi muvozanatning buzilishiga olib keladi, bu esa metanogen bakteriyalar faolligining susayishi bilan namoyon bo'ladi [13, 14].

1-jadval.

**Anaerob parchalanish bosqichlari va ularning haroratga bog'liq mikrobiologik xususiyatlari**

| Bosqich       | Asosiy jarayon mazmuni                      | Ishtirok etuvchi mikroorganizmlar | Optimal harorat diapazoni | Asosiy mahsulotlar                                                     |
|---------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Gidroliz      | Murakkab organik moddalarning parchalanishi | Gidrolitik bakteriyalar           | 20–40 °C                  | Monosaxaridlar, aminokislotalar                                        |
| Kislotalanish | Organik kislotalar hosil bo'lishi           | Asidogen bakteriyalar             | 30–40 °C                  | Uchuvchan yog' kislotalari, spirtlar, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> |
| Asetogenez    | Sirka kislotasi hosil bo'lishi              | Asetogen bakteriyalar             | 35–45 °C                  | CH <sub>3</sub> COOH, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>                 |
| Metanogenez   | Metan sintezi                               | Metanogen bakteriyalar            | 35–38 °C / 50–55 °C       | CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>                                      |

Psixrofil harorat rejimida (< 25 °C) anaerob parchalanish jarayoni nisbatan sekin kechib, mikroorganizmlar metabolik faolligining pastligi bilan tavsiflanadi. Ushbu sharoitda metan hosil bo'lishi barqaror bo'lsa-da, umumiy gaz chiqimi cheklangan bo'lib qoladi. Mezofil rejim (35–38 °C) esa mikrobiologik barqarorlik va metan hosildorligining muvozanatlanganligi bilan ajralib turadi va amaliyotda eng maqbul rejim sifatida baholanadi [15]. Termofil sharoitlarda (50–55 °C) organik moddalarning parchalanish tezligi va metan hosil bo'lish intensivligi yuqori bo'lishiga qaramasdan, haroratning kichik o'zgarishlari ham jarayonning izdan chiqishiga olib kelishi mumkinligi aniqlangan [16].

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, metanogen bakteriyalar harorat o'zgarishlariga eng sezgir mikroorganizmlar guruhi hisoblanadi. Haroratning optimal diapazondan chetga chiqishi natijasida uchuvchan yog' kislotalari to'planishi kuzatiladi, bu esa pH muvozanatining buzilishiga va metan hosil bo'lish jarayonining sekinlashishiga sabab bo'ladi [17]. Shu jihatdan, fermentator ichki haroratining barqaror saqlanishi anaerob jarayonning uzluksizligi va samaradorligini ta'minlovchi asosiy shart sifatida baholanadi. Quyosh havo qizdirgichi yordamida fermentatorni isitish bo'yicha olib borilgan nazariy tahlil shuni ko'rsatadiki, kunduzgi soatlarda olinadigan quyosh energiyasi issiqlik balansining muhim qismini qoplash imkonini beradi. Biroq quyosh radiatsiyasining vaqt bo'yicha notekisligi tufayli issiqlikni to'plash va saqlash zarurati yuzaga keladi. Issiqlikni akkumulyatsion toshli qatlamlarda saqlash fermentator ichki muhitida harorat tebranishlarini kamaytirib, kechki va tungi soatlarda ham mikrobiologik jarayonlarning barqarorligini ta'minlash imkonini beradi [18].

Muhokama natijalari shuni ko'rsatadiki, quyosh havo qizdirgichi va issiqlik akkumulyatsiyasi integratsiyalashgan holda qo'llanilganda, fermentator ichki haroratining barqarorligi sezilarli darajada yaxshilanadi. Bu holat "issiqlik barqarorligi — mikrobiologik barqarorlik" konsepsiyasini ilmiy jihatdan asoslash imkonini beradi. Mazkur yondashuv sovuq iqlim sharoitlarida biogaz ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, tashqi yoqilg'i manbalariga bo'lgan ehtiyojni kamaytirish hamda jarayonning energetik samaradorligini yaxshilash uchun istiqbolli echim sifatida baholanadi [19, 20].

**Xulosa.** Olib borilgan nazariy-tahliliy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, anaerob parchalanish jarayonining barqaror va samarali kechishi fermentator ichki haroratining optimal diapazonda uzluksiz saqlanishiga bevosita bog'liqdir. Ayniqsa, metanogen bakteriyalar faolligi harorat o'zgarishlariga yuqori darajada sezgir bo'lib, haroratning pasayishi yoki keskin tebranishlari metan hosil bo'lish jarayonining sekinlashishiga olib keladi. Shu bois, biogaz ishlab chiqarishda issiqlik rejimini barqaror boshqarish hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Tahlillar asosida anaerob parchalanish jarayonining psixrofil, mezofil va termofil rejimlarida kechishi mikrobiologik faoliyat va gaz hosildorligi jihatidan sezilarli farqlanishi aniqlandi. Mezofil rejim jarayon barqarorligi va energetik samaradorlik nuqtayi nazaridan eng maqbul sharoit sifatida baholanadi, biroq sovuq iqlim sharoitlarida ushbu rejimni saqlab qolish uchun qo‘shimcha isitish choralari talab etiladi. Termofil rejimda metan hosil bo‘lish intensivligi yuqori bo‘lishiga qaramasdan, jarayonning barqarorligi haroratni qat’iy nazorat qilishga bog‘liq ekanligi aniqlanadi.

