

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”  
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

**ABDUG‘ANIYEV NURISLOM NURITDIN O‘G‘LI  
TURSUNOV OBID BOBOKULOVICH**

**QISHLOQ XO‘JALIGI ISTE‘MOLCHILARI ENERGIYA TA‘MINOTIDA  
QATTIQ MAISHIY CHIQINDILAR ENERGIYASIDAN FOYDALANISH**

**/MONOGRAFIYA/**



**Toshkent - 2025**

**Ushbu monografiya “TIQXMMI” MTU Ilmiy Kengashida ko‘rib  
chiqilgan va nashr etishga tavsiya etilgan.**

(2025-yil “29” noyabr, № 3-sonli bayonnoma)

Ushbu monografiyada qattiq maishiy chiqindilarni samarali va xavfsiz yo‘qotishda ekologik toza termokimyoviy texnologiyalarni qo‘llashga alohida e‘tibor qaratilgan. Ushbu sohada, jumladan, chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalarini keng joriy etish va jarayonning maqbul parametrlarini aniqlash orqali qayta ishlash reaktorlarida energiya sarfini kamaytirish vazifalari keltirilgan. Monografiya elektr energetika va qayta tiklanuvchan energiya manbalari bo‘yicha soha mutaxassislari hamda ilmiy tadqiqot ishlarini olib borayotgan ilmiy xodim va izlanuvchilar, doktorantlar, oliy o‘quv yurtlari o‘qituvchilari, magistrantlar hamda talabalarga mo‘ljallangan.

**Mualliflar:** **N.N.Abdug‘aniyev** – “TIQXMMI” MTU “Elektr ta‘minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari” kafedrası katta o‘qituvchisi, PhD;

**O.B.Tursunov** – “TIQXMMI” MTU “Elektr ta‘minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari” kafedrası professori, t.f.d.

**Taqrizchilar:** **Z.Tilyabayev** – O‘zRes FA O.Sodiqov nomidagi Bioorganik kimyo instituti bosh ilmiy xodimi, biologiya fanlari doktori, professor.

**M.Radkevich** – “TIQXMMI” MTU “Ekologiya va suv resurslarini boshqarish” kafedrası professori, texnika fanlari doktori, professor.

**© “TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”  
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI (“TIQXMMI” MTU), 2025 yil.**

## KIRISH

Jahonda qazilma boyliklari (ko'mir, gaz va boshqalar)ning umumiy energiya ta'minoti sohasida, shu jumladan, qishloq xo'jaligi energiya ta'minotida keng qo'llanilayotganligi va natijada ularning miqdori kundan-kunga kamayib borayotganligi noan'anaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalari (quyosh, shamol, gidro, biomassa va boshqalar)dan foydalanishga va uni rivojlantirishga katta e'tibor berishni talab etmoqda [1]. Biomassa—o'rmon va qishloq xo'jaligidagi o'simlik qoldiqlari, oqava suv cho'kindilari, organik modda hamda qoldiqlaridan iborat qayta tiklanuvchi energiya manbai hisoblanib, bioyoqilg'i va elektr energiya ishlab chiqarishda foydalanish mumkin. Maishiy chiqindilar biomassaning bir turi bo'lib, asosan, oziq-ovqat, qog'oz, plastmassa, yog'och, tekstill, metal va shisha mahsulotlari qoldiqlaridan, shu bilan birgalikda elektr lampochka, akkumulyator, avtoqismlar hamda tashlandiq dori vositalari kabi ayrim xavfli chiqindilardan tashkil topgan biomassaning bir turi bo'lib, ekologik toza energiya (biogaz, bioyoqilg'i) olish manbai hisoblanadi.

Jahon Banki statistik ma'lumotlarida dunyo bo'yicha yiliga 1,3 milliard tonna qattiq chiqindi hosil bo'lmoqda. Shuningdek, bu ko'rsatkich 2025-yilga borib 2,2 milliard tonnani tashkil etishi mumkinligi ko'rsatilgan [1].

Jahonda chiqindi hosil bo'lishining bunday sur'atlarda ortib borishi inson salomatligi va atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun chiqindilarning salbiy ta'sirini kamaytirish maqsadida ularni foydali mahsulotga yoki energiyaning biron turiga aylantirib foydalanish zarur. Natijada chiqindi qayta ishlanishidan olingan energiya aholi xonadonlari va transportda hamda issiqlik va elektr energiya ishlab chiqarishda energiya manbasi sifatida foydalanish mumkin.

Respublikamizda ekologik xavfsizlikni ta'minlash, atrof-muhitni muhofaza qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va iqtisodiyotning muhim tarmoqlaridan biri hisoblangan energetika sohasida yirik islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, energetika sohasida qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanish va energiya tejaydigan texnologiyalarni joriy qilish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga

erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "...“yashil” texnologiyalarni keng joriy qilish va “yashil” energetika sohasidagi loyihalarni amalga oshirish orqali O'zbekistonda yaqin o'n yilda qayta tiklanadigan energiya manbalari ulushini 3 barobardan ziyodga ko'paytirish” [2] bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda bugungi kunda respublikada chiqindilardan olingan ikkilamchi xom-ashyoni qayta ishlovchi 183 ta korxonalar faoliyat yuritayotgan bo'lib, shundan 72 ta polimerni qayta ishlash korxonalari, 65 ta chiqindi qog'ozni qayta ishlash korxonalari, 17 ta rezina va shinalarni qayta ishlash zavodlari, 6 ta shisha qoldiqlarini qayta ishlash korxonalari, 2 ta neft va to'qimachilik mahsulotlarini qayta ishlash korxonalari, 10 ta metallni qayta ishlash zavodi hamda 11 ta boshqa ikkilamchi xom-ashyoni qayta ishlash zavodi hisoblanadi. Ushbu korxonalarining umumiy quvvati yiliga 894 ming tonnani tashkil etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-sonli “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida”gi [3], 2019-yil 21-maydagi O'zbekiston Respublikasining 539-sonli “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to'g'risida”gi Qonuni [4] va 2019-yil 4-oktyabrdagi PQ-4477-sonli “2019-2030 yillar davrida O'zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida” gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu tadqiqot muayyan darajada xizmat qiladi.

## **I BOB. QATTIQ CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYALARI TAHLILI**

Qattiq chiqindilarni tijorat va institutsional chiqindilar, ko'cha va qurilish chiqindilari kabi barcha xavfsiz hamda maishiy chiqindilarni o'z ichiga olgan qattiq chiqindilar tashkil qiladi. Ba'zi mamlakatlarning qattiq chiqindilarni boshqarish tizimida chiqindi yoqish zavodlaridan chiqadigan kul, tozalash inshootlari qoldiqlari, septik tank loylari kabi inson hayot faoliyati davomida hosil bo'lgan chiqindilar ham qayta ishlanadi.

So'nggi yillarda chiqindi hajmi hukumatga jiddiy muammolarni keltirib chiqarish darajasida tez sur'atlarda o'sib bormoqda. Muammoning murakkabligi va ko'lamli sanoat qattiq chiqindilari, shahar va sanoat oqava suvlari, yomg'ir suvlari hamda xavfli chiqindilar kabi qayta ishlash zarur bo'lgan boshqa chiqindi turlarini ko'rib chiqqanda aniqroq ko'rinadi. Turli davlatlarda aksariyat davlat muassasalariga chiqindilarning turli sektorlarini boshqarish vakolati berilgan. Chiqindilarni boshqarish(qayta ishlash)ga bunday alohida yondashuv ko'pgina mamlakatlarda chiqindilarni boshqarish bo'yicha mavjud amaliyotni baholashda murakkabliklar tug'diradi[8].

### **1.1-§ Chiqindilarning atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta'siri. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini utilizatsiya qilishning jahon va O'zbekistondagi bugungi holati**

Bugungi sanoat jadallik bilan rivojlanayotgan davrda turli xil xom-ashyo mahsulotlari qayta ishlanib, inson ehtiyojlarini qondirish uchun ishlatilmoqda. Natijada xom-ashyoning ma'lum qismidan kerakli mahsulotga aylantirilib foydalanilayotgan bo'lsa, qolgan qismi chiqindi sifatida ochiq atmosferaga tashlanmoqda [8]. Chiqindilarni saqlash - chiqindilarni zararsizlantirish yoki ulardan foydalanish maqsadida olib tashlanguncha ularni belgilangan qoidalar va shartlarga muvofiq vaqtincha saqlash joyi.

Chiqindilarni tozalash va yo'q qilishning atrof-muhitga jiddiy ta'siri ishlab chiqarilgan chiqindilar hajmi, uning tarkibi, chiqindixonalarga tashlanadigan

chiqindilar miqdori va chiqindilarni qayta ishlash stantsiyalaridagi standartlarga bog'liq. Chiqindilarni boshqarish jarayonining kelajakdagi ta'siri ushbu omillarning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Bugungi kunda chiqindilarni yakuniy qayta ishlash, asosan uni chiqindi poligonlariga tashlash yoki yoqib yuborishni anglatadi va bu ikki xil usul har xil bo'lishiga qaramasdan har ikkala holatda ham atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Qattiq chiqindilarni chiqindi to'plash poligonlariga tashlash ekologiyaga salbiy ta'sir ko'rsatadigan issiqxona gazlari va karbonat angidrid gazidan 23 barobar kuchli bo'lgan metan(issiqxona gazi) ajralib chiqishiga olib keladi [9, 10]. Shuningdek, chiqindilarni poligonlarda saqlashning katta yer maydonini egallashi natijasida bo'sh yer uchastkalarini yo'qligi bilan bog'liq holda yangi chiqindi to'plash poligonlarini tashkillashtirishning murakkabligi, maishiy chiqindilarni tashish uchun ma'lum miqdordagi xarajatlarning zarurligi, maishiy chiqindilar tarkibidagi qimmatbaho komponentlarning yo'qotilishi yer osti suvlari va atmosfera havosining ifloslanishi, yoqimsiz hidlarning tarqalishi, yong'in xavfining paydo bo'lishi va infeksiyalarning keng tarqalishi va boshqalar kabi ekologik jihatdan xavfliligi sezilarli kamchiligi hisoblanadi [11].

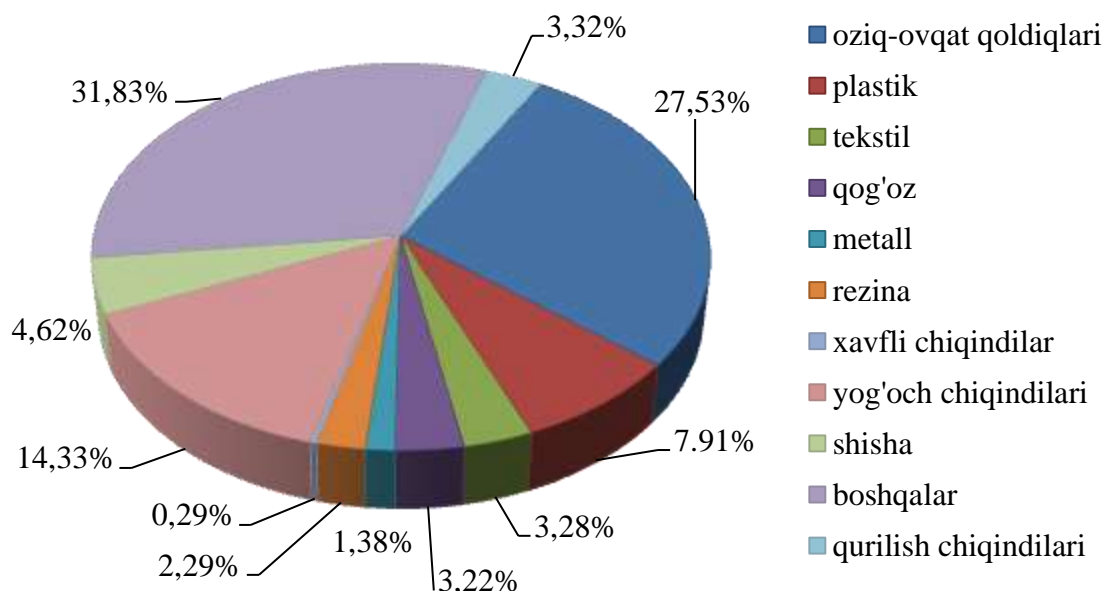
Chiqindilarni yoqish ularni yoqib yuboradigan zavodlarning quvurlaridan tarkibida kadmiy, simob va qo'rg'oshin kabi xavfli kimyoviy moddalar mavjud gazlar chiqishiga olib keladi. Ajralib chiqqan og'ir metallarning issiq qonli organizmlar(inson, hayvonot olami)ga toksik ta'siri bugungi kunda olimlar tomonidan yetarlicha o'rganilgan. Ma'lumki, ular tanaga kirganda, gematopoez funktsiyasiga, periferik qonning morfologik tarkibi o'zgarishiga, sulfidrilil guruhini blokirovka qilishi, kanserogen(rak kasalliklarini yuzaga keltiruvchi modda yoki sharoit), irsiy va boshqa uzoq muddatli biologik ta'sirlarning rivojlanishiga ta'sir qilib buning oqibatida inson salomatligiga jiddiy xavf tug'dirishi mumkin. Bundan tashqari, chiqindi poligonlaridan atrof muhitga metan, kislorod, karbonat angidrid kabi gazlarning ajralib chiqishi ham ekologiyaga sezilarli darajada salbiy ta'sir qiladi [12]. Ushbu qiymatlarning sanitariya me'yorlaridan oshib ketishi inson nafas yo'llarining siqilishi(bo'g'ilish)ni keltirib

chiqarishi mumkin. Chiqindilar tarkibidagi poligrafiya materialining biokimyoviy parchalanishi va kimyoviy oksidlanishi 75 °C gacha haroratdagi issiqlik hosil bo'lishiga hamda buning natijasida chiqindilarning o'z-o'zidan yonishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, qattiq chiqindilarni poligonga joylashtirishning barcha jihatlarini o'rgangan turli xil mualliflarning ish natijalariga ko'ra, nafaqat katta maydonlarda tuproqning kuchli ifloslanishi, balki 20 m dan ortiq chuqurlikdagi yer osti suvlari va tuproqlarning ifloslanishi qayd etilgan [12]. Bundan tashqari qattiq chiqindi materiallari tarkibidagi organik chiqindilarning chirishi natijasida hosil bo'ladigan qo'lansa hidning 1 km dan ko'proq masofaga tarqalishi poligon atrofida yashovchi aholiga o'zining salbiy ta'sirini ko'rsatmasdan qolmaydi va bu ushbu poligonlarni aholi yashash hududlaridan ancha olisga joylashtirish yoki bo'lmasa chiqindilarni qayta ishlab foydali mahsulotga aylantirish kerakligini anglatadi.

O'zbekiston Markaziy Osiyodagi eng ko'p aholi soni (2022-yil 1-aprel holatiga ko'ra 35,4 mln.kishi)ga ega mamlakat hisoblanadi. Shu sababli, yurtimizda hosil bo'ladigan chiqindilarning umumiy miqdori ham Markaziy Osiyodagi boshqa davlatlarnikidan farqli ravishda sezilarli darajada yuqori. O'zbekiston Respublikasi Statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, respublikada yiliga 35 mln. m<sup>3</sup> qattiq chiqindi hosil bo'ladi. Ushbu chiqindining har million tonnasi 360 ming tonna oziq-ovqat chiqindilari, 160 ming tonna qog'oz va karton, 55 ming tonnagacha tekstil, 45 ming tonnagacha plastmassa chiqindilari hamda boshqa ko'plab qimmatli komponentlardan tarkib topgan. Bundan tashqari hozirgi paytgacha shunchaki chiqindixonalarga tashlanayotgan yillik 100 mln. tonna sanoat chiqindilari ham utilizatsiya qilishni talab qiladi. Bugungi kunda yurtimizda 2 mlrd. tonna chiqindi to'planib qolgan [13, 14, 15,16].

Bizga ma'lumki, chiqindi tarkibi hududning joylashgan geografik o'rni va uning o'zgaruvchan iqlim sharoiti hamda hudud aholisining hayot tarzi va boshqa shu kabi sabablar bilan bevosita bog'liq hisoblanadi [17, 18, 19]. Masalan, 2017-2018-yillar davomida o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra O'zbekiston Respublikasidagi chiqindilar tarkibi quyidagicha ko'rinish olgan: oziq-ovqat

qoldiqlari, plastik, tekstil, qog‘oz, yog‘och qoldiqlari, rezina, shisha, metall, xavfli maishiy chiqindilar, qurilish chiqindilari va boshqa turdagi chiqindilar. Quyidagi 1-rasmda 2017-2018-yillarda yurtimizdagi qattiq maishiy chiqindining tarkibiy tuzilishi keltirilgan.

