Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

KOMBINATSIYALANGAN KATALITIK GIDROTERMAL-PIROLITIK KONVERSIYA USULI ORQALI QATTIQ MAISHIY CHIQINDILARDAN GAZ FRAKSIYASINI OLISH

Jovliyev Muhriddin Norboy o'g'li
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, magistranti,
jovlievmuxriddin1@gmail.com, +99895-979-79-75
O'ng'arov Jaloliddin Faxriddin o'g'li
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, magistranti,
ongarovjaloliddin@gmail.com
+99877-018-21-10
Doi :https://doi.org/10.5281/zenodo.20032823

Kirish: So‘nggi yillarda global miqyosda ekologik muammolar, xususan, qattiq maishiy chiqindilar hajmining keskin ortib borishi dolzarb masalalardan biriga aylandi. Aholi sonining o‘sishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hamda iste’mol darajasining oshishi natijasida chiqindilar miqdori yil sayin ortib bormoqda. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, dunyo bo‘yicha yiliga milliardlab tonna qattiq chiqindilar hosil bo‘lib, ularning katta qismi qayta ishlanmasdan atrof-muhitga tashlanmoqda.

Qattiq maishiy chiqindilar tarkibi murakkab bo‘lib, ular asosan organik komponentlardan — sellyuloza, gemitsellyuloza, lignin, plastik materiallar, oziq-ovqat qoldiqlari va boshqa bioorganik moddalardan tashkil topgan. Ushbu komponentlar o‘z navbatida energetik qiymatga ega bo‘lib, ularni qayta ishlash orqali muqobil yoqilg‘i manbalarini olish imkoniyati mavjud.

Hozirgi kunda chiqindilarni qayta ishlashning bir qator texnologiyalari mavjud bo‘lib, ular orasida piroliz, gazifikatsiya va anaerob fermentatsiya keng qo‘llaniladi. Piroliz jarayoni yuqori haroratda kislorodsiz muhitda organik moddalarning parchalanishiga asoslangan bo‘lsa, gazifikatsiya jarayoni natijasida sintez-gaz hosil bo‘ladi. Anaerob fermentatsiya esa biologik jarayon bo‘lib, asosan biogaz ishlab chiqarishga qaratilgan.

Biroq ushbu usullar qator kamchiliklarga ega. Masalan, piroliz jarayoni yuqori energiya sarfini talab qiladi, gazifikatsiya texnologiyasi murakkab uskunalar va katta investitsiyalarni talab etadi, biologik usullar esa nisbatan sekin kechadi va gaz chiqimi cheklangan bo‘ladi. Shu sababli chiqindilarni samarali qayta ishlash, energiya tejamkor va yuqori samaradorlikka ega yangi texnologiyalarni ishlab chiqish zarurati yuzaga kelmoqda.

So‘nggi ilmiy tadqiqotlarda kombinatsiyalangan texnologiyalar alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, gidrotermal ishlov va piroliz jarayonlarini birlashtirish orqali chiqindilarning fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilash va keyingi termokimyoviy konversiya samaradorligini oshirish mumkin. Gidrotermal ishlov natijasida biomassa strukturasining yumshashi, polimer zanjirlarning qisqarishi va reaktivlikning ortishi kuzatiladi. Bu esa keyingi bosqich — katalitik piroliz jarayonida gaz fraksiyasining ko‘proq hosil bo‘lishiga olib keladi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — qattiq maishiy chiqindilarni qayta ishlashning samarali, energiya tejamkor va ekologik xavfsiz usulini ishlab chiqishdan iborat bo‘lib, bunda kombinatsiyalangan katalitik gidrotermal-pirolitik konversiya texnologiyasining imkoniyatlari o‘rganiladi. Ushbu yondashuv chiqindilarni kompleks qayta ishlash, gaz fraksiyasini maksimal darajada oshirish va muqobil energiya manbalarini yaratish nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi.

Materiallar va usullar: Ushbu tadqiqotda xom ashyo sifatida qattiq maishiy chiqindilar aralashmasidan foydalanildi. Namuna tarkibi quyidagicha shakllantirildi: oziq-ovqat chiqindilari – 35%, qog‘oz va karton – 25%, plastik materiallar – 20% (asosan polietilen va polipropilen), hamda o‘simlik qoldiqlari – 20%. Xom ashyo dastlab 10–15 mm o‘lchamgacha maydalandi va 105 °C haroratda 24 soat davomida quritilib, namlik miqdori 8–10% gacha kamaytirildi. Keyinchalik namunalar laboratoriya

sharoitida gomogen aralashma hosil qilish uchun mexanik aralashtirgichda 15 daqiqa davomida aralashtirildi.