Tadqiqot natijalari fermentator ichki haroratini barqarorlashtirishda quyosh havo qizdirgichlaridan foydalanish energetik jihatdan maqsadga muvofiq ekanligini ko‘rsatadi. Quyosh energiyasidan olingan issiqlikni akkumulyatsion toshli qatlamlarda saqlash esa kunduzgi va tungi harorat tebranishlarining salbiy ta’sirini kamaytirib, mikrobiologik jarayonlarning uzluksizligini ta’minlash imkonini beradi. Ushbu yondashuv tashqi yoqilg‘i manbalariga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirish bilan birga biogaz qurilmalarining umumiy energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, anaerob parchalanish jarayonida “issiqlik barqarorligi — mikrobiologik barqarorlik” tamoyili asosiy konseptual asos sifatida qaralishi mumkin. Quyosh havo qizdirgichi va issiqlik akkumulyatsiyasiga asoslangan integratsiyalashgan tizimlar sovuq sharoitlarda biogaz ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun istiqbolli echim hisoblanadi. Olingan nazariy xulosalar kelgusida tajribaviy tadqiqotlar o‘tkazish hamda quyoshli-biogaz qurilmalarini takomillashtirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R. Biogas Handbook. – Esbjerg: University of Southern Denmark, 2008. – 126 p.
2. Holm-Nielsen J.B., Al Seadi T., Oleskowicz-Popiel P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization // *Bioresource Technology*. – 2009. – Vol. 100, No. 22. – P. 5478–5484. – DOI: 10.1016/j.biortech.2008.12.046.
3. Gerardi M.H. The Microbiology of Anaerobic Digesters. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. – 192 p.
4. Chen Y., Cheng J.J., Creamer K.S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review // *Bioresource Technology*. – 2008. – Vol. 99, No. 10. – P. 4044–4064. – DOI: 10.1016/j.biortech.2007.01.057.
5. Angelidaki I., Ellegaard L. Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. – 2003. – Vol. 109. – P. 95–105. – DOI: 10.1385/ABAB:109:1-3:95.
6. Mata-Alvarez J., Dosta J., Romero-Güiza M.S., Fonoll X., Peces M., Astals S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2014. – Vol. 36 – P. 412–427. – DOI: 10.1016/j.rser.2014.04.039.
7. Cinar S.Ö., Kuchta K. Evaluation of temperature changes in anaerobic digestion process // *Detritus*. – 2020. – Vol. 10. – P. 11–18. – DOI: 10.31025/2611-4135/2020.13911.
8. Demirel B., Scherer P. Production of methane from sugar beet silage without manure addition // *Biomass and Bioenergy*. – 2008. – Vol. 32, No. 3. – P. 203–209. – DOI: 10.1016/j.biombioe.2007.09.007.
9. Moset V., Al-zohairi N., Møller H.B. The impact of inoculum source, inoculum to substrate ratio and temperature on anaerobic digestion // *Biomass and Bioenergy*. – 2015. – Vol. 83. – P. 106–115. – DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.09.005.
10. Zhang L., Lee Y.-W., Jahng D. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater // *Bioresource Technology*. – 2011. – Vol. 102, No. 8. – P. 5048–5054. – DOI: 10.1016/j.biortech.2011.01.040.
11. Kufka D., Ziemiński K., Romanowska I. Effect of temperature on anaerobic digestion of maize silage // *Waste and Biomass Valorization*. – 2019. – Vol. 10. – P. 227–238. – DOI: 10.1007/s12649-017-0061-3.

12. El-Mashad H.M., van Loon W.K.P., Zeeman G., Bot G.P.A., Lettinga G. Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion // *Bioresource Technology*. – 2004. – Vol. 95, No. 2. – P. 191–201. – DOI: 10.1016/j.biortech.2004.02.020.
13. Drosig B. Process Monitoring in Biogas Plants. — Graz: IEA Bioenergy, 2013. — 82 p.
14. Tiwari G.N., Dubey S. Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications. — Cambridge: RSC Publishing, 2010. — 296 p.
15. Alkhamis T.M., El-Khazali R., Kablan M.M., Alhusein M.A. Heating of a biogas reactor using a solar energy system // *Solar Energy*. – 2000. – Vol. 69, No. 3. – P. 239–247. – DOI: 10.1016/S0038-092X(00)00062-1.
16. Liu Z., Gao X., Li Z., Yang X., Hu Y. Evaluation of biogas and solar energy coupling on phase-change energy-storage heating systems // *Buildings*. – 2023. – Vol. 13, No. 11. – Article 2712. – DOI: 10.3390/buildings13112712.
17. Bavutti M., Guidetti R., Balsari P. Overheating of small-scale biogas digesters // *Biosystems Engineering*. – 2014. – Vol. 127. – P. 74–82. – DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2014.09.002.
18. Kenmogne F., et al. Thermal energy storage using packed bed of rocks // *Journal of Energy Storage*. – 2023. – Vol. 63. – 106948. – DOI: 10.1016/j.est.2023.106948.
19. Xue S., et al. Integration of biogas power generation and thermal energy storage // *Energy Conversion and Management*. – 2019. – Vol. 198. – 111830. – DOI: 10.1016/j.enconman.2019.111830.
20. FNR. Biogas: An Introduction. – Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2010. – 112 p.