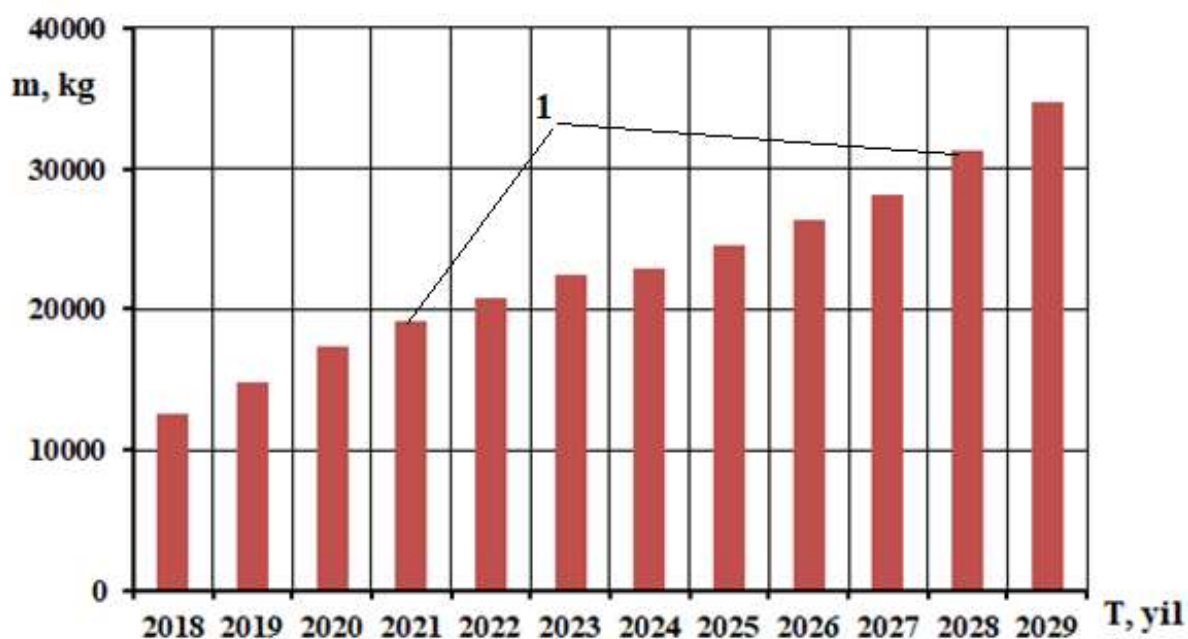


**1-rasm. 2017-2018-yillarda O‘zbekistondagi chiqindi tarkibi**

Makroiqtisodiyot va prognozlash instituti ma’lumotlariga ko‘ra aholi sonining o‘shish prognozi keyingi 10 yil ichida qattiq chiqindilar paydo bo‘lishini bashorat qilishda eng muhim omil hisoblanadi. Qattiq chiqindilarni yig‘ish bo‘yicha xizmatlarni qamrab olishning kelajakdagi koeffitsientini, ijtimoiy-iqtisodiy o‘zgarishlarni va boshqalarni hisobga olgan holda, qattiq chiqindilar hosil bo‘lishining past, o‘rta hamda yuqori senariylari bo‘yicha prognoz tuzildi. Ushbu prognoz natijalariga muvofiq 2029-yilga borib o‘rtacha senariy bo‘yicha kuniga 34,7 ming tonna maishiy chiqindilar hosil bo‘lishi tahmin qilinmoqda (2- rasm)

Respublikamizda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha yirik islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, mustaqillik yillarida ushbu yo‘nalish bo‘yicha zamonaviy mustahkam normativ-huquqiy bazasi ishlab chiqildi. Mamlakatimizda atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiatdan foydalanish sohasiga taalluqli 30 ga yaqin qonunlar hamda 200 dan ortiq

qonun osti hujjatlar qabul qilingan. Shuningdek, bugungi kunda jamiyatimizning rivojlanishi bilan bog‘liq bo‘lgan ekologik muammolardan biri chiqindilar mauammosi bo‘lib, ularning atrof-muhitni ifloslantirishi natijasida tabiatga, jismoniy hamda yuridik shaxslarning mol-mulklariga, fuqarolar hayoti va sog‘lig‘iga xavf tug‘dirmoqda. Shuning uchun hosil bo‘layotgan chiqindilarni to‘plash, tashish, ularni saqlash, ko‘mish, yo‘q qilish, turlarga ajratish va qayta ishlash masalalari muhim vazifalardan biri hisoblanadi [20].



1-kunlik chiqindi hosil bo‘lish miqdori

## 2-rasm. O‘zbekistonda chiqindilarning shakllanish prognozi

Respublikada chiqindilar bilan bog‘liq munosabatlarni amalga oshirish sohasini tartibga solish va chiqindilarni boshqarishga oid davlat siyosatini yuritish maqsadida 2002 yil 5-aprelda “Chiqindilar to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuni [5] qabul qilingan. Chiqindilarning fuqarolar hayoti va sog‘lig‘iga, atrof-muhitga zararli ta‘sirining oldini olish hamda chiqindilar vujudga kelishini kamaytirish qonunning asosiy vazifalari hisoblanadi. Bundan tashqari, qattiq va suyuq maishiy chiqindilarni to‘plash hamda ularni olib chiqib ketish xizmatlarini ko‘rsatish qoidalari O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 15-iyuldagi 194-son qarori [6] bilan tasdiqlangan. Shu bilan bir qatorda

respublikada chiqindilar bilan bog'liq munosabatlar O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligida 2014-yil 12-noyabrda 2625-son bilan ro'yxatga olingan "O'zkommunxizmat" agentligi bosh direktorining 2014-yil 16-oktyabrdagi 104-son buyrug'i bilan tasdiqlangan maishiy chiqindilarni tashish qoidalari va boshqa bir qator qonun osti hujjatlari bilan tartibga solingan [21].

Shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-sonli "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida" gi qarori[7]ga muvofiq, maishiy chiqindilarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish, infratuzilma va xizmatlarni rivojlantirish, respublikada ekologik vaziyat hamda chiqindilar ta'siridan atrof-muhitni himoya qilish uchun 2019-2028 yillarda O'zbekiston Respublikasida maishiy chiqindilarni boshqarish strategiyasini tasdiqladi. Ushbu strategiyaga muvofiq 2022-yildan 2025-yilgacha markaziy shaharlarda va 2025-yildan 2028-yilgacha respublikaning tuman hamda qishloq aholi punktlarida quyidagi chiqindi turlari uchun belgilangan besh xil idishlarni o'rnatish asosida qattiq chiqindilarni alohida yig'ish tizimini joriy etish rejalashtirilgan:

- qayta ishlanadigan qattiq chiqindilar (polimerlar, qog'oz, metall);
- qattiq organik chiqindilar (oziq-ovqat chiqindilari va boshqa biologik parchalanadigan materiallar);
- qayta ishlanmaydigan qattiq chiqindilar (kompozit materiallar, xom ashyo va boshqa aralash qattiq chiqindilar);
- xavfli qattiq chiqindilar (batareyalar, lyuminestsent lampalar, batareyalar, tibbiy chiqindilar va boshqalar).
- shisha idishlar uchun maxsus metall idishlar o'rnatiladi.

Atrof-muhitga zararli ta'sir ko'rsatadigan qattiq chiqindilar paydo bo'lishining oldini olish maqsadida, oxirgi yillarda qabul qilingan qarorlardan biri bu O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 21-apreldagi PQ-3730-sonli "Maishiy chiqindilarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori bo'lib, unga muvofiq 2019 yil 1 yanvardan boshlab qalinligi 40 mikrondan kam bo'lgan polimer plyonkalarni bepul tarqatish,

ishlab chiqarish va O‘zbekiston Respublikasi hududiga olib kirish ta’qiqlanadi [22].

Bugungi kunda respublikada chiqindilardan olingan ikkilamchi xom-ashyoni qayta ishlovchi 183 ta korxonalar faoliyat yuritmoqda. Shundan, 72 ta polimerni qayta ishlash korxonalari, 65 ta chiqindi qog‘ozni qayta ishlash korxonalari, 17 ta rezina va shinalarni qayta ishlash zavodlari, 6 ta shisha qoldiqlarini qayta ishlash korxonalari, 2 ta neft va to‘qimachilik mahsulotlarini qayta ishlash korxonalari, 10 ta metallni qayta ishlash zavodi va 11 ta boshqa ikkilamchi xom-ashyoni qayta ishlash zavodi. Ushbu korxonalarining umumiy quvvati yiliga 894 ming tonnani tashkil etadi.

2017 yilda respublikaning Angren, Nukus, Jizzax, Buxoro, Navoiy, Qarshi, Guliston, Termiz, Urganch kabi 9 ta shahrida maishiy chiqindilarni saralash, qayta ishlash va qayta ishlash uchun yaroqsiz materiallarni poligonlarda yo‘q qilish bilan bog‘liq klasterlar tashkil etildi. Klasterlarning umumiy qayta ishlash quvvati yiliga 1224 ming tonnani tashkil etadi [14, 15].

Yuqorida keltirilgan korxonalar tomonidan qayta ishlanadigan chiqindilarning ulushi respublikada har yili hosil bo‘ladigan chiqindilarning 10 foizidan ko‘p emas. Shu bilan birgalikda, chiqindilarning foydalanilmagan qismi hanuzgacha maishiy chiqindilarni yo‘q qilish uchun poligonlarga yuborilmoqda.

Ushbu ma’lumotlarni hisobga olgan holda, bugungi kunda maishiy chiqindilarning butun hajmini kompleks qayta ishlashga qodir bo‘lgan tuzilmani yaratish va undan maksimal foyda olish hamda qattiq chiqindilarni poligon usulidan sanoat qayta ishlashga o‘tishni ta’minlash zarur.

### **1.2-§. Qattiq chiqindilarga ishlov berish texnologiyalari tahlili**

Bugungi kunda qattiq chiqindilarni yo‘qotishda asosan, yoqish, kompostlash va yer ostiga ko‘mish kabi an’anaviy usullardan foydalaniladi. Biroq mazkur usullar bir qancha kamchiliklarga ega bo‘lib, natijada ular atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Yoqish o'tgan asr oxiridan boshlab, chiqindilar hajmini kamaytirish maqsadida keng qo'llanilayotgan termik usullardan biri hisoblanadi. Chiqindilarning bir tomondan turli tarkibiy qismga ega ekanligi va ikkinchi tomondan ularni qayta ishlash jarayonida yuqori sanitariya talablarining zarurligi utilizatsiya qilishni murakkablashtiradi. Hozirda maishiy chiqindilarning hajmi va massasini kamaytirish, markazlashgan issiqlik ta'minoti tizimida hamda elektr energiya ishlab chiqarishda foydalanish uchun yoqish orqali ulardan qo'shimcha energiya manbai sifatida foydalanilmoqda. Biroq ushbu jarayon bir qancha kamchiliklarga ega bo'lib, jumladan ularni yoqish natijasida atmosferaga zararli moddalarning ajralib chiqishi va maishiy chiqindi tarkibida mavjud qimmatli organik moddalarning yo'qolishi kabilardir [22, 24].

Shuninga ko'ra, bugungi kunda chiqindilarni energiya yoki qimmatli mahsulotga aylantirib foydalanishda gazlashtirish va piroliz kabi yangi texnologiyalar chiqindilarni boshqarish sohasida ommaviylashib bormoqda.

Gaz olish texnologiyasi xom-ashyo tarkibi va reaktor turiga bog'liq bo'lib, jarayon 800–1200 °C haroratda sodir bo'ladi [9]. Biroq ushbu jarayon natijasida olingan gazlarni (vodorod, sintez gaz, uglerod oksidi, metan) tozalash murakkab jarayon hisoblanib, ularni tashish yuqori sarf-xarajatlarni talab qiladi [25]. Shuningdek, quyida keltirilgan bir nechta sabablarga ko'ra jarayon chiqindilar hajmi va miqdorini kamaytirishda samarali usullardan biri hisoblanadi [26]:

- chiqindilarni yo'qotishning an'anaviy usullariga qaraganda katta miqdordagi chiqindilarni kam vaqtda qayta ishlash imkoniyatining mavjudligi;
- chiqindilarni to'plash va ko'mish uchun talab etiladigan katta hududlarni kamaytirish mumkinligi;
- tuproq va yer osti suvlariga zarar yetkazishi mumkin bo'lgan xavfli chiqindilarni yo'qotishda eng maqbul usullardan biri ekanligi;
- chiqindi yoqish pechlari va yonish kameralariga alternativ sifatida qo'llash imkoniyatining mavjudligi.

Gazifikatordan olingan gazning yuqori issiqlik qiymatiga egaligi uning boshqa biogaz qurilmalaridan olingan gazdan ustunligidir. Bugungi kungacha gaz

olish usulini yaxshi tushunish va o'rganish maqsadida ko'pgina amaliy tajribalar, matematik modellashtirishlar hamda izlanishlar o'tkazilgan [27, 28]. Yuqori molekulyar uglevodorodlarning kondensatsiyalashgan aralashmasidan iborat bo'lgan saqich(smola) gazlashtirish jarayonida hosil bo'lib, u gaz reaktorining zararlanishi, korroziyasi va bekilib qolishiga olib kelishi mumkin bo'lgan asosiy muammo hisoblanadi [9]. Ushbu muammoni hal etishda fizik [29], kimyoviy [30, 31] kabi bir qancha usullardan foydalanilmoqda. Shuningdek, saqich hosil bo'lishini kamaytirish bilan birga vodorod chiqishini oshirish maqsadida so'nggi vaqtlarda bug'li gazlashtirish usuli keng qo'llanilmoqda [32].

Piroliz bu termokimyoviy parchalanish jarayoni bo'lib, harorat 300 dan 650 °C gacha oraliqda sodir bo'ladi. Piroliz natijasida biomassa kislorodsiz muhitda parchalanadi va suyuq, qattiq hamda gaz ko'rinishidagi uch xil mahsulotga aylanadi [33, 34, 35]. Ushbu jarayonning bugungi kunda boshqa termokimyoviy jarayonlar(yoqish, gazlashtirish)ga nisbatan kengroq qo'llanilishining sabablaridan biri ham yuqorida keltirilgan uch turdagi ikkilamchi mahsulot olish imkoniyatining mavjudligidir. Biomassa xususiyati, termokimyoviy jarayondagi harorat va yonish tezligi kabi bir qancha parametrlar piroliz natijasida olinadigan ikkilamchi mahsulot hajmi va kimyoviy tarkibiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [9, 19].

Piroliz odatda materialni/moddani, uning parchalanish haroratidan yuqori haroratda qizdirishdan, uning molekulalaridagi kimyoviy bog'lanishlarni parchalashdan iborat. Parchalangan qismlar odatda kichikroq molekulalarga aylanadi, ammo yuqori molekulyar massali qoldiqlarni, hatto amorf kovalent qattiq moddalarni hosil qilish uchun birlashishi mumkin.

Ko'pgina sharoitlarda ba'zi miqdorda kislorod, suv yoki boshqa moddalar mavjud bo'lishi mumkin, shuning uchun pirolizdan tashqari yonish, gidroliz yoki boshqa kimyoviy jarayonlar sodir bo'lishi mumkin. Ba'zida bu kimyoviy moddalar, masalan, o'tin yoqishda, ko'mirni an'anaviy ishlab chiqarishda va qayta ishlanmagan neftni bug'li parchalash qo'shilishi mumkin. Aksincha, kimyoviy nojo'ya reaksiyalarni (masalan, yonish yoki gidroliz) oldini olish uchun

boshlang'ich material vakuumda yoki inert atmosferada qizdirilishi mumkin. Vakuumdagi piroliz, shuningdek, yon mahsulotlarning qaynash nuqtasini pasaytiradi, ularning tiklanishini yaxshilaydi.

Organik moddalar reaktorlarda yuqori haroratlarda qizdirilganda, odatda ketma-ket yoki birvarakayiga quyidagi jarayonlar sodir bo'ladi:

- tahminan 100°C dan past bo'lsa, uchuvchi moddalar, shu jumladan bir oz suv bug'lanadi. C vitamini va oqsillar kabi issiqlikka sezgir moddalar bu bosqichda qisman o'zgarishi yoki parchalanishi mumkin.

- tahminan 100°C yoki biroz yuqoriroq haroratda, materialga singib ketgan qolgan suv chiqib ketadi (bug'lanadi). Bu jarayon ko'p energiya tala qilganligi sabab barcha suv bug'lanib ketmaguncha harorat ko'tarilmasligi mumkin. Gidratlarning kristall pajaralarida saqlanib qolgan suv biroz yuqoriroq haroratda chiqib ketishi mumkin.

- yog'lar, mumlar va shakar kabi ba'zi qattiq moddalar erishi va ajralishi mumkin.

- 100 dan 500 °C gacha bo'lgan haroratda ko'plab odatiy organik molekulalar parchalanadi. Ko'pgina shakarlar 160-180 °C da parchalana boshlaydi. Yog'och, qog'oz va paxta matolarining asosiy tarkibiy qismi bo'lgan sellyuloza taxminan 350°C da parchalanadi. Yog'ochning yana bir asosiy komponenti bo'lgan lignin taxminan 350 °C haroratda parchalana boshlaydi, lekin 500 °C gacha uchuvchi mahsulotlarni chiqarishda davom etadi. Piroliz jarayonin natijasidagi parchalanish mahsulotlari odatda suv, karbon monoksid (CO) va/yoki karbonat anhidrid (CO<sub>2</sub>), shuningdek, ko'p miqdordagi organik birikmalarni o'z ichiga oladi. Gazlar va uchuvchi mahsulotlar namunani/moddani/dan tark etadi/chiqib ketadi va ularning ba'zilari yana tutun sifatida kondensatsiyalanishi mumkin. Umuman olganda, bu jarayon ham energiya talab qiladi. Ba'zi uchuvchi moddalar alanganishi va yonishi mumkin. Bu esa ko'rinadigan alanga - olov hosil qiladi. Uchuvchan bo'lmagan qoldiqlar odatda uglerodga boy bo'ladi va katta tartibsiz molekulalarni hosil qiladi. Ularning ranglari jigarrang, qora va ularning orasidagi ranglar bo'ladi.