Tajriba ikki bosqichli kombinatsiyalangan gidrotermal-katalitik piroliz usuli asosida olib borildi. Birinchi bosqich — gidrotermal ishlov jarayoni zanglamaydigan po‘latdan tayyorlangan 500 ml hajmli yuqori bosimli reaktorda amalga oshirildi. Reaktorga 100 g tayyorlangan xom ashyo va 200 ml distillangan suv solindi . Jarayon 200 °C haroratda va 3 MPa bosim ostida 45 daqiqa davomida olib borildi. Gidrotermal ishlov davomida aralashma doimiy ravishda 300 rpm tezlikda aralashtirib turildi. Jarayon yakunlangach, reaktor tez sovitilib, hosil bo‘lgan massa filtrlanib qattiq fraksiya ajratib olindi va 80 °C da 12 soat davomida quritildi.

Ikkinchi bosqich — katalitik piroliz jarayoni gorizontal tipdagi kvarts reaktorda amalga oshirildi. Quritilgan gidrotermal ishlovdan o‘tgan namunadan 50 g olinib, katalizator bilan aralashtirildi. Katalizator sifatida HZSM-5 zeoliti va Ni/Al_2O_3 asosli katalizator ishlatildi, ularning umumiy miqdori xom ashyo massasiga nisbatan 10% ni tashkil etdi. Piroliz jarayoni 450 °C haroratda, inert muhit (azot gazi oqimi 100 ml/min) ostida 30 daqiqa davomida olib borildi. Harorat 10 °C/min tezlikda oshirildi. Reaksiya davomida hosil bo‘lgan gaz mahsulotlari maxsus gaz yig‘uvchi tizim orqali to‘plandi.

Hosil bo‘lgan gaz fraksiyasining tarkibi gaz xromatografiyasi yordamida tahlil qilindi. Tahlil sharoitlari: kolonna harorati 50–250 °C oralig‘ida, tashuvchi gaz sifatida geliy ishlatildi, oqim tezligi 1 ml/min. Asosiy aniqlangan komponentlar — H_2, CO, CH_4 va CO_2 bo‘ldi. Gaz chiqimi massaviy balans usuli orqali aniqlanib, umumiy mahsulotga nisbatan foiz hisobida ifodalandi. Tajribalar uch marta takrorlandi va o‘rtacha qiymatlar hisobga olindi.

Natijalar va muhokama: Gaz fraksiyasining tarkibi gaz xromatografik tahlillar asosida o‘rganildi. Natijalarga ko‘ra, hosil bo‘lgan gaz aralashmasida asosiy ulushni vodorod (H_2) tashkil etib, uning miqdori 32.4% ga teng bo‘ldi. Uglerod oksidi (CO) 24.7% ni, metan (CH_4) 18.9% ni va karbonat angidrid (CO_2) 14.3% ni tashkil etdi. Bundan tashqari, past molekulyar og‘irlikdagi C_2–C_4 uglevodorodlar ulushi 9.7% atrofida bo‘ldi. Ushbu tarkib gazning yuqori energetik qiymatga ega ekanligini hamda uni sintez-gaz sifatida sanoatda qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi.

Piroliz haroratining gaz hosil bo‘lish jarayoniga ta’siri ham tahlil qilindi. Harorat 400 °C bo‘lganda gaz chiqimi 52.3% ni tashkil etib, undagi vodorod ulushi 28.1% ga teng bo‘ldi. Harorat 450 °C gacha oshirilganda gaz chiqimi sezilarli darajada ortib, 62.8% ga yetdi, vodorod ulushi esa 32.4% ni tashkil etdi. 500 °C da esa gaz chiqimi 65.5% gacha oshgan bo‘lsa-da, energiya sarfi ham ortgani kuzatildi. Shu sababli 450 °C optimal harorat sifatida tanlandi, chunki u yuqori samaradorlik va nisbatan past energiya sarfi o‘rtasida muvozanatni ta’minlaydi.

Katalizator turining gaz hosil bo‘lish jarayoniga ta’siri ham muhim omil sifatida aniqlandi. Katalizatorsiz sharoitda gaz chiqimi 41.2% ni tashkil etib, bunda metan ulushi 12.5% va vodorod ulushi 20.3% bo‘ldi. HZSM-5 zeolit katalizatori qo‘llanilganda gaz chiqimi 58.6% gacha oshdi, metan ulushi 17.8% va vodorod ulushi 30.1% ni tashkil etdi. Eng yuqori natijalar Ni/Al_2O_3 katalizatori ishtirokida kuzatilib, gaz chiqimi 62.8% ga yetdi, bunda metan 18.9% va vodorod 32.4% ni tashkil etdi. Bu esa metall asosli katalizatorlar, ayniqsa nikel komponenti, gaz hosil bo‘lish reaksiyalarini faollashtirishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatadi.