## ANTICORROSION PROPERTIES OF COPPER PHOSPHIDE

Abdirakhimov I.E.

*Karshi state technical university.*

**Abstract.** This article presents the results of a study on the anticorrosion properties of copper compounds obtained from spent copper-plating electrolytes. The aim of the work was to develop and test a method for processing waste to produce pigments for protective paint and varnish coatings. Complex metric analysis, X-ray phase analysis, and electrochemical measurements (anodic polarization curves, stationary potential, corrosion current density) were used. It was established that the introduction of pigments based on copper phosphate ( $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ ) into coatings provides the lowest corrosion rate and improves electrochemical characteristics compared to control samples. The results confirm the high efficiency of  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  as an anticorrosion pigment, opening opportunities for its practical use in industry and rational waste utilization.

**Keywords:** copper phosphide; copper phosphate ( $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ ); corrosion resistance; protective coatings; electrochemical methods; electrolyte recycling; anticorrosion pigments.

## MIS FOSFIDINING KORROZIYAGA QARSHI XOSSALARI

Abdiraximov I.E.

*Qarshi davlat texnika universiteti.*

**Annotatsiya.** Maqolada ishlatilgan mis elektrolitlaridan olingan mis birikmalarining korroziyaga qarshi xossalari o'rganish natijalari keltirilgan. Ishning maqsadi himoya bo'yog' qoplamalari uchun pigmentlar olgan holda chiqindilarni qayta ishlash usulini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish. Unda kompleks metrik tahlil, rentgenofaza usuli va elektrokimyoviy o'lchovlar (anodli polarizatsiya egri chiziqlari, korroziya tokining zichligi) qo'llanilgan. Aniqlanishicha, mis fosfat ( $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ ) asosidagi pigmentlarni qoplashga kiritish korroziya tezligining eng past qiymatlarini ta'minlaydi va nazorat namunalari nishbatan elektrokimyoviy xususiyatlarni yaxshilaydi. Olingan natijalar korroziyaga qarshi pigment sifatida  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  ning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi, bu esa uni sanoatda amaliy qo'llash va chiqindilarni oqilona utilizatsiya qilish imkoniyatlarini ochadi.

**Kalit so'zlar:** mis fosfid; mis fosfat ( $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ ); korroziyaga chidamliligi; himoya qoplamalari; elektrokimyoviy usullar; elektrolitlarni qayta ishlash; korroziyaga qarshi pigmentlar.

**Introduction.** Metal corrosion is one of the most pressing problems facing modern industry and society, as the intensive destruction of metal structures leads to significant economic losses. According to international studies, corrosion losses in some countries amount to 3–4% of gross

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,  
FAN VA INNOVASIYALAR VAZIRLIGI  
BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**Buxoro davlat texnika universiteti nashri**  
**“FAN VA TEKNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI”**

Ilmiy-texnikaviy jurnal

**2026 yil, 1-son. ISSN 1281-8193**

Jurnal tahririyat kompyuterida sahifalandi.

Manzil: 200117, Buxoro sh., Q.Murtazoev ko‘chasi 15.

Tel: (8-365) 223-92-40, E-mail: [fantt\\_jurnal@umail.uz](mailto:fantt_jurnal@umail.uz)

<http://journal.bstu.uz>

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Издатель: Бухарский государственный технический университет

**«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»**

Научно-технический журнал

Выпуск 1, 2026. ISSN 1281-8193

Отредактирована на компьютере редакции.

Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15.

Тел.: (8-365) 223-92-40, E-mail: [fantt\\_jurnal@umail.uz](mailto:fantt_jurnal@umail.uz)

<http://journal.bstu.uz>

**BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

Publisher: Bukhara State Technical University

**DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

Scientific and Technical Journal

Issue 1, 2026. ISSN 1281-8193

Yedited on the yeditorial computer.

Address: 200117, Bukhara, K. Murtazaev Street, 15

Tel.: (8-365) 223-92-40, E-mail: [fantt\\_jurnal@umail.uz](mailto:fantt_jurnal@umail.uz)

<http://journal.bstu.uz>