Ayni shu holdagi materiya/modda “ko‘mirlangan” yoki “karbonlangan” deb aytiladi.

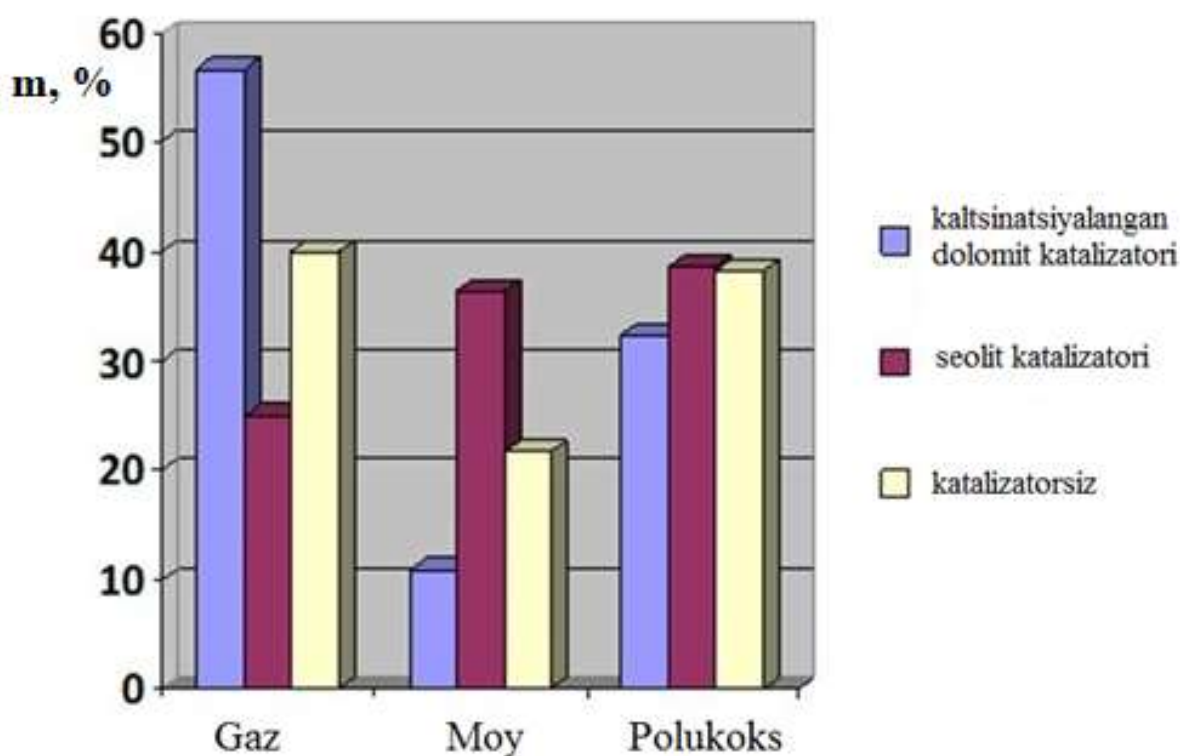
- 200-300 °C haroratda, agar kislorod to‘liq chiqarib tashlanmagan bo‘lsa, uglerod qoldig‘i yuqori ekzotermik reaksiyada, ko‘pincha ko‘rinmaydigan alangasiz yoki kam ko‘rinadigan olov bilan yonishni boshlashi mumkin. Uglerodning yonishi boshlanganidan so‘ng, harorat o‘z-o‘zidan ko‘tarilib, modda qoldig‘ini porlab turgan cho‘g‘ga aylantiradi. Natijada, karbonat angidrid va/yoki monoksitni chiqaradi. Bu bosqichda moddada qolgan azotning bir qismi NO<sub>2</sub> va N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kabi azot oksidlariga aylanishi mumkin. Oltinugurt, xlor va mishyak kabi boshqa elementlar bu bosqichda oksidlanishi va uchuvchan bo‘lishi/gaz holatida moddadan chiqishi mumkin.

- uglerodli qoldiqning yonishi tugallangandan so‘ng, yuqori erish nuqtasiga ega noorganik oksidlangan materiallardan tashkil topgan chang yoki qattiq mineral qoldiq (kul) ko‘pincha qoladi. Kulning bir qismi yonish paytida qolib ketgan bo‘lishi mumkin, bu gazlar tomonidan uchuvchi kul yoki zarracha chiqindilari sifatida yutilishi mumkin. Asl moddada mavjud bo‘lgan metallar odatda kulda oksidlar yoki karbonatlar, masalan, kaliy kabi qoladi. Suyak, fosfolipidlar va nuklein kislotalar kabi materiallardan fosfor odatda fosfatlar sifatida qoladi.

Piroliz jarayoni yonish tezligiga qarab, sekin va tezkor pirolizga bo‘linadi. Piroliz jarayonining tezkor turi juda qisqa vaqt (bir necha sekund)da sodir bo‘lib, asosan bioyoqilg‘i va gaz kabi energetik mahsulotlar olinadi. Sekin piroliz esa tezkorga nisbatan ko‘proq vaqt (bir necha daqiqa va undan ko‘proq) talab qilishi bilan birga bittagina ikkilamchi mahsulot (bioko‘mir)ning olish imkoniyati mavjudligi bilan farqlanadi. Bundan tashqari bugungi kunda *chaqnash* deb nomlanuvchi yuqori yonish tezligiga ega piroliz jarayoni laboratoriya sharoitlarida maishiy chiqindilardan olingan qattiq yoqilg‘idan sintez gaz ishlab chiqarishda muvaffaqiyatli qo‘llanib kelinmoqda [36]. Mikroto‘lqinli piroliz piroliz jarayonining yana bir yangi turi hisoblanib, jarayonda xom-ashyo yonishi uchun berilayotgan issiqlik mikroto‘lqinlar orqali uning markazigacha yuborilishi sababli xom-ashyoni maydalash zaruriyatini tug‘dirmaydi. Nisbatan yonish vaqtining

qisqaligi, xom-ashyoning bir tekisda yonishi, uchuvchan mahsulotning yuqori issiqlik qiymatiga egaligi [37] va dastlabki xom-ashyoni maydalash zaruriyati yoʻqligi hisobiga qoʻshimcha xarajatlarni talab etmasligi mikrotoʻlqinli pirolizning asosiy afzalliklari hisoblanadi [19].

Biroq piroliz(gazlashtirish) natijasida olingan gazdan toʻgʻridan-toʻgʻri foydalanish imkoniyatini pasaytiradigan sabablar sifatida uning tarkibida metan va boshqa organik birikmalarning mavjudligini keltirish mumkin [38]. Mazkur kamchiliklarni bartaraf etish va jarayon natijasida olinadigan mahsulot miqdorini oshirish maqsadida koʻpgina olimlar turli katalizatorlarni ishlab chiqish ustida ilmiy-amaliy tajribalar olib borishmoqda.



**3-rasm. Mahsulotlar(gaz, moy, polukoks) hajmini solishtirish diagrammasi[10]**

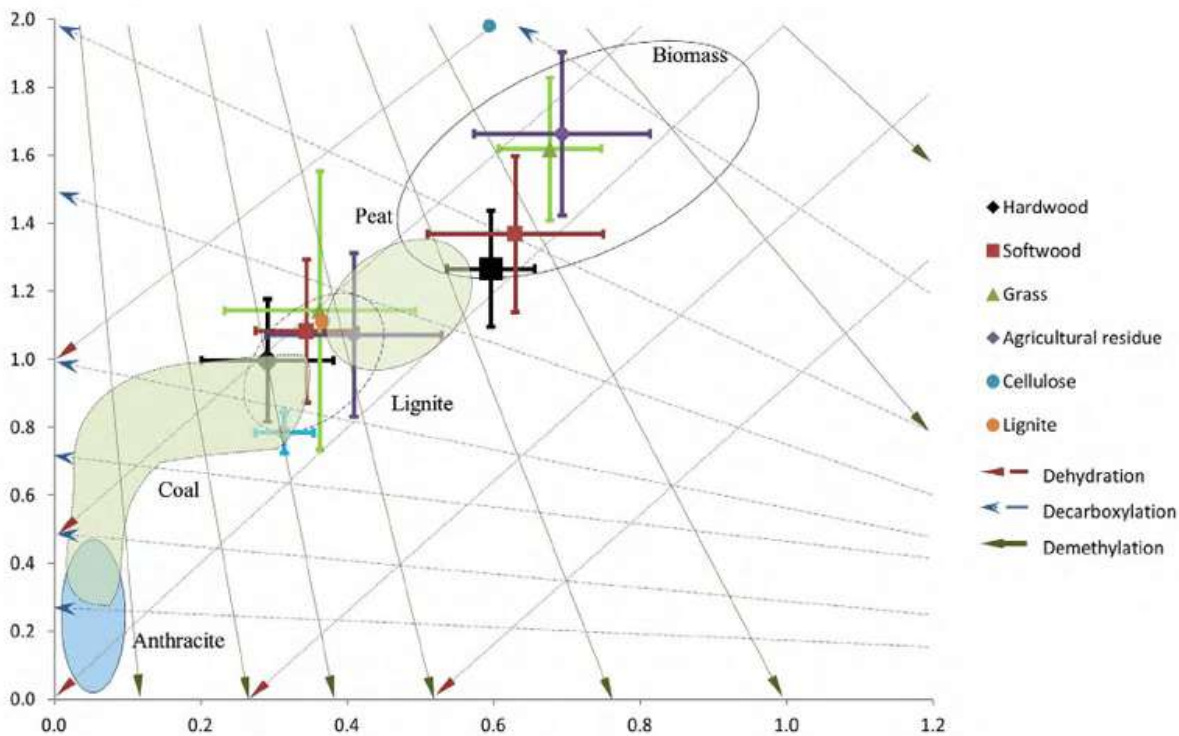
Jumladan, O.Tursunov [10] kaltsinatsiyalangan dolomit va seoliddan katalizator sifatida foydalanib, maishiy chiqindilarni piroliz/gazlashtirish jarayonida ulardan olinadigan gaz miqdoriga taʼsirini oʻrgangan. Tajribalar 200–750 °C harorat oraligʻida olib borilgan va natijada hosil boʻlgan gaz miqdori 49–57

mol % ni tashkil etgan. Olib borilgan tajribalar natijasida katalizator sifatida kaltsinatsiyalangan dolomitni qo'llash jarayon natijasida hosil bo'ladigan gaz miqdoriga va tarkibiga sezilarli ta'sir qilishi kuzatilgan. Bundan tashqari bioyoqilg'i hosil bo'lishi seolitga nisbatan sezilarli darajada pastligi qayd etilgan bo'lsada, ushbu katalizatoridan foydalanilganda gazning hosil bo'lishi ortgan. O.Tursunov [10] o'z tajribasida qo'llagan katalizatorlar natijasida olingan mahsulot hajmining solishtirma diagrammasi yuqoridagi 3-rasmda keltirilgan.

Binobarin, katalizatorlarni qo'llash uchun ular quyidagi afzalliklarga ega bo'lishi kerak:

- gudronlarni yo'qotishda samarali;
- agar olinadigan mahsulot sintez gaz bo'lsa, katalizator metanni o'zgartirish qobiliyatiga ega bo'lishi;
- rejalashtirilgan jarayon uchun sintez gazning munosib nisbatini ta'minlash xususiyatiga ega bo'lishi;
- katalizatorlar uglerod qizdirishi va ifloslantirishini bartaraf etishda barqaror bo'lishi zrrur;
- katalizatorlar oson tiklanishi, kuchli va asosiysi arzon bo'lishi shart.

Gidrotermal karbonizatsiya ham termokimyoviy jarayon bo'lib, 180 °C dan 280 °C gacha harorat oralig'ida bir necha daqiqadan bir necha soatgacha bo'lgan vaqtda sodir bo'ladi [39]. Mazkur jarayon yoqish, gazlashtirish va piroliz kabi boshqa termokimyoviy konversion jarayonlarga qaraganda past haroratda ishlashi mumkin hamda reaksiya muhiti sifatida suvning qo'llanilishi biomassani dastlabki quritish jarayoni shart emasligini anglatadi [40, 41]. Shunga ko'ra, ushbu jarayonda asosan, nam biomassa, qishloq xo'jaligi va maishiy chiqindilarga yuqori haroratdagi qaynoq siqilgan suvda ishlov beriladi. 1958-yili Leybnits gidrotermal ishlov berishda H<sub>2</sub>O (bug' yoki suv)dan foydalanish kerakligini ko'rsatdi [42]. Van Krevelen diagrammasidan foydalangan holda gidrotermal karbonizatsiya jarayoniga vaqt va harorat ta'sirini tasvirlash mumkin. Bundan tashqari, ushbu diagrammadan qattiq yoqilg'i (uglevodorod)ning energetik sifati(ko'rsatkichi)ni baholashda ham foydalanish mumkin. Ushbu diagramma 4-rasmda keltirilgan [43].



**4-rasm. Turli xom-ashyolar qattiq yoqilg'ilarining asosiy reaksiya chiziqlari (Van Krevelen diagrammasi) [43]**

Termokimyoviy jarayonlar orasida gidrotermal ishlov berishning afzalligi nisbatan kichik haroratda biomassani qattiq moddaga aylantirishda yuqori samaradorlikka ega ekanligidir [40]. Gidrotermal karbonizatsiya jarayoni natijasida qattiq gidrokarbonat(gidroko'mir), suyuq fraksiya va kam miqdorda gaz hosil bo'ladi [41]. Gidrotermal karbonizatsiya natijasida olinadigan asosiy mahsulot gidroko'mir deb nomlanadi va uni ko'mir elektrostansiyalarida ko'mir o'rniga qo'llash mumkin. Bundan tashqari gidroko'mir tarkibida ko'p miqdorda barqaror uglerod va boshqa ozuqa moddalarining mavjudligi uni tuproqni o'g'itlashda zaruriy qo'shimcha sifatida foydalanish imkonini beradi. Natijada yerning hosildorligi ortishi mumkin [43]. Gidroko'mir boshlang'ich xom-ashyoga qaraganda o'zining massasiga nisbatan yuqori energiya zichligiga ega. Ya'ni, qattiq maishiy chiqindi, oziq-ovqat qoldiqlari va qushlar axlatining energiya hamda massaning o'zaro nisbati 14 – 18,1 MJ/kg bo'lsa, ulardan olingan gidroko'mirda ushbu nisbat 20 – 29,1 MJ/kg ga teng [44].

Gidrotermal karbonizatsiya jarayonida kokos va guruch qipig'i [41], qushlar axlati [45], kokos tolasi va evkalipt yaprog'i kabi biomassa chiqindilari [40] hamda inson najasi [39] kabi xom-ashyolardan foydalanib bir qancha ilmiy-tadqiqot ishlari o'tkazilgan. Masalan, R.Spitzer va hammualliflar [39] gidrotermal karbonizatsiya jarayonida xom-ashyo sifatida inson najasidan foydalanishgan. Ular ushbu jarayonni uch xil harorat (180, 200, 210 °C) va uch xil reaksiya vaqti (30, 60, 120 min.)da o'tkazishgan. Tadqiqot natijalari xom-ashyo miqdori ortishi bilan gidrokar hosildorligi 69 dan 56 % ga pasayganligi va bu payda energetik (yuqori issiqlik) qiymati 24,7 dan 27,6 MJ/kg ga ortganligini ko'rsatdi. Mazkur natijalar asosida ular ozuqa moddalaridan takroriy foydalanib, energiya tiklovchi yopiq siklda gidrotermal karbonizatsiya yordamida ishlov berish sanitariya va energetika muammosini yechishda barqaror natija beradi degan xulosaga kelishdi.

Binobarin, nisbatan qisqa vaqtda ishlov berish imkoniyati; mahsulotlarni sterizatsiyalash; farmasevtik dori-darmonlar va endokrin yemiruvchi moddalar kabi mikro ifloslantiruvchilarni sezilarli yo'qotish mumkinligi kabi afzalliklari ushbu jarayonni chiqindilarga ishlov berishning muqobil yechimi sifatida qarash imkonini beradi [39]. Bundan tashqari, u energiya samarador texnologiya hisoblanadi [46, 47].

Bugungi kunda maishiy chiqindilarni qayta ishlash sohasida ma'lum bo'lgan yoqish, kompostlash, piroliz/gazlashtirish [8, 48] va yuqorida keltirilgan gidrotermal karbonizatsiya kabi texnologiyalar bir qancha afzalliklar bilan bir qatorda ma'lum kamchiliklarga ham ega. Bizga ma'lumki, chiqindilar organik (ozuq-ovqat, o'simlik qoldiqlari va boshqalar) va noorganik (tekstil, shisha, metall va boshqalar) bo'lish bilan bir qatorda uning tarkibida tibbiyot chiqindilari, polixlor bifenil (PXD), o'qotar qurol o'q-dorilari, ko'mir qoldiqlari, termobatareyalar hamda past darajadagi radioaktiv modda qoldiqlari kabi xavfli chiqindilar mavjud [49]. Hozirgi paytda nisbatan yangi texnologiya deya ta'riflanayotgan plazma texnologiyasi o'zining har qanday kimyoviy birikmalarni bug'lantirish va chiqindi turini mayda elementar zarracha darajasida parchalash kabi xususiyatlarga ega ekanligi yuqorida keltirilgan chiqindi turlarini ham qayta

ishlash hamda ikkilamchi xom-ashyo sifatida foydalanish imkonini beradi [24, 49]. Shuning uchun ham hozirgi paytda dunyo olimlari ushbu texnologiyani rivojlantirish va yangi bosqichga olib chiqish ustida bir qator ilmiy hamda amaliy ishlar olib borishmoqda. Quyida ushbu texnologiyadan maishiy chiqindilarni qayta ishlash sohasida olib borilgan bir qator ilmiy ishlarga qisqacha to'xtalib o'tamiz.