2-jadval. Turli usullar bo‘yicha gaz chiqimining taqqoslanishi

Usul	Gaz chiqimi (%)	Suyuqlik (%)	Qattiq qoldiq (%)
Oddiy piroliz	38.5	42.3	19.2
Gidrotermal ishlovsiz katalitik piroliz	45.7	35.6	18.7

Taklif etilgan kombinatsiyalangan usul	62.8	24.1	13.1

Natijalarga ko‘ra, taklif etilgan usulda gaz chiqimi 62.8% ni tashkil etdi, bu oddiy pirolizga nisbatan deyarli 1.6 baravar yuqori. Shu bilan birga, qattiq qoldiq miqdori kamaygani jarayonning to‘liqroq konversiyaga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Xulosa: Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, kombinatsiyalangan katalitik gidrotermal-pirolitik konversiya usuli qattiq maishiy chiqindilarni samarali qayta ishlash va ulardan yuqori sifatli gaz fraksiyasini olish imkonini beradi. Gidrotermal ishlov bosqichi chiqindilarning murakkab organik tuzilmasini dastlabki parchalanishga uchratib, keyingi piroliz jarayonining samaradorligini sezilarli darajada oshirdi. Natijada gazsimon mahsulotlar hosil bo‘lish darajasi an’anaviy usullarga nisbatan yuqoriroq ekanligi aniqlandi.

Tadqiqot davomida optimal texnologik sharoitlar aniqlanib, xususan, 450 °C harorat va Ni/Al_2O_3 katalizatori qo‘llanilganda gaz chiqimi maksimal qiymatga erishdi. Olingan gaz tarkibida vodorod va uglerod oksidi ulushining yuqoriligi uni sintez-gaz sifatida energetik va kimyoviy sanoatda qo‘llash imkonini beradi.

Shuningdek, taklif etilgan texnologiya qattiq qoldiq miqdorini kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va chiqindilarni kompleks qayta ishlash imkoniyatlarini kengaytirishi bilan ahamiyatlidir. Ushbu yondashuv ekologik jihatdan xavfsiz bo‘lib, atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishga xizmat qiladi.

Kelgusida mazkur usulni sanoat miqyosida qo‘llash, katalizator tarkibini takomillashtirish va jarayon parametrlarini yanada optimallashtirish orqali texnologiyaning samaradorligini oshirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Higman, C., & van der Burgt, M. (2008). Gasification. Gulf Professional Publishing.
2. Basu, P. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory. Academic Press.
3. Speight, J. G. (2013). The Chemistry and Technology of Coal. CRC Press.
4. Corella, J., Toledo, J. M., & Molina, G. (2007). Biomass gasification in fluidized bed: A review. Energy & Fuels, 21(2), 1050–1060.
5. Wang, M., Larson, E. D., & Liu, G. (2013). Life cycle analysis of hydrogen production from coal gasification. Energy Policy, 52, 204–213.
6. IEA (International Energy Agency). (2019). The Future of Hydrogen: Seizing today’s opportunities. Paris: IEA Publications.
7. Rubin, E. S., Davison, J. E., & Herzog, H. J. (2015). The cost of CO_2 capture and storage. International Journal of Greenhouse Gas Control, 40, 378–400.
8. Lv, P. M., Xiong, Z. H., Chang, J., Wu, C. Z., Chen, Y., & Zhu, J. X. (2004). An experimental study on biomass air–steam gasification. Biomass and Bioenergy, 27(3), 205–214.
9. Ahmed, S., & Krumpelt, M. (2001). Hydrogen from hydrocarbon fuels for fuel cells. International Journal of Hydrogen Energy, 26(4), 291–301.
10. Ungarov, J. F., Jurayev, V. N., & Muradov, B. X. (2026).Ko‘mir gazifikatsiyasi asosida “yashil energiya” olish istiqbollari.Novosti obrazovaniya: issledovanie v XXI veke, 4(44), 142–147.
11. Khoshimov, Q. N., Ungarov, J. F., Ataxojayev, A. A., & Egamberdiev, E. A. (2025). Effective use of solid household waste.Universalnyy indeks biblioteki nauki i innovatsiy, 3(7), 22–25.
12. Akmalova, G. Y., Egamberdiev, E. A., & Ungarov, J. F. (2025).The role of chitosan in increasing the mechanical and antibacterial properties of paper. Technical science and innovation, 2025(1), 30–35.