Plazma erkin elektronlar, ionlar va neytral qismlardan tarkib topgan materiyaning qattiq, suyuq hamda gazsimon holatidan keyingi to'rtinchi shakli hisoblanib [8, 18, 48, 50, 51], tabiatda quyosh sirtida va chaqmoqda uchratish mumkin [24]. B.Ruj va S.Ghosh [18] da ta'kidlanganidek, plazma termal, sovuq va issiq(oralik) turlarga bo'linadi. Ushbu plazma turlari orasida termal plazma o'zining yuqori energiya zichligi va qayta ishlanayotgan material(masalan, maishiy chiqindilar)ni yuqori haroratda qizdirish, eritish hamda ba'zi hollarda bug'lantirish xususiyatlari bilan ajralib turadi. Chiqindilarni qayta ishlashda qo'llaniladigan termal plazma  $10^5$  A li doimiy tok elektr razryadlari, o'zgaruvchan tok yoki o'tkinchi elektr yoyi(lampalar, avtomat o'chirgichlar yoki impuls elektr yoyi) va atmosfera bosimi ostida yuqori hamda o'ta yuqori chastotali elektr razryadlari yordamida hosil qilinadi [51].

Shu o'rinda plazma hosil qilish jarayoni va chiqindilarni utilizatsiya qilishda foydalaniladigan plazma reaktorining tuzilishi hamda ishlash prinsipiga biroz to'xtalib o'tsak. Plazma reaktorlarida joylashgan elektrodlanga generator yordamida katta ( $10^5$  A) tok beriladi va buning oqibatida reaktor ichidagi gaz(havo, par, kislorod)li muhitda elektrodlar orasidagi ma'lum masofa hisobiga elektr teshilishi deb nomlanuvchi jarayon sodir bo'ladi [51]. Elektrodlar orqali o'tayotgan katta tok metall elektrodlangarning elektr qarshiligi tufayli qiziydi va yuqorida ta'kidlanganidek, qattiq chiqindilarni elementar zarra darajasigacha parchalash xususiyatiga ega 5000-8000 F (2760-4427 °C)ga teng issiqlik ajralib chiqadi [49]. Maishiy chiqindilarni qayta ishlovchi plazma qurilmalari reaktordan tashqari chiqindilarni reaktorga yetkazish(tashish) tizimi, qayta ishlash kamerasi, qattiq qoldiqlarni qayta ishlash va yo'qotish tizimi, gazlarni boshqarish tizimi,

operatsion nazorat, ma'lumotlarni yig'ish hamda monitoring kabi bir necha tizimlardan tashkil topgan [51].

Chiqindilarni utilizatsiya qilishda foydalanib kelinayotgan plazma qurilmalari [48]da keltirilganidek, 2 xil konfiguratsiya(tuzilish)ga ega, ya'ni birinchi holatda gazli muhitda plazmaga aylanuvchi elektr yoyi garelka tanasida hosil qilinadi. Ikkinchi holatda esa qattiq maishiy chiqindi anod sifatida foydalaniladigan elektr yerlangan metall idish ichiga joylashtiriladi va unga ta'sir qiluvchi material elektr o'tkazuvchi xususiyatga ega bo'lishi kerak [52].

Demak, plazma reaktorining ishlash prinsipi quyidagicha: dastlabki xom-ashyoning hajmini kamaytirish qimmatli xom-ashyoni saralash maqsadida dastlabki qayta ishlovdan o'tkaziladi va shundan so'ng chiqindilar kislorodli hamda yuqori haroratli muhitda ishlovchi plazma reaktoriga yuboriladi. Ushbu muhitda organik chiqindilar 95-99 %gacha konversiyaga uchrab, yuqori sifatli sintez gazga [18, 53, 54] va parchalanmagan noorganik chiqindilar o'z xususiyatini o'zgartirgan holda, ya'ni qattiq jism suyuqlik holatida reaktordan chiqib ketadi hamda oxir-oqibat qurilishda qo'llash mumkin bo'lgan sifatli va bezarar qotishmaga aylanadi. Hosil bo'lgan 1273-1473 K haroratli sintez gaz issiqlik almashinuvchi tizim orqali tahminan 673 K gacha sovutiladi. Sovutish jarayonida ushbu issiqlik bug' qozonlaridagi suvni qaynatishga va hosil bo'lgan bug' bosimi yordamida bug' generatorlari orqali elektr energiya olishda foydalaniladi [48, 54]. Olingan energiya asosan plazma generatorlarini elektr energiya bilan ta'minlashda foydalaniladi. Chunki [24, 48, 51, 54] kabi ko'pgina adabiyotlarda ta'kidlanganidek, ushbu texnologiyaning eng katta kamchiligi elektr yoyi hosil qilishda talab qilinadigan katta miqdordagi elektr energiya hisoblanadi. Shu bilan birgalikda ushbu texnologiyaning asosiy kamchiligidan biri katta miqdordagi dastlabki investitsiya talab qilishidir [8].

Har qanday texnika va texnologiya o'zining afzallik hamda kamchiliklariga ega bo'lganidek, ushbu texnologiya ham quyidagi afzalliklarga ega:

- termoplazma odatiy chiqindilardan tashqari past darajadagi radioaktiv moddalar, tibbiyot chiqindilari va shu kabi xavfli chiqindilarni qayta ishlash;

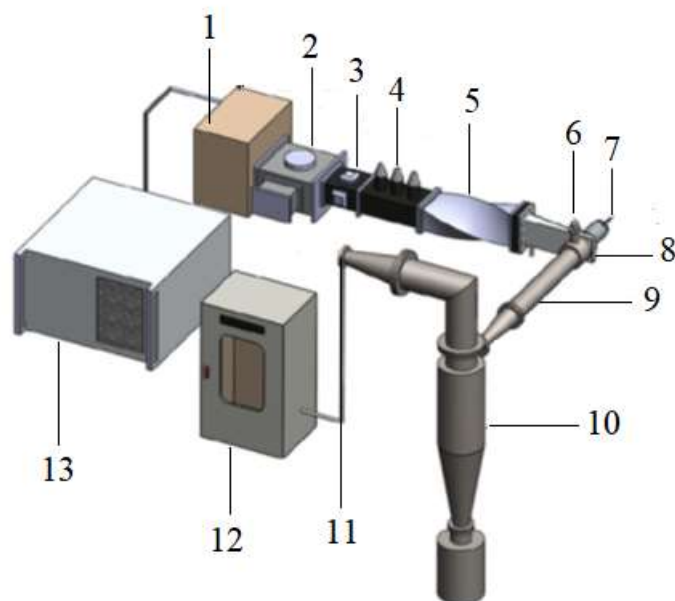
- termoplazma hosil qiladigan yuqori harorat va energiya zichligi hisobiga kichik hajmdagi reaktor yordamida ko'p miqdordagi chiqindini qayta ishlash imkoniyati;

- plazma yordamida reaktorda hosil qilingan oqimning yuqori zichligi qurilmani ishga tushirish va o'chirish vaqtlarini samarali qisqartirish imkonini berishi;

- reaktorning issiqlik manbaini hosil qilishda qo'shimcha oksidlovchi moddallarni talab qilmasligi plazma hosil qilishda zaruriy gaz miqdori hajmining kamayishiga olib keladi va bu orqali butun jarayonning ekologik toza, iqtisodiy samarador hamda jarayonni oson boshqarish imkonini beradi;

- reaktorda hosil qilinadigan yuqori harorat polimer chiqindilardagi oksidlarni so'ndirish xususiyatiga ega ekanligi[18]

Demak, yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan ma'lum bo'ldiki, yuqori haroratli termoplazmaning asosiy kamchiligi bu katta energiya talab qilishidir. Shuning uchun bugungi kunda mikroto'lqinli plazma texnologiyasi o'zining sodda tuzilishi, ixchamligi, yengil vazni, bir xilda qizdirish xususiyati, atmosfera bosimi ostida qo'llash mumkinligi va eng asosiysi kam energiya iste'moli kabi bir qancha afzalliklari hisobiga olimlar hamda ilmiy tadqiqotchilar e'tiborini o'ziga jalb qilib kelmoqda [55, 56]. Masalan, Hong va boshqalar [57] o'zlarining ilmiy-tadqiqot jarayonida qo'llagan mikroto'lqinli plazma gazlashtirishning eksperimental sxemasi quyidagi 1.5-rasmda berilgan.



1 – 2,45 GHz li magnetron; 2 – izolyator; 3 – yo‘nalishli bog‘lovchi(mufta);  
 4 – uch xalqali tyuner; 5 – buralgan to‘lqin o‘tkazgich; 6 – ko‘mir+havo kirishi;  
 7 – gazni aylantirib kiritish; 8 – dala applikator; 9 – zanglamaydigan po‘lat quvur;  
 10 – siklon; 11 – sintez gaz chiqishi; 12 – gaz analizator; 13 – elektr ta‘minot  
 manbai.

### **5-rasm. Mikroto‘lqinli plazma gazlashtirishning eksperimental sxemasi [57]**

Ko‘pgina adabiyotlarda keltirilgan ma‘lumotlarga asoslangan holda shuni aytish mumkinki, bugungi kunda maishiy chiqindilarni plazma texnologiyasi asosida qayta ishlash bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishlari asosan, ishlab chiqariluvchi mahsulot (sintez gaz) ning miqdoriga ta‘sir etuvchi parametrlar(reaktorning energiya iste‘mol quvvati, chiqindi o‘lchamlari, namlik miqdori va boshqalar) ni tadqiq etish ustida olib borilmoqda. Quyida ushbu sohada oxirgi yillarda olib borilgan ilmiy ishlar va olingan natijalarga qisqacha to‘xtalib o‘tamiz:

L.Mazzoni va hammualliflar [54] qattiq maishiy chiqindi hamda neft-gaz sanoati chiqindisi aralashmasidan plazma gazlashtirish texnologiyasi orqali energetik mahsulot olishning maqsadga muvofiqligini tekshirish maqsadida tadqiqot o‘tkazishgan. Unga ko‘ra, ikki xil chiqindi(qattiq maishiy chiqindiva neft sanoati chiqindisi) aralashmasidan mos ravishda 90:10 nisbatda olib, kunlik 1338 t chiqindi aralashmasidan 81 MVt elektr energiya olish imkoniyati mavjudligini

aniqlashdi hamda plazmali gazlashtirishni maishiy chiqindi kabi uglerodli chiqindilardan energetik mahsulot ishlab chiqarishda samarali usul sifatida qarash mumkin degan xulosaga kelishgan.

B.Hrycak va boshqalar [58], S.Yoon va boshqalar [59], W.Tu va boshqalar [60], H.Huang va boshqalar [61]larda keltirilgan ishlarda materialning sintez gazga aylanish koefitsienti plazma reaktori iste'mol qiladigan energiya miqdoriga bog'liqligi tadqiq qilingan va sintez gaz hosil bo'lishi reaktor iste'mol qiladigan quvvatga bog'liq ravishda oshib boradi degan xulosaga kelishgan. Shuningdek, chiqindilarning o'lchami unumdorlikka ta'sir etuvchi muhim parametrlardan biri ekanligini o'rganish maqsadida 200 mm dan 600 mm gacha o'lchamdagi shina qoldiqlari ustida H.Huang va boshqalar [61] tadqiqot olib borishdi va shina qoldiqlarining o'lchami ortishi bilan gazlashtirish jarayonida unumdorlik pasayishini aniqlashdi.

P.Rutberg va hammualliflar [62] 20 % namlikka ega yog'och qoldiqlariga plazma hosil qilishda qo'llanilgan turli gazlarning ta'sirini o'rganishdi va gazlashtirishda havo eng sodda hamda munosib gaz ekanligini aniqlashdi. Unga ko'ra, namlik miqdori 20 % bo'lgan 1 kg yog'och chiqindilaridan 2,16 MJ/kg energiya sarfi bilan 13,5 MJ/kg ga teng kimyoviy energiya ishlab chiqarish mumkin. Shuningdek, bunday miqdordagi energiya bilan 8,58 MJ/kg elektr energiya va 7,47 MJ/kg issiqlik energiyasini ishlab chiqarish mumkin degan xulosaga kelishgan.

M.Hlina va hammualliflar [63] o'zlarining ilmiy ishlarida yog'och, plastik va neft mahsuloti qoldiqlarini gazlashtirish jarayonini o'rganishdi. Tadqiqot jarayonida fakelning kirish quvvati 100 – 110 kW va gazlashtirish materialining umumiy sarfi o'nlab kW/soat qilib o'rnatilgan. Tadqiqot so'nggida yog'och qoldiqlari nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligi, plastik yog'och qoldiqlari natijasiga yaqinligi va neft mahsuloti qoldiqlaridan olingan natija esa eng past ko'rsatkichga ega ekanligini qayd etishgan.

### **1.3-§ Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilariga elektrotexnologik ishlov berish usullari**

V.Voxminning tadqiqot ishi [64] induksion qizdirishni qo‘llash orqali hayvon chiqindilarini bijg‘itishning energosamarador elektrotexnologiyasini ishlab chiqishga bag‘ishlangan bo‘lib, unda to‘xtovsiz ishlovchi bioenergetik qurilmalarda biomassani konvektiv-induksion qizdirish usuli taklif etilgan. Bundan tashqari tadqiqotchi bioreaktordagi hayvon chiqindilari fermentatsiya jarayoni bosqichlarining teplofizik modelini ishlab chiqqan. Ushbu model ishlab chiqarish samaradorligi va energiya sarfini kamaytirishga bevosita ta’sir ko‘rsatuvchi texnologik jarayon parametrlari hamda rejimlarini aniqlash imkonini beradi. Shuningdek, V.Voxmin nazariy va amaliy tadqiqotlari asosida issiqlik yo‘qolishlari hamda energiya sarfining sezilarli kamayishiga olib keladigan bioreactor konstruksiyasini ishlab chiqdi. Umuman olganda, V.Voxminning tadqiqot ishi bioenergetikada biomassani utilizatsiya qilishning energosamarador texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha sezilarli hissa qo‘shadi.

A.Kudryashovanning tadqiqot ishi [65] biomassani bijg‘itish jarayonida uch bosqichli metantenkning energiya samaradorligini oshirish usulini ishlab chiqish va asoslashga bag‘ishlangan bo‘lib, tadqiqot ishi teplofizik jarayonlarning kompleks analizi, modellashtirish, amaliy tadqiqotlar va texnik-iqtisodiy asoslashdan iborat. Ushbu tadqiqot ishining belgilangan bosqichlarida ma’lum ijobiy natijalarga erishilgan. Jumladan, metantenkda issiqlikning tarqalishini tavsiflovchi va qizdirish zonasidagi optimal parametrlarni aniqlash imkonini beruvchi matematik model ishlab chiqilgan. Shuningdek, o‘tkazilgan amaliy tadqiqotlar modellashtirishdan olingan analitik bog‘liqlikni tasdiqlaydi va biogaz qurilmasi uchun optimal konstruktiv parametrlarni aniqlash imkonini beradi. Bundan tashqari optimallashtirilgan qurilmaning iqtisodiy samaradorligi hisoblangan bo‘lib, u tadqiqotning amaliy ahamiyatini asoslash imkonini beradi. Xulosa qilib aytganda, A.Kudryashovanning tadqiqot ishi biomassani qayta ishlash va biogaz qurilmalarining rivojlanishida samarali xizmat qiladi.

A.Grechko [66] qattiq sanoat chiqindilarini qayta ishlashda elektrotermik usullarni qo'llashning asosiy jihatlarini o'rganishgan. Unda elektr yoyli eritish va piroliz kabi turli elektrotexnologik usullarning chiqindilarni qayta ishlashdagi afzallik hamda kamchiliklarini yoritib berishgan.

A.Mosse va boshqalar [67] qattiq chiqindilarni qayta ishlashda plazma texnologiyasini qo'llash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazishgan. Unga ko'ra, plazma texnologiyasi reaktorlarining ishlash prinsipi yoritilgan, plazmali qayta ishlashda sodir bo'ladigan kimyoviy jarayonlar tadqiq qilingan va sanoat chiqindilarini qayta ishlashda ushbu usulning samaradorligi tahlil qilingan.

Yu.Yuryev va boshqalar [68] qattiq sanoat chiqindilarini qayta ishlashning elektrokimyoviy usullarini o'rganishgan. Jumladan, mazkur tadqiqotda elektr cho'ktirish(tindirish) va elektroliz jarayonlarining chiqindilarni tozalash hamda utilizatsiya qilishda qo'llanilishi o'rganilgan. Shuningdek, elektr cho'ktirish texnologiyasini qo'llagan holda sanoat chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha S.Kapitonov va boshqalar [69], E.Pokrovskaya va boshqalar [70] ham tadqiqotlar olib borishgan hamda ijobiy natijalarga erishishgan.

M.Pimenova va boshqalar [71]ning tadqiqotlarida qattiq sanoat chiqindilarini qayta ishlashda elektr qizdirish texnologiyalarini o'rgangan bo'lib, unda elektr qizdirish uskunasi ishlash prinsipi tadqiq qilingan. Shuningdek, tadqiqotchilar ushbu usulning chiqindilarni qayta ishlashda energetik samaradorligi va kelajakdagi imkoniyatlari tahlil qilingan.

S.Smirnov va boshqalar [72] ham qattiq sanoat chiqindilarini qayta ishlashda mikroto'lqinli texnologiyani qo'llash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazishgan. Tadqiqot jarayonida mikroto'lqinli pechlar ishlash prinsipi, ularning chiqindilarni qayta ishlashdagi afzallik va kamchiliklari hamda sanoat chiqindilarini qayta ishlashdagi potentsiali tahlil qilingan.

D.Temershin va boshqalar [73] hamda A.Golovko va boshqalar [74] mos ravishda sanoat chiqindilarini qayta ishlashda elektrolitik hamda elektrofiltratsiya usullarini tahlil qilishgan. Har ikkala tadqiqot ishida o'rganilayotgan

texnologiyalarning sanoat chiqindilarini qayta ishlashdagi energetik va iqtisodiy samaradorligi hamda ekologik xavfsizlik jihatlari o'rganilgan.

Qattiq maishiy chiqindilarni qayta ishlashda elektroflotatsion [75], elektroforez [76] va elektrokoagulyatsiya [77] usullarini qo'llash bo'yicha bir qancha amaliy tadqiqotlar o'tkazilgan bo'lib, ularda asosan o'rganilayotgan texnologiyada foydalaniladigan qurilmaning ishlash prinsipi, ulardan chiqindilarni qayta ishlashda olinadigan energetik va iqtisodiy samaradorligi tadqiq etilgan hamda ijobiy natijalarga erishilgan.

Bugungi kunda qattiq maishiy chiqindilarni qayta ishlashda elektrotexnologik usullardan foydalanish bo'yicha nafaqat yuqorida keltirilgan Rossiya va MDH mamlakatlarida balki butun jahon bo'yicha rivojlanib bormoqda hamda sezilarli ijobiy natijalarga erishilmoqda. Xususan, [78, 79] da chiqindi to'plash poligonlarida hosil bo'ladigan oqava suvlarni qayta ishlash, ularning tarkibidagi zararli moddalardan tozalashda elektroflotatsiya usulidan foydalanishgan. Ikkala holatda ham ushbu usulning chiqindi to'plash poligonlarida hosil bo'ladigan oqava suvlarning tarkibidagi organik birikmalar, toksik modda va mikroorganizmlarning miqdorlarini sezilarli kamaytirish imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatgan. Bundan tashqari oqava suv qoldiqlarini tozalashda elektr oksidlanish usulidan B.Wilk va boshqalar [80] foydalanishgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, borlangan olmosli anoddan foydalanib oqava suvlarni organik ifloslanishdan tozalash samarali usul ekanligi qayd etilgan. M.Nabi va boshqalar [81] chiqindi to'plash poligonlarida hosil bo'ladigan oqava suvlardan microbial yoqilg'i elementlaridan foydalanib elektr energiya olishda elektr qayta ishlashdan foydalanishgan. Unga ko'ra, anaerobik qayta ishlash va microbial yoqilg'i elementlarining kombinatsiyalangan usulidan foydalanish oqava suv organik komponentlaridan samarali elektr energiya olish imkonini beradi. Z.Akbar va boshqalar [82] oqava suvlarni dastlabki tozalashda elektrokoagulyatsiya usulidan foydalanishgan. O'tkazilgan tadqiqot natijalari oqava suvlar tarkibini qattiq bo'laklardan tozalashda samarali usullardan biri ekanligini ko'rsatgan. Shuningdek, oqava suvlarni turli og'ir metallar va organik birikmalardan

tozalashda bir qancha olimlar [79, 83] elektroflotatsiya usulidan foydalanishgan hamda ijobiy natijalarga erishishgan. T.Broeke va hammualliflar [84] qishloq xo‘jaligida hosil bo‘luvchi oqava suvlarni tozalashda elektrodializ usulidan foydalanishgan hamda ushbu usul oqava suvlardan ifloslantiruvchi moddalarni samarali yo‘qotish va qishloq xo‘jaligida foydalanish uchun suvning sifatini oshirish imkonini beradi degan xulosaga kelishgan.

Bugungi kunda nafaqat qattiq maishiy chiqindilar balki, qishloq xo‘jaligi chiqindilari ham biogaz, kompost va boshqa mahsulotlar ishlab chiqarishda biomassa manbai bo‘lib xizmat qiladi. Masalan, qishloq xo‘jaligi chiqindilarini elektrokimyoviy usul bilan qayta ishlab, ularni foydali mahsulotlarga aylantirish bo‘yicha bir qancha amaliy tadqiqotlar o‘tkazilgan [85, 86, 87, 88, 89, 90]. Jumladan, J.Qiao va Y.Xiong [85] o‘tkazgan tadqiqot ishida qishloq xo‘jaligi chiqindilari tarkibidagi organik birikmalarni samarali parchalash hamda ularning atrof-muhitga salbiy ta‘sirini kamaytirishda elektrokimyoviy oksidlash usulidan foydalanilgan. S.Kataki va boshqalar [86] qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan fosfor ajratib olishda elektrokimyoviy cho‘ktirish usulini qo‘llashgan. Tadqiqot natijasiga ko‘ra, ushbu usul foydali elementlarni samarali tiklashda va atrof-muhitni fosfor bilan zararlashni kamaytiradi. S.Stefaan va boshqalar[87] hamda N.Adhakari va boshqalar [88] elektrokimyoviy usullardan foydalangan holda qishloq xo‘jaligi chiqindilarini biogaz, elektr energiya va bioyoqilg‘i kabi foydali mahsulotlarga aylantirish imkoniyatlarini tahlil qilishgan. A.Hassan va boshqalar [89], S.Memon va boshqalar [90] o‘z tadqiqotlarida qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan elektroliz va elektrokimyoviy usullardan foydalangan holda biogaz kabi foydali mahsulot olish hamda ularni utilizatsiya qilishda foydalanilgan.

Yuqorida keltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari va ularda erishilgan ijobiy natijalar hamda kuzatilgan kamchiliklar natijasida quyidagi umumiy xulosalarga kelish mumkin:

- qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlash jarayonlarida elektrotexnologik usullar sezilarli o‘ringa ega;

- piroliz jarayonida elektrni qo'llash jarayon samaradorligi va foydali mahsulotlar chiqishini oshirish imkoniyatiga ega;

- elektrokimyoviy usullar ham qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini biogaz va vodorod kabi boshqa foydali mahsulotlarga aylantirishda istiqbolli texnologiya hisoblanadi;

- elektrotexnologik usullar qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilaridan biogaz va o'g'it olish natijasida qishloq xo'jaligini barqaror rivojlantirish hamda chiqindilarning atrof-muhitga salbiy ta'sirini kamaytirish imkoniyatiga ega;

- mazkur yo'nalishdagi tadqiqotlar kelajakda elektrotexnologik usullardan foydalangan holda qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlashning ekologik toza va samarador usullarini ishlab chiqishga qaratilishi kerak;

- shuningdek, qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlashda elektrotexnologik usullarning iqtisodiy samaradorligini hisoblash, amaliyotga qo'llanilishi va turli hududlarda foydalanishning maqsadga muvofiqligini aniqlash bo'yicha tadqiqotlarni davom ettirish zarur.

Dunyoda tadqiqotchi olimlar tomonidan qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlash, ishlab chiqarish mahsuldorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish bo'yicha ko'p sonli tadqiqotlar olib borilgan hamda muayyan natijalarga erishilgan bo'lishiga qaramasdan piroliz natijasida hosil bo'lgan biogazdan ikkilamchi pirolizda foydalangan holda olinadigan bioyoqilg'i miqdorini oshirish bo'yicha yetarli darajada ilmiy va amaliy tadqiqotlar olib borilmagan.

### **Birinchi bob bo'yicha xulosalar**

Qo'yilgan masala bo'yicha ilmiy-texnik adabiyotlar, mualliflik guvohnomalari, patentlar, avvaldan taklif qilingan qurilmalar va uskunalari hamda bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlarining tahlillar asosida quyidagi xulosalar olindi:

1. Chiqindilarni yo'qotish va ularning atrof - muhitga ko'rsatayotgan salbiy oqibatlarini kamaytirish maqsadida yoqish, kompostlash hamda yer ostiga ko'mish kabi an'anaviy usullardan foydalaniladi. Shuningdek, gaz olish, piroliz,

gidrotermal karbonizatsiya va bugungi kunda yangi hamda nisbatan samarador hisoblanayotgan plazma texnologiyalari o'zlarining nisbatan ekologik xavfsiz va energosamarador ekanliklari bilan ko'plab olimlar e'tiborini jalb qilib kelmoqda

2. Biomassani termik qayta ishlash texnologiyalari (piroliz, gaz olish va boshq.)dan foydalanib ularni energiyaning biron turiga aylantirishdan avval biomassaning tarkibi, fizik-kimyoviy, fizik-mexanik xususiyatlarini o'rganish va energiya potensialini aniqlash zarur.

3. Keyingi tadqiqotlarni piroliz reaktori energetik parametrini nazariy asoslash va kam energiya sarfi hisobiga olinadigan bioyoqilg'i miqdorini oshirish bo'yicha nazariy hamda tajribaviy tadqiqotlarni o'tkazishga, shuningdek, gaz olish texnologiyasini qo'llagan holda vodorodga boyitilgan sintez gaz olish potensialini aniqlash bo'yicha amaliy tadqiqotlar olib borishga yo'naltiramiz.

## II BOB. PIROLIZ REAKTORINING ENERGETIK PARAMETRINI ASOSLASH

### 2.1-§ Chiqindilarning issiqlik energiyasi ta'sirida kinetik parametrlarining o'zgarishi

Bugungi kunda piroliz va gaz olish jarayonlarida hamda kinetik parametrlarni o'rganishda keng qo'llanilayotgan usul massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash hisoblanadi. O.Tursunov va hammualliflar [91] va D.Seo va hammualliflar [92] turli parchalanish reaksiyalari uchun samarali kinetik parametrlarni baholash imkonini beruvchi hamda izotermik va noizotermik sharoitlarda jarayonlarni o'rganishning tezkor miqdoriy usullarini taqdim qilishgan. Parchalanish jarayoni faollashtirish energiyasi va eksponensial oldi faktori kabi kinetik parametrlari Myurrey va Uayt [93] hamda Senum va Yang [94] tomonidan ishlab chiqilgan massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlashning integral metodlari bo'yicha bir vaqtning o'zida aniqlanadi. Kinetik parametrlar ko'pgina adabiyotlarda keltirilgani kabi butun jarayon uchun emas balki, birlamchi piroliz, ikkilamchi piroliz va gazlashtirish kabi har bir bosqich uchun alohida aniqlanadi.

Namunalarning energetik qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$Q_w = Q_s - r/100 + (8.94H^a - W^a) \quad (1)$$

bunda  $Q_w$  – energetik qiymat, kkal/kg;

$Q_s$  – yonish issiqligi;

$W^a$  – namunaning namlik miqdori, %;

$H^a$  – namunadagi vodorod miqdori, %;

$r$  – suvning bug'lanish issiqligi,  $r=586,13$  kkal.kg

Massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash yordamida biomassaning termal parchalanish kinetikasi odatda quyida keltirilgan birinchi tartibli kinetik reaksiya ifodasi orqali ifodalash mumkin:

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(1 - \alpha) \quad (2)$$

bunda

$$\alpha = 1 - \frac{m}{m_0} \quad (3)$$

bunda  $\alpha$  (–) – 0 dan 1 gacha o‘zgartirish darajasi,  $m$  [mg] – namunaning joriy og‘irligi,  $m_0$  [mg] – namunaning dastlabki og‘irligi,  $t$  [min] – vaqt,  $k$  [ $\text{min}^{-1}$ ] – o‘zgarmas reaksiya tezligi.

O‘zgarmas reaksiya tezligining haroratga bog‘liqligi Arrenius ifodasi bo‘yicha aniqlanadi:

$$k = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (4)$$

bunda  $A$  – eksponensial oldi faktor(ko‘paytuvchi) [ $\text{min}^{-1}$ ];

$E$  – aniq faollashtirish energiyasi [ $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ];

$T$  – reaksiya harorati [K];

$R$  – gaz doimiysi [8,314 J/mol·K].

Yuqorida keltirilgan (3) va (4) ifodalarni umumlashtirib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\alpha = A(1 - \alpha) \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (5)$$

Izotermik bo‘lmagan tajribalarda namuna butun tajriba davomida o‘zgarmas harorat tezligida  $B = dT / dt$  qizdiriladi. Shunda  $d\alpha/dt$  hosila quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{d\alpha}{dT} \frac{dT}{dt} = B \frac{d\alpha}{dT} \quad (6)$$

Natijada (6) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{B} (1 - \alpha) \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (7)$$

Harorat yordamida  $\alpha$  (o‘zgartirish darajasi)ni o‘zgartirishga (7) ifodani integrallash orqali erishiladi. Ya’ni, yangi  $x = E/RT$  o‘zgaruvchi kiritiladi:

$$-\ln(1 - \alpha) = \frac{AE}{BR} p(x) \quad (8)$$

Eksperimental ma’lumotlardan kinetik parametrlarni olishda integral  $p(x)$  to‘g‘ridan-to‘g‘ri hisoblanmaydi. Buning o‘rniga, Myurrey va White [93]

tomonidan ishlab chiqilgan shunga o'xshash ba'zi bir tahminiy formulalar qo'llaniladi:

$$p(x) \cong \frac{\exp(-x)}{x^2} \quad (9)$$

Tahminiy formulani (12) ifodaga qoyib logarifmlagandan so'ng quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\ln \left[ \frac{-\ln(1-\alpha)}{T^2} \right] = \ln \left( \frac{AR}{E\beta} \right) - \frac{E}{RT} \quad (10)$$

Shunga ko'ra, isitish tezligi belgilanganda  $\beta$ , A va E qiymatlarni  $1/T$  ga bog'liq holda  $\ln [-\ln(1 - \alpha)/T^2]$  grafigining kesishish nuqtasidan va grafik qiyaligidan aniqlash mumkin.

Senum va Yang [94] quyidagi yana bir tahminiy formulani olishdi:

$$p(x) \cong \frac{\exp(-x)}{x^2} \frac{x^3 + 18x^2 + 86x + 96}{x^4 + 20x^3 + 120x^2 + 240x + 120} \quad (11)$$

$x = E/RT$  bo'lganda tahminiy formulani (11) ifodaga qo'yib kinetik parametrlarni olishda chiziqli bo'lmagan regressiya talab qilinadi.

Senum va Yang [94] tomonidan taklif qilingan bu usul chiziqli bo'lmagan regressiyadan foydalanadi hamda bu uni massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash ma'lumotlarining kengroq diapazonida aniqroq qiladi hamda harorat integralining analitik yaqinlashuvi bilan bog'liq noaniqliklardan qochish imkonini beradi.

So'nggi yillarda maishiy chiqindilar odatiy tarkibiy qismining massa va issiqlik oqimi o'zgarish dinamikasi tahlili chuqur o'rganilgan hamda chiqindilarni termal qayta ishlash texnologiyalarida sezilarli yutuqlarga erishilgan [91, 95]. Massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash jarayoni A.Garcia va hammualliflar [96] ko'rsatishicha, qattiq maishiy chiqindipirolizida xom-ashyoning og'irlik yo'qotishi ikkita mustaqil reaksiyalar yordamida yuzaga keladi: 1) selluloza mahsulotlari 300-380 °C da va 2) boshqa mahsulotlar (polietilen aralashmasi, plastmassa va qog'oz) ning parchalanishi 200-500 °C oralig'ida sodir bo'ladi. S.Chen [97] turli xil maishiy chiqindilarning piroliz va gazlashtirish

jarayonlari xususiyatlarini o'rganish maqsadida massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash tahlilini o'tkazdi. Tajriba natijalariga ko'ra, sakkiz turdagi material xususiyatlari o'xshash, ya'ni ularda piroliz jarayoni 600 °C dan biroz yuqori va gazlashtirish jarayoni 600 °C dan past haroratda sodir bo'ldi. Bundan tashqari yana bir qancha olimlar [97, 98] maishiy chiqindi komponentlari va yog'och biomassalarining parchalanishini tavsiflashda massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasidan foydalanishgan.

Mazkur ilmiy-tadqiqot ishida qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari termal konversiya jarayonining kinetik xususiyatlarini o'rganish maqsadida umumiy maishiy chiqindi va yog'och chiqindilarining termal parchalanish jarayoni hamda kalorimetrik xususiyatlari massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash yordamida tahlil qilindi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, bu kabi tadqiqot ishi O'zbekistonda birinchi marta amalga oshirilmoqda. Olingan natijalar umumiy maishiy chiqindi va yog'och biomassalarining birgalikda yonish jarayonini yaxshiroq tushunish imkonini beradi.

Biomassa toza va barqaror energiya uchun vodorod manbai hisoblanadi. Tabiiy yoqilg'iga muqobil sifatida qishloq xo'jaligi chiqindilari biomassa manbalaridan biri sifatida katta qiziqish uyg'otmoqdi. Ushbu yoqilg'ilar o'zining keng tarqalishi va past zichligi tufayli kichik miqyosda past samaradorlikka ega bo'lgan to'g'ridan-to'g'ri yoqish orqali elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun to'g'ri kelmaydi. Natijada, bir necha tadqiqotchilar kichik hajmdagi, yuqori samarali energiya ishlab chiqarish tizimini yaratishga harakat qilib, gazlashtirish texnologiyasini o'rganishdi. Yoqilg'i sifatida vodorod qo'llaniladigan energiya ishlab chiqarishda kimyoviy energiya bevosita elektr energiyaga aylantiriladi biroq bu kichik masshtabda yuqori samaradorlikni ta'minlaydi [99]. Shuning uchun qattiq maishiy va yog'och chiqindilaridan vodorodli gaz ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish juda muhimdir.

Biomassani gazlashtirish vodorod ishlab chiqarishning istiqbolli texnologiyasidir. Ushbu texnologiyada biomassani gazsimon mahsulotga aylantirish uchun gazlashtirish vositasi sifatida havo yoki kislorod bilan boyitilgan

havo va bug‘dan birgalikda foydalanadi. Olingan gazning asosiy komponentlari bo‘lib xona haroratida koagulyatsiyalanuvchi vodorod, uglerod oksidi va yuqori molekulyar og‘irlikdagi uglevodorodlar hisoblanadi. Maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilari kabi namligi past bo‘lgan(35% dan kam) biomassalar 600 dan 1200 °C gacha bo‘lgan haroratda qisman oksidlanish muhitida gaz hosil bo‘lishi bilan gazlashtirish mumkin [91, 100].

Ishlab chiqarilgan gaz turli jarayonlarda, jumladan, kimyo sohasida metanol va ammiak sintezida, shuningdek, vodorod ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Energetika sohasida ham generator gazidan foydalaniladi (agar u biomassadan olingan bo‘lsa, qayta tiklanadigan manba hisoblanadi). 100 dan 200 °C gacha bo‘lgan haroratda quritish gazlashtirish jarayonining birinchi bosqichidir. Biomassa 200 dan 500 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida pirolizga uchraydi va ko‘mir hamda H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> va CH<sub>4</sub> kabi gazlarga parchalanadi. Pirolizning tarkibiy qismlari bo‘lib 220 dan 315 °C gacha bo‘lgan haroratda gemisellyuloza, 315 dan 400 °C gacha bo‘lgan haroratda selluloza va 400 °C haroratda lignin hisoblanadi [101, 102]. Bundan tashqari, karbonat angidrid (piroliz suyuqligi) kabi kondensatsiyalanmagan gazlarning oz miqdori mavjud. Bu piroliz suyuqligi vodorod kabi portlovchi gazlarga parchalanadi. Piroliz suyuqligi reforming jarayoni natijasida vodorod bilan boyitilgan kondensatsiyalanmaydigan gazga aylanadi [103].

So‘nggi bir necha o‘n yillikda tadqiqotchilar biomassani gazlashtirish bo‘yicha nazariy va amaliy tadqiqotlar olib bordilar. Tadqiqotchilar biomassani bug‘ gazlashtirish jarayoniga bug‘ kiritilganda H<sub>2</sub>O tarkibidagi H<sub>2</sub> ni bug‘ gazining siljish reaksiyasi(WGS) natijasida qo‘shimcha H<sub>2</sub> ga aylantirish mumkinligini aniqladilar [104, 105]. Biroq, butun gazlashtirish jarayonida kimyoviy reaksiyalar muvozanati vodorod konsentratsiyasini cheklaydi [106]. Bundan tashqari, biomassani bug‘ gazlashtirish jarayonida bir vaqtning o‘zida sezilarli miqdorda CO va CO<sub>2</sub> hamda oz miqdorda CH<sub>4</sub> hamda smola hosil bo‘ladi.

Bugungi kunda gazlashtirish haroratining jarayon samaradorligi va qoldiq hosil bo‘lishiga ta’siri o‘rganilgan. Unga ko‘ra, past haroratlar past reaksiya

tezligiga va H<sub>2</sub> hosil bo'lishiga olib keldi. Shuningdek, yuqori harorat metan hosil bo'lishi va bug' gazini ishlab chiqarish kabi endotermik reaksiyalarda yuqori reaksiya tezligini ko'rsatdi [107]. Ushbu endotermik reaksiyalar harorat 900 dan 950 °C gacha ko'tarilganda kuchayishi ko'rsatilgan. Shu bilan birga, bir qancha adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, gazlashtirish haroratining oshishi bilan uglerodga aylanish samaradorligi va hosil bo'ladigan H<sub>2</sub> konsentratsiyasi oshadi hamda sintez gazidagi smola miqdori kamayadi [108]. Dastlabki xom-ashyo va gazlashtirish jarayoni bir-biridan farq qilganda, CH<sub>4</sub> hamda CO konsentratsiyasi bir xil sharoitlar uchun doimiy qonuniyatni ko'rsatmaydi [109]. Gazlashtirish haroratini nazorat qilishning afzalliklarini to'liq tushunish uchun ma'lum bir gazlashtirish usuli va xom-ashyo uchun tajriba o'tkazish zarur.

Gaz olish jarayoni rivojlanishini yaxshiroq tushunish uchun biomassani gazlashtirishga yangi eksperimental yondashuv taklif etiladi. Ushbu yondashuv bir vaqtning o'zida vodorodga boy gaz ishlab chiqarish va gazlashtirish harorati o'rtasidagi bog'liqlikni, shuningdek, gazlashtirish haroratining hosil bo'lgan gaz tarkibiga ta'sirini o'rganishni o'z ichiga oladi. Yuqorida keltirilgan vazifalardan kelib chiqib ushbu ishda O'zbekistondagi maishiy chiqindi va yog'och chiqindilarini turli haroratlarda biomassani gazlashtirish natijasida hosil bo'lgan gazning tarkibi o'rganildi. Bundan tashqari, ushbu tadqiqotda maishiy chiqindi va yog'och chiqindilarini gazlashtirishda gazlashtiruvchi muhit sifatida bug'dan foydalanish orqali sintez gaz sifatini yaxshilash usulini taklif qilishga harakat qilinadi. Ushbu tadqiqot O'zbekistonda mahalliy maishiy chiqindi va yog'och chiqindilarini termokimyoviy gazlashtirish hamda ularning energiya ishlab chiqarish imkoniyatlarini o'rganish bo'yicha birinchi keng ko'lamlı fundamental tadqiqotlarning bir qismidir.

Qattiq maishiy chiqindilar va yog'och chiqindi namunalari termovolumetrik tadqiqotlari olib borildi. O'rganilayotgan namunalarni gazlashtirish jarayonida hosil bo'lgan gazdagi uglerod oksidi, vodorod, metan va karbonat angidrid konsentratsiyasini o'lchash asosida ushbu mahsulotlarning hosil bo'lish tezligi

hisoblab chiqilgan. Olingan ma'lumotlar o'rganilayotgan mahsulotlarning chiqish miqdorini va uglerod konversiyasi darajasini hisoblash imkonini berdi.

Ushbu mahsulotning hosil bo'lish tezligini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$\frac{dV_i}{dt} = \dot{V} \cdot C_i(t) \quad (12)$$

bunda,  $t$  - vaqt, min

$V$  - hosil bo'lgan gazning hajmli oqim tezligi,  $\frac{sm^3}{min}$

$C_i(t)$  - berilgan mahsulotning  $t$  vaqtdagi konsentratsiyasi, %

Mahsulotning chiqish miqdori quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$V_i = \dot{V} \cdot \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(C_i(t_{k+1}) + C_i(t_k)) \cdot (t_{k+1} - t_k)}{2} \quad (13)$$

bunda,  $C_i(j+1)$  – mahsulotning  $t(j+1)$  vaqtdagi konsentratsiyasi, %

$C_i(j)$  – berilgan mahsulotning  $t(j)$  vaqtdagi konsentratsiyasi, hajm %

Nihoyat, uglerodning konversiya darajasini quyidagi formula yordamida baholash mumkin:

$$X = \frac{(V_{CO} + V_{CO_2} + V_{CH_4}) \cdot M_c}{V_{mol} \cdot m \cdot C^{daf}} \cdot 100\% \quad (14)$$

bunda,  $V_{CO}, V_{CO_2}, V_{CH_4}$  - hosil bo'lgan gaz tarkibining hajmi, [dm<sup>3</sup>/g]

$M_c$  - uglerodning molyar massasi, [g/mol]

$m$  - namuna massasi, [g]

$C^{daf}$  - quruq kuldagi erkin uglerod miqdori, [-]

$V_{mol}$  - 273 K haroratda va 101325 Pa bosimdagi bir mol gazning hajmi, [dm<sup>3</sup>/mol]

## 2.2-§ Piroliz reaktorini qizdirish uchun elektrotermik uskunaning energetik parametrini konstruktiv parametrlari asosida nazariy asoslash

Elektr qizitish uskunasi asosiy energetik parametrlari issiqlik va elektr hisoblarini bajarish orqali aniqlanadi. Elektrotermik uskunaning issiqlik hisobi asosida elektr qizitgichning quvvati, issiqlik FIK, optimal geometrik o'lchamlari, issiqlik izolyatsiyasi qalinligi aniqlanadi. Elektr hisoblar asosida ulanish sxemasini ishlab chiqish, manba kuchlanishini tanlash, qizitgichlarning geometrik o'lchamlari aniqlanadi.

Tajriba qurilmasi reaktorining issiqlik balansining soddalashtirilgan hisobi quyidagi parametrlar asosida amalga oshiriladi:

I. Piroliz reaktorining geometrik o'lchamlari:

- diametri  $d=65$  mm;
- reaktor balandligi  $h=300$  mm;
- reaktor hajmi  $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 0,065^2}{4} \cdot 0,3 = 0,003 \text{ m}^3$ ;
- issiqlik izolyatsiya qalinligi  $\delta=10$  mm
- issiqlik almashuv yuzasi  $A = \pi dh = 3,14 \cdot 0,065 \cdot 0,3 = 0,6123 \text{ m}^2$ .

II. Biomassaning issiqlik-fizik xarakteristikalarini:

- issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti  $\lambda=0,12 \frac{W}{m \cdot K}$ ;
- harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti  $a = \frac{0,12}{2,2 \cdot 10^3 \cdot 200} = 2,7 \cdot 10^{-7} \frac{m^2}{s}$ ;
- quruq biomassaning issiqlik sig'imi  $C = 2,2 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$ ;
- zichligi  $\rho=200 \frac{kg}{m^3}$ .

Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlash ma'lum miqdordagi issiqlik energiyasi hisobiga amalga oshiriladi. Reaktorga uzatilgan issiqlik energiyasi chiqindilarni piroliz qilish jarayoni uchun zarur bo'lgan harorat rejimini ta'minlaydi. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini piroliz jarayonida sarflanadigan umumiy issiqlik energiyasi reaktorning issiqlik balansi ifodasidan aniqlanadi. Piroliz reaktorida jarayonni amalga oshirishda kerak bo'ladigan haroratni ta'minlash uchun sarflanadigan issiqlik miqdori chiqindini

piroliz haroratigacha qizdirish uchun ketgan foydali issiqlik va reaktor sirtidan isrof boʻladigan issiqlikdan tashkil topgan va quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_s = Q_{foy} + Q_{isr} \quad (15)$$

bunda  $Q_s$  – piroliz jarayoniga sarflanadigan umumiy issiqlik, kJ;

$Q_{foy}$  – chiqindini qizdirish uchun sarflangan foydali quvvat, kJ;

$Q_{isr}$  – reaktor yon devorlaridan atrof-muhitga isrof boʻladigan issiqlik, kJ.

Piroliz reaktoriga yuklangan chiqindilarni maʼlum bir haroratgacha qizdirish uchun sarflangan foydali issiqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{foy} = mC(t_{ox} - t_{bosh}) \quad (16)$$

bunda  $m$  – reaktorga yuklangan chiqindi massasi, kg;

$C$  – chiqindining solishtirma issiqlik sigʻimi, kJ/kg·°C;

$t_{bosh}$  – reaktorga solinadigan chiqindining boshlangʻich harorati, °C;

$t_{ox}$  – chiqindini piroliz jarayonida qizitish harorati, °C.

Piroliz reaktoridan atrof-muhitga isrof boʻladigan issiqlik miqdori reaktordagi chiqindi va atrof-muhit harorati, reaktorning yon devorlari yuzasi, reaktor materialining xususiyatlari va issiqlik uzatish koeffitsiyentiga bogʻliq holda quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{isr} = KA(t_{ich} - t_{tash})\tau \quad (17)$$

bunda  $K$  – issiqlik uzatish koeffitsiyenti, W/m<sup>2</sup>·°C;

$A$  – reaktorning yon devorlari yuzasi, m<sup>2</sup>;

$t_{ich}$  – reaktor ichidagi chiqindi harorati, °C;

$t_{tash}$  – tashqi muhit harorati, °C;

$\tau$  – piroliz davomiyligi, sek.

Issiqlik uzatish koeffitsiyenti termik qarshilikka teskari proporsional boʻlib ( $K=1/R_t$ ), silindrsimon reaktor uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ich}\pi d_{ich}} + \frac{1}{2\pi\lambda H} \cdot \ln \frac{d_{tash}}{d_{ich}} + \frac{1}{\alpha_{tash}\pi d_{tash}H}} \quad (18)$$

bunda  $\alpha_{ich}$ ,  $\alpha_{tash}$  – reaktorning ichki va tashqi yuzalaridagi issiqlik almashish koeffitsiyenti, W/m<sup>2</sup>·°C;

$d_{ich}$ ,  $d_{tash}$  – reaktor devorining ichki va tashqi diametri, m;

$\lambda$  – reaktor devori materialining issiqlik o'tkazuvchanligi, W/m·°C;

H – reaktor devori balandligi, m.

(16) va (17) ifodalarni (15)ga qo'yib, quyidagicha piroliz reaktorining issiqlik balans ifodasiga ega bo'lamiz:

$$Q_s = mC(t_{ox} - t_{bosh}) + KA(t_{ich} - t_{tash})\tau \quad (19)$$

Yuqoridagi reaktorning issiqlik balansi ifodasidan foydalanib, piroliz rejimini ta'minlaydigan haroratda reaktorni qizitish uchun elektrotermik uskunaning issiqlik quvvatini hisoblash mumkin.

Issiqlik quvvati bilan elektr quvvati orasidagi bog'liqlikdan foydalanib, piroliz reaktorini qizitish uchun kerak bo'ladigan elektr qizdirgichning hisobiy quvvatini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P_{his} = \frac{Q_s}{3600}, \text{ W} \quad (20)$$

(20) ifodadan foydalanib piroliz reaktoridagi istalgan hajmdagi chiqindini kerakli haroratgacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan elektr qizdirgichning quvvatini hisoblab topish mumkin.

Qizdirish elementining parametrlarini hisoblash odatda solishtirma quvvat va ishchi tok bo'yicha amalga oshiriladi.

Qizitgich elementidan ajraladigan quvvat quyidagiga teng bo'ladi:

$$P = \frac{U^2}{R_t} = \frac{U^2 S}{\rho_t l} = I^2 \rho_t \frac{l}{S} \quad (21)$$

Qizitiladigan muhitga uzatilgan quvvat quyidagiga teng bo'ladi:

$$P = \frac{(t_{q.e} - t_m)}{R_T} = \varphi A \quad (22)$$

(21) va (22) ifodalar asosida quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{U^2 S}{\rho_t l} = \varphi A = \varphi I l \quad (23)$$

bunda U – qizitgichdagi kuchlanish, V; I – qizitgichdagi tok kuchi, A;  $R_t$  – qizitgich qarshiligi, Om;  $\rho_t$  – qizitgich elementi materialining t haroratdagi

solishtirma qarshiligi,  $\text{Om}\cdot\text{m}$ ;  $l$  – qizitgich elementi uzunligi, m;  $S$  – qizitgich elementining ko‘ndalang kesim yuzasi,  $\text{m}^2$ ;  $t_{q.e}$ ,  $t_m$  – qizitgich elementi va qizitiladigan muhitning harorati,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $A = \Pi l$  – qizitgich elementi sirtining yuzasi,  $\text{m}^2$ ;  $\Pi$  – perimetr, m;  $R_T$  – qizitgich elementidan muhitga issiqlik uzatishning termik qarshiligi,  $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ;  $\varphi$  – qizitgich elementidan uzatiladigan solishtirma yuza quvvati,  $\text{W}/\text{m}^2$ .

(21) va (23) ifodalardan qizitgich elementining uzunligini quyidagicha topish mumkin:

$$l = \frac{U^2 S}{\rho_t P} = \varphi \Pi l \quad (24)$$

$$\Pi S = \frac{P^2 \rho_t}{U^2 \varphi} \quad (25)$$

Agar qizitgich elementi  $d$  diametrli silindr shaklidagi o‘tkazgichdan tayyorlangan bo‘lsa, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad A = \pi d l \quad (26)$$

(26) ni (25) ifodaga qo‘yadigan bo‘lsak, quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{\pi^2 d^3}{4} = \frac{P^2 \rho_t}{U^2 \varphi} \quad (27)$$

(27) ifodadan biomassani qizitish uchun kerak bo‘ladigan qizitgich elementining diametrini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4P^2 \rho_t}{\pi^2 U^2 \varphi}} \quad (28)$$

U holda biomassani qizitish uchun kerak bo‘ladigan qizitgich elementining uzunligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$l = \sqrt[3]{\frac{P U^2}{4 \rho_t \pi \varphi^2}} \quad (29)$$

(28) va (29) ifodalardan foydalanib piroliz reaktorini qizitish uchun qizitgich elementining asosiy kattaliklarini hisoblab topish mumkin.

Piroliz bioreaktorini qizitish uchun foydalaniladigan elektrotermik uskunaning umumiy foydali ish koeffitsiyenti (FIK) quyidagicha bo‘ladi:

$$\eta_{um} = \eta_e \eta_t \quad (30)$$

bunda  $\eta_e$  - qizitgich elementining elektr FIK;

$\eta_t$  - elektrotermik uskunaning issiqlik FIK.

Qarshilik usulida qizitish elementlarining FIK odatda 1 ga teng boladi. Elektrotermik uskunaning issiqlik FIK ni (19) ifodani inobatga olib quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta_t = \frac{Q_{foy}}{Q_{foy} + Q_{isr}} \quad (31)$$

yoki

$$\eta_t = \frac{P_{foy}}{P_{foy} + P_{isr}} \quad (32)$$

Piroliz reaktorining solishtirma elektr energiya sarfi qizitiladigan material massasi yoki hajm birligiga nisbatan aniqlanadi.

Piroliz reaktoridagi chiqindilarning hajm birligiga nisbatan sarflanadigan solishtirma elektr energiya sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{P_{o'm} \cdot \tau}{V}, \text{ W} \cdot \text{soat/m}^3 \quad (33)$$

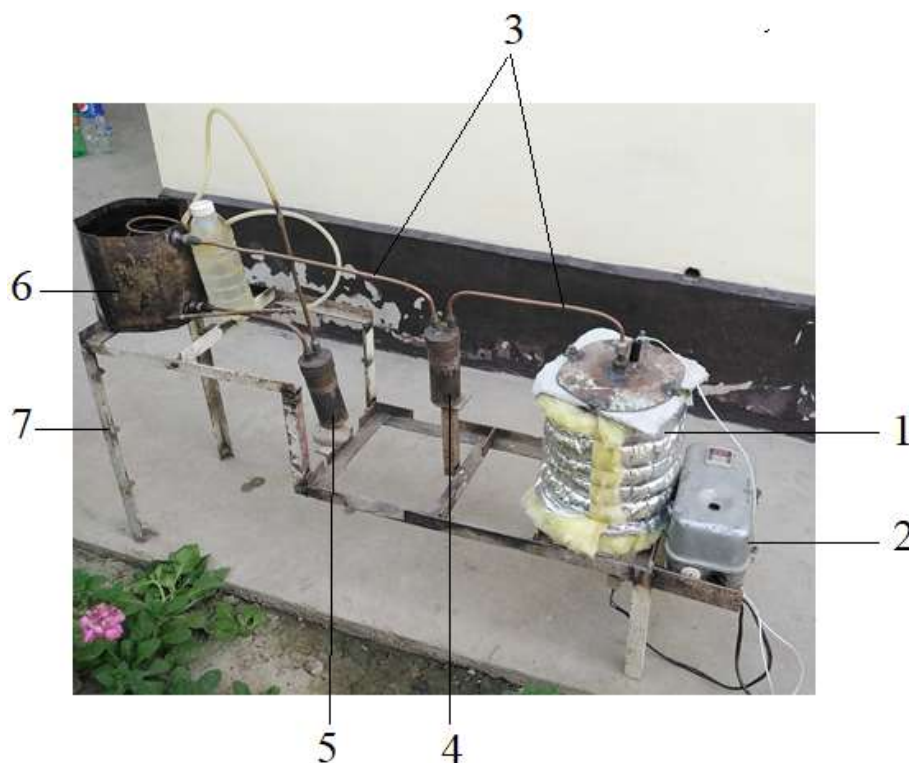
bunda  $P_{o'm}$  - qizitgich elementining o‘rnatilgan quvvati, W; V – piroliz reaktoridagi chiqindilar hajmi, m<sup>3</sup>.

Yuqorida keltirilgan issiqlik va elektr hisoblari asosida piroliz reaktoridagi 3 kg biomassani qizdirish uchun kerak bo‘ladigan qizdirgichning elektr quvvati 2 kVt bo‘lishi kerakligi kelib chiqdi.

### **2.3-§ Piroliz reaktorining eksperimental (laboratoriya) modelini ishlab chiqish**

Mazkur tadqiqot ishida piroliz jarayoni va reaktorlarning turlari hamda ishlash jarayonlari tahlili asosida yangi qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari pirolizi natijasida olinadigan bioyoqilg‘i miqdorini oshirish imkonini beruvchi piroreaktor

ishlab chiqildi. Ilmiy-tadqiqot natijasida ishlab chiqilgan piroliz reaktorining eksperimental (laboratoriya) modeli va uning prinsipial sxemasi mos ravishda 2.1 hamda 6-rasmlarda keltirilgan.

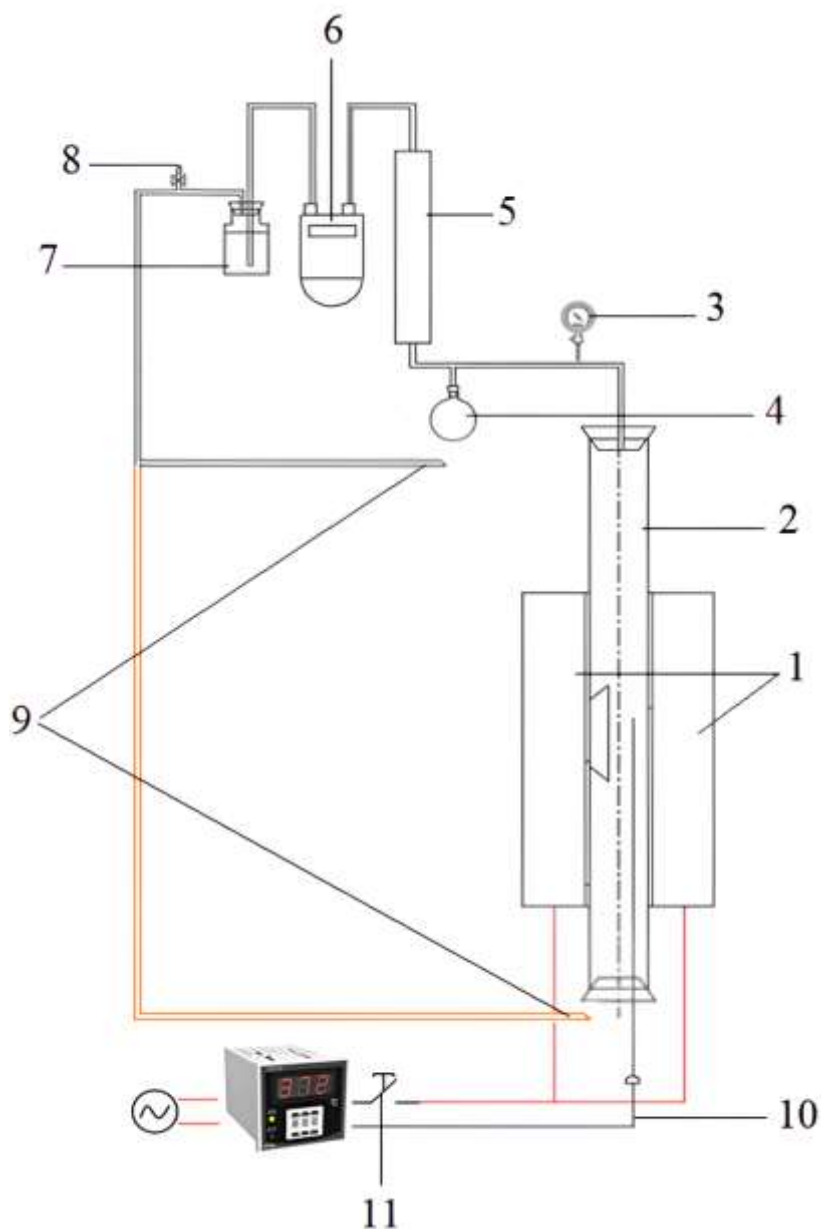


1-reaktor; 2-haroratni boshqarish bloki; 3-mis trubka; 4-birinchi mahsulot(og‘ir uglevodorodlar); 5- ikkinchi mahsulot(bioyoqilg‘i); 6-kondensat; 7-asos.

### **6-rasm. Piroliz reaktorining eksperimental (laboratoriya) modeli**

Quyida tasvirlangan 7-rasmga ko‘ra ishlab chiqilgan piroliz qurilmasining ishlash jarayoni quyidagi ketma-ketlikda amalga oshadi.

Piroliz qurilmasining asosiy ishchi qismi bo‘lgan reaktor (2) hajmi 3 kg bo‘lib, uning qalinligi, ichki diametri va umumiy uzunligi mos ravishda 10, 65 hamda 300 mm ni tashkil etadi. Biomassaning zichligi  $200 \text{ kg/m}^3$  va namligi 20 % bo‘lsa, reaktorga 3 kg xom-ashyo yuklash mumkin. Reaktorga yuklangan biomassani qayta ishlashda zaruriy haroratni ta‘minlash maqsadida yuqoridagi 2.2-§ da keltirilgan matematik hisoblar natijasida aniqlangan quvvati 2 kVt bo‘lgan elektr qizdirish manbai (1) dan foydalanilgan.



1 – elektr qizdirish manbai; 2 – reaktor; 3 – bosim o‘lchagich; 4 – 1-mahsulot (og‘ir uglevodorodlar); 5 – kondensat; 6 – gaz analizator va 2-mahsulot (bioyoqilg‘i); 7 – suv(filtr); 8 – gaz yig‘uvchi idish; 9 – gaz; 10 – termopara; 11 – haroratni boshqarish bloki.

### 7-rasm. Piroliz reaktorining prinsial sxemasi

Reaktor ichidagi harorat ma’lum miqdor (250-430 °C)ga yetganda yuklangan qattiq chiqindi namunalari reaksiyaga uchrab, bug‘-gaz aralashmasi holatida ichki bosim natijasida tashqariga chiqa boshlaydi. Bug‘-gaz aralashmasi tarkibidagi mavjud og‘ir uglevodorodlar birinchi idish (4)ga tushib qoladi.

Aralashmaning qolgan qismi kondensat (5) orqali sovutiladi va hosil bo'lgan suyuq yoqilg'i 2-idishda (6) yig'iladi. Kondensatda suyuq holatga kelmagan bug'-gaz aralashmasi filtr (7) orqali o'tib gaz yig'uvchi idish (8)da to'planadi.

Reaktorda hosil bo'lgan ichki harorat K tipidagi termopara orqali nazorat qilinadi.

Shuningdek, ushbu tadqiqot ishida vodorodga boyitilgan sintez gaz olishning energetik imkoniyatlari eksperimental tadqiq qilingan bo'lib, unda foydalanilgan gaz olish reaktori haqida to'liq ma'lumot Porada va boshqalar [110] tadqiqotlarida berilgan va uning umumiy ko'rinishi 8-rasmda ko'rsatilgan.



### **8-rasm. Gaz olish jarayonini o'rganish uchun laboratoriya qurilmasi**

Uskuna uchta asosiy tizimdan, ya'ni isitish tizimiga ega yuqori bosimli reaktor, gazlashtirish reaktoriga yonilg'i (bug') yetkazib berish tizimi va hosil bo'lgan gazni tahlil qilish hamda yig'ish tizimidan iborat. Reaktor ichida panjara bilan jihozlangan diametri 20 mm bo'lgan kvarts retorta mavjud. Harorat 850, 900 va 950 °C; bosim: 10 bar; bug' sarfi: 0,3 g/min; argon oqimi: 2 dm<sup>3</sup>/min kabi izotermik o'lchov parametrlari barqarorlashtirgandan so'ng, 1 g yoqilg'i namunasi

panjaraga kirgizildi va hosil bo'lgan gaz tahlil qilindi. Buning uchun maxsus ishlab chiqilgan porshenli ta'minlovchi ishlatiladi. Porshen harakati ta'minlovchi kameraga gaz yetkazib berish trubkasidagi kirish klapanining ochilishi natijasida sodir bo'ladi. Namuna solingan retorta elektr pechi yordamida qizdiriladi. Uchlari qopqoqlar bilan yopilgan va gazlashtiruvchi vositani yetkazib berish hamda hosil bo'lgan gazni olib tashlash uchun mo'ljallangan tarmoq quvurlari bilan jihozlangan kvarts reaktorining bosimli korpusi issiqqa chidamli po'lat qobiqdan yasalgan. Qobiq ichiga o'rnatilgan mineral vata (momiq paxta) pechning izolyatsiyasini hosil qiladi. Biomassa namunasining harorati bir vaqtning o'zida impulslarni kontroller-dasturchiga yetkazib berishga xizmat qiladigan va namunaning talab etilgan haroratini saqlaydigan K tipidagi termopara bilan o'lchanadi. Olingan gaz suv va smola kondensatining ajralishi sodir bo'ladigan kondensatordan o'tadi. Shundan so'ng ular yaxshilab quritiladi va filtrda tozalanadi. Dekompressiyadan so'ng, infraqizil nurlanish yutilishiga asoslangan analizator yordamida olingan gazda karbonat angidrid, uglerod monoksid va metan miqdori doimiy ravishda aniqlanadi. Bundan tashqari, issiqlik o'tkazuvchanlik detektor (TCD) bilan jihozlangan gaz xromatografi yordamida gaz tarkibidagi vodorod miqdorini aniqlash uchun gaz namunalari olindi.

#### **2.4-§ Xom-ashyoni yig'ish va dastlabki qayta ishlash**

Ushbu ilmiy-tadqiqot ishining metodologiyasi Toshkent viloyati O'rta Chirchiq tumanidagi chiqindilarni to'plash poligonidan namunalarni yig'ish (dala eksperimenti), ularni saralash, dastlabki va yakuniy tahlillarni o'tkazish, ularning oksid tarkibini o'rganish hamda massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasi tahlilini o'tkazishdan va ushbu tahlil natijalarini bilgan holda ishlab chiqilgan piroliz reaktorida eksperimental tadqiqotlar o'tkazish hamda jarayonga ta'sir etuvchi parametrlarning optimal qiymatlarini matematik modellashtirish asosida aniqlashdan iborat. Bugungi kunda tahlil metodlarining ikki xil, ya'ni ASTM D 5231-5292 Amerika Materiallarni Sinash Jamiyati va PN-EN Yevropa standarti kabi xalqaro standartlari mavjud [111].

Mazkur tadqiqot metodologiyasi qattiq chiqindilarning utilizatsiya (qayta ishlash) imkoniyatlarini aniqlash, chiqindilarni yo‘qotish harakatlarini rivojlantirish yoki ma’lum fraksiyalarni ajratish kabi yo‘llar bilan energiya olish va ularni boshqarish yo‘nalishlarini rivojlantirish imkonini beradi.

Chiqindi namunalarini yig‘ish ASTM D 5231-5292 [112;6-b] standarti asosida olib borildi. Chiqindi namunalarini yig‘ish odatda har birining og‘irligi 20-25 kg ni tashkil etuvchi to‘rtta katta maxsus qop (umumiy  $\approx 100$  kg)dan foydalanildi (9 – rasm).



**9 – rasm. Chiqindilarni yig‘ish va o‘lchash jarayonlari**

Olingan chiqindi namunalari “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti ilmiy-tadqiqot laboratoriyasida chuqur tahlil qilindi. Shundan so‘ng chiqindilar klassifikatsiya bo‘yicha saralandi va olib kelingan chiqindi namunalari yog‘och, oziq-ovqat qoldiqlari, polietilen paket, qattiq plastik, tekstil, shisha, rezina, qora metall va boshqalar kabi o‘n turdagi chiqindilar aralashmasidan tarkib topganligi aniqlandi.

Saralangan har bir chiqindi turning og‘irligi elektron tarozi yordamida o‘lchandi va ma’lumotlar yozib olindi. Saralash va o‘lchov natijalariga ko‘ra,

yogʻoch chiqindilari miqdori boshqa turdagi chiqindilarga nisbatan yuqori foizni tashkil etdi. Binobarin, laboratoriya tahlillari ikki turdagi, yaʼni umumiy maishiy chiqindi va yogʻoch chiqindi namunalarida oʻtkazildi.

Dastlabki tahlil quruq biomassa (maishiy chiqindi va yogʻoch) namunalarining namlik, uchuvchan moddalar, kul va sobit uglerod miqdorlarini aniqlash tahlillaridan iborat. Biomassaning dastlabki tahlili ASTM va PN-EN Yevropa standarti kabi xalqaro standartlar asosida oʻtkazildi.

Namlik bu biomassaning joylashgan hududi, vaqti sharoitida oʻziga qabul qilib olgan suv miqdori hisoblanadi. Chiqindi namunalaridagi namlik miqdori uning quritishdan oldingi va keyingi massa yoʻqotishi kabi hisoblanadi:

$$\% M_c = [(m_n - m_q) / m_n] \times 100\% \quad (34)$$

bunda  $M_c$  – namunadagi namlik miqdori;

$m_n$  – nam ogʻirlik;

$m_q$  – quruq ogʻirlik.

Kislorodsiz muhitda yuqori harorat ostida biomassa tarkibidan ajralib chiqadigan komponentlar (suvdan tashqari) uchuvchan moddalar hisoblanadi.

$$\% V_m = [(m_q - m_k) / m_q] \times 100\% \quad (35)$$

bunda  $V_m$  – namuna tarkibidagi uchuvchan moddalar miqdori;

$m_q$  – namunaning quruq ogʻirligi;

$m_k$  – kul ogʻirligi;

Qattiq chiqindilar kuli bu ular yonganda tarkibidagi uglerod, kislorod, suv va oltingugurt chiqib ketgandan keyingi qolgan yonmaydigan qoldiq.

$$\% m_{Ash} = m_y \times 100\% / m_u \quad (36)$$

bunda  $m_{Ash}$  – biomassa namunasidagi kul miqdori;

$m_y$  – yoʻqolgan massa;

$m_u$  – namunaning umumiy ogʻirligi.

Sobit uglerod biomassa namunasi umumiy ogʻirligining namlik miqdori, uchuvchan moddalar va kul miqdoridan soʻng materialda qoladigan uglerod miqdori bilan aniqlanadi (4 – ifoda).

$$\% F_c (wt\% \text{ wet basis}) = 100 - (M_c + m_{Ash} + V_m) \quad (37)$$

bunda  $F_c$  – biomassa namunasidagi sobit uglerod miqdori;

$M_c$  – namunadagi uchuvchan moddalar miqdori;

$m_{Ash}$  – biomassa namunasidagi kul miqdori;

$V_m$  – namunaning namlik miqdori.

Maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilarining CHNS/O tahlili Thermo Scientific™ FlashSmart™ Elemental Analizator [113] yordamida o‘tkazildi. Ushbu tahlil bir vaqtning o‘zida namuna tarkibidagi uglerod (C), vodorod (H), azot (N), oltinugurt (S) va kislorod (O) elementlarining massa ulushini aniqlash imkonini beradi.

CHNS ni aniqlash uchun FlashSmart analizatorida namuna juda tez yondiriladi. Namunalar konteynerlarda o‘lchandi va kislorod bilan yonish reaktori (Thermo Scientific™ MAS Plus Autosampler)ga kiritildi. Yonishdan so‘ng olingan gazlar mis bilan to‘ldirilgan qatlamga geliy(He) oqimi bilan o‘tkazildi. Shundan keyin yongan gazlarni ajratishni ta‘minlovchi gaz xromatografi ustunlari orqali oqib o‘tdi va yakunda issiqlik o‘tkazuvchanligi bo‘yicha Thermal Conductivity Detector (TCD) yordamida aniqlandi. Umumiy bajarish 10 daqiqadan kamroq vaqtni tashkil etdi.

Maishiy chiqindi va yog‘och chiqindi namunalarining kimyoviy tuzilishi va xarakteristikasini chuqur o‘rganish maqsadida namunalarning yakuniy tahliliga qo‘shimcha ravishda ularning umumiy oksid tarkibi aniqlandi. Namunalarning umumiy oksid tarkibini aniqlash uchun PAN analytical X-ray fluorescence (XRF) spektrometri [114]dan foydalanildi.

Chiqindilardan yoqilg‘i manbai sifatida takroriy foydalanishda chiqindilarning yillik miqdori, tarkibi va energetik yoki yuqori issiqlik qiymati kabi bir qancha omillarga bog‘liq. Ushbu tadqiqot ishida chiqindilardan energiya olishning maqsadga muvofiqligini tekshirish uchun maishiy chiqindi va yog‘och chiqindi namunalarining energetik/yuqori issiqlik qiymati aniqlanadi. Tahlil uchun olingan namunalarning energetik/yuqori issiqlik qiymatini matematik model yordamida [115, 116], strukturali va bevosita tahlil [117, 118] natijasida hamda tajriba o‘tkazish[25, 119] yo‘li bilan aniqlash mumkin. Bomb kalorimetr

yordamida tajriba yo'li bilan energetik qiymatini aniqlashda namunalarning o'lchami 1 g yoki 2 g miqdorda olinishi kerak [25]. Bundan tashqari tajriba o'tkazish usuli qurilmadan foydalanishda texnik bilimlarni va mahsulot yonishini talab qiladi. Shuning uchun ham yuqorida keltirilgan uzoq muddatli va murakkab tajriba o'tkazishdan qochish maqsadida namunalarning energetik qiymatini aniqlashning matematik modeli ishlab chiqilgan. Mazkur ilmiy-tadqiqot ishida energetik qiymat PN-EN 14918:2010 [120] va PN-ISO 1928 [121] standartlari asosida bomb kalorimetr (model: V-08-M) dan foydalanib aniqlandi.

Kalorimetr idishi devorlaridagi harorat  $\pm 0.01$  K gacha aniqlikda ushlab turildi. Tajriba namunasini alangalatish uchun sarflanadigan elektr energiya 9 mF li razryad kondensatori orqali o'lchanadi va 0,05 mm li plastina o'tkazgich yoqish uchun ishlatiladi. Kalorimetr idishidagi harorat 100 Vt quvvatli platina termometrda o'lchanadi. Termometr qarshiligida foydalanilgan ko'prik sxema muvozanati  $\pm 0,0002$  V xatolikka ega Sch-1516 raqamli voltmetri yordamida qayd qilinadi. Elektron qurilma o'lchashni avtomatlashtirish uchun o'rnatilgan. Dastlabki ma'lumotlar kompyuterga yuboriladi va barcha kerakli hisob-kitoblar amalga oshiriladi. Granula shaklidagi maishiy chiqindi va yog'och chiqindi namunalari  $\pm 2 \cdot 10^{-5}$  g aniqlikda o'lchanadi hamda og'irlik vakuum darajasigacha kamaytiriladi.

## **Ikkinchi bob bo'yicha xulosalar**

1. Qattiq chiqindilari termal konversiya jarayonining kinetik xususiyatlarini o'rganish maqsadida umumiy maishiy chiqindi va yog'och chiqindilarining termal parchalanish jarayoni hamda kalorimetrik xususiyatlari massa va issiqlik oqim o'zgarish dinamikasini aniqlash yordamida tahlil qilindi.

2. Piroliz qurilmasida bo'layotgan issiqlik-fizik jarayonlari tahlili asosida reaktor elektr qizdirgich elementining quvvati issiqlik va elektr hisoblarini bajarish orqali aniqlandi. Natijada piroliz reaktoridagi 3 kg biomassani qizdirish uchun kerak bo'ladigan elektr qizdirgichning quvvati 2 kVt bo'lishi aniqlandi.

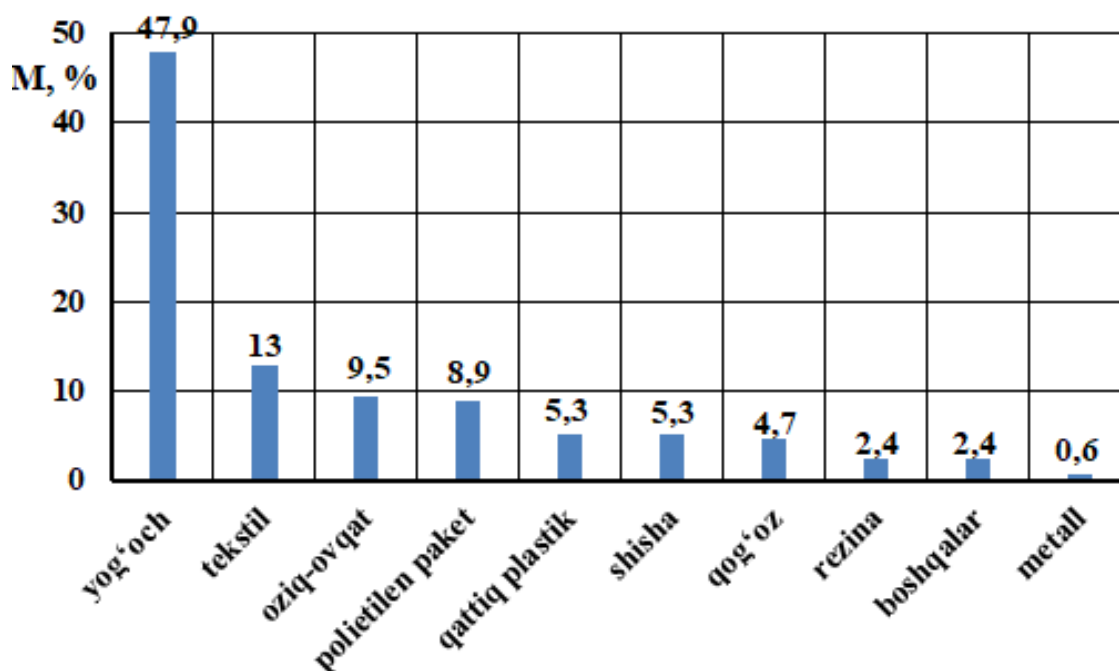
3. Piroliz jarayoni va reaktorlarning turlari hamda ishlash jarayonlari tahlili asosida yangi qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari pirolizi natijasida olinadigan bioyoqilg‘i miqdorini oshirish imkonini beruvchi piroreaktor ishlab chiqildi. Unga ko‘ra, ishlab chiqilgan 0,003 m<sup>3</sup> hajmli piroliz reaktori qalinligi, ichki diametri va umumiy uzunligi mos ravishda 10, 65 hamda 300 mm ekanligi aniqlandi.

4. Mazkur tadqiqot metodologiyasi qattiq chiqindilarning utilizatsiya (qayta ishlash) imkoniyatlarini aniqlash, chiqindilarni yo‘qotish harakatlarini rivojlantirish yoki ma’lum fraksiyalarni ajratish kabi yo‘llar bilan energiya olish va ularni boshqarish yo‘nalishlarini rivojlantirish imkonini beradi.

### III BOB. QISHLOQ XO‘JALIGI QATTIQ CHIQINDILARINI QAYTA ISHLASH JARAYONINI EKSPERIMENTAL TADQIQ QILISH

#### 3.1-§ Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari energetik xususiyatlarini aniqlash natijalari

Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilarini yig‘ish Amerika Sinov va Materiallar Jamiyati (ASTM) 5231 va PN-EN Yevropa xalqaro standartlari asosida Toshkent viloyatidagi chiqindi to‘plash poligonlaridan birida umumiy og‘irligi 99-120 kg ni tashkil qiladigan maxsus qoplarda amalga oshirildi hamda “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti laboratoriyasida tekshirildi.



10-rasm. Hududdagi umumiy chiqindi tarkibi va miqdorlari

Poligondan olib kelingan chiqindilar tasnifi bo‘yicha turlarga ajratildi va chiqindi namunalari yog‘och, oziq-ovqat chiqindilari, plastik paket, qattiq plastmassa, to‘qimachilik, shisha, kauchuk va qora metall kabi o‘n turdagi chiqindilardan tarkib topganligi aniqlandi (10-rasm). Laboratoriya tahlillaridan avval chiqindi namunalari taxminan 2-3 mm o‘lchamda maydalandi.

Tadqiqot hududining geografik joylashuvi, ko‘p qavatli uylarning yo‘qligi va hudud aholisining hovlilarda istiqomat qilishi, shuningdek, poligonga yaqin

hududda fermer xo‘jaliklarining joylashganligi chiqindilar tarkibida yog‘och chiqindilari miqdorining ko‘pligiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari chiqindi namunalarini yig‘ish jarayoni har yilgi hosil yig‘ish mavsumidan keyin, ya‘ni yanvar oyida amalga oshirilganligi ushbu chiqindi miqdorining yuqoriligiga yana bir sababdir. Demak, ushbu mavsumlar davomida xonadonlar va xalq xo‘jaligi chiqindilari chiqindixonada aralash ko‘milib ketgan. Bir necha yillar davomida aholi soni va sanoatlashishning tez sur‘atlarda o‘sishi maishiy chiqindi miqdori oshishining asosiy sababi bo‘lishi mumkin. Hududdagi chiqindilar to‘plash poligonida qora metall va boshqa chiqindi turlari kam ulushni tashkil etishdi. Utilizatsiya qilish imkoniyati mavjud chiqindilar miqdorining ko‘pligi hududdagi poligonining energiya olish potentsiali yuqoriligidan dalolat beradi.

Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari dastlabki tahlili namunalar tarkibidagi namlik, uchuvchan moddalar, namuna tarkibidagi kul va sobit uglerod miqdorlarini aniqlashni o‘z ichiga oladi. Yakuniy tahlil namunalarning CHNS va O tarkibini aniqlash uchun o‘tkazildi hamda tadqiqot natijalari 1 – jadvalda keltirilgan.

**1- jadval.**

**Dastlabki va yakuniy tahlil natijalari**

Dastlabki tahlil natijalari					
Namuna	Namlik miqdori, %	Uchuvchan moddalar miqdori, %	Kul miqdori, %	Sobit uglerod, %	
Maishiy chiqindi	13,05	62,6	20,8	3,55	
Yog‘och	18,22	49,4	21,5	10,88	
Yakuniy tahlil natijalari					
Namuna	C, %	H, %	S, %	N, %	O, %
Maishiy chiqindi	54,26	5,87	0,71	1,59	37,57
Yog‘och	52,41	7,03	0,25	0,56	39,75

Yuqorida keltirilgan 1 – jadvaldan ko‘rish mumkinki, umumiy maishiy chiqindi namunasidagi namlik miqdori 13,05 % va sobit uglerod miqdori 3,55 % ni tashkil etmoqda. Xuddi shuningdek, yog‘och chiqindi namunasidagi namlik va sobit uglerod miqdorlari mos ravishda 18,22 % hamda 10,88 % ga teng. Namlik

miqdori materialni quritish jarayonida undan chiqib ketadigan suv miqdori bilan o'lanadi va bu o'sha materialning fizik hamda kimyoviy xususiyatlariga to'g'ridan – to'g'ri bog'liq bo'lib, unga atrofdagi suvni o'ziga singdirish imkonini beradi. Sobot uglerod – bu material yuzasida pista ko'mir ko'rinishida qoladigan uglerod [21, 111]. 1 – jadvalda qayd etilganidek, umumiy maishiy chiqindi tarkibida uchuvchan moddalar va kul miqdori mos ravishda 62,6 % hamda 20,8 % va ushbu miqdorlar yog'och chiqindi tarkibida 49,4 % hamda 21,5 % ga teng. Ushbu ikki ko'rsatkich xususiyati bo'yicha piroliz va gazlashtirish jarayoniga to'g'ridan – to'g'ri ta'sir etish imkoniyatiga ega. Maishiy chiqindi va yog'och chiqindilari ko'mir bilan taqqoslaganda yonuvchanligi (yonishga ta'sirchanligi) pastroq bo'lishiga qaramasdan ularni dastlabki qayta ishlash yo'li bilan tarkibidagi uglerod hamda kul kabi yonmaydigan materiallar miqdorini kamaytirib, ularning yonuvchanlik xususiyatini oshirishimiz mumkin.

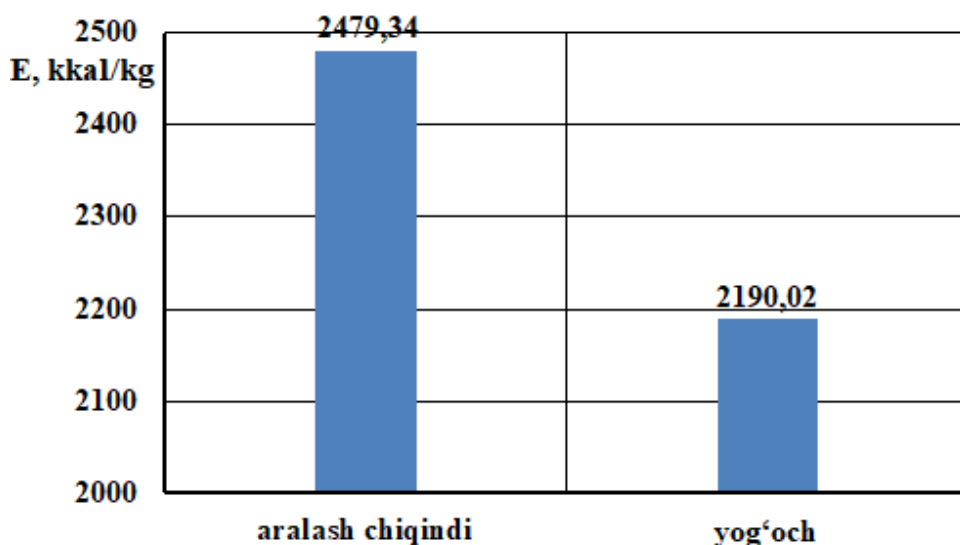
Yakuniy tahlil biomassa namunalarining kimyoviy xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi. Thermo Scientific™ FlashSmart™ Elemental Analizatori yordamida tadqiq qilingan yakuniy tahlil natijalari ham 1 – jadvalda keltirilgan. Tahlil natijalari namunalar tarkibida oltingugurt (S) va azot (N) miqdori yuqori emasligini ko'rsatdi va bu biomassani konversiyalash texnologiyalarida ushbu elementlarning yuqori miqdori natijasida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolar bo'lmasligini anglatadi.

Maishiy chiqindi va yog'och biomassalarining umumiy oksid tarkibini aniqlash (rentgenogramma) chiqindilarning kimyoviy struktura (tuzilish)si hamda xususiyatlarini chuqurroq o'rganish imkoniyatini beradi. O'tkazilgan tahlil natijalariga ko'ra, maishiy chiqindi va yog'och chiqindilari tarkibi  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  va boshqa shu kabi oksid birikmalaridan iboratligini bilish mumkin.

### **3.2-§ Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarining energetik qiymati, massa va issiqlik oqimi o'zgarish dinamikasini aniqlash**

Quyidagi 11 – rasmda har bir biomassa namunasi energetik (yuqori issiqlik) qiymatlarini taqqoslash tahlili keltirilgan bo'lib, rasmdan shuni xulosa qilish

mumkinki, umumiy maishiy chiqindining energetik qiymati yog‘och chiqindi namunasining energetik qiymatidan biroz yuqori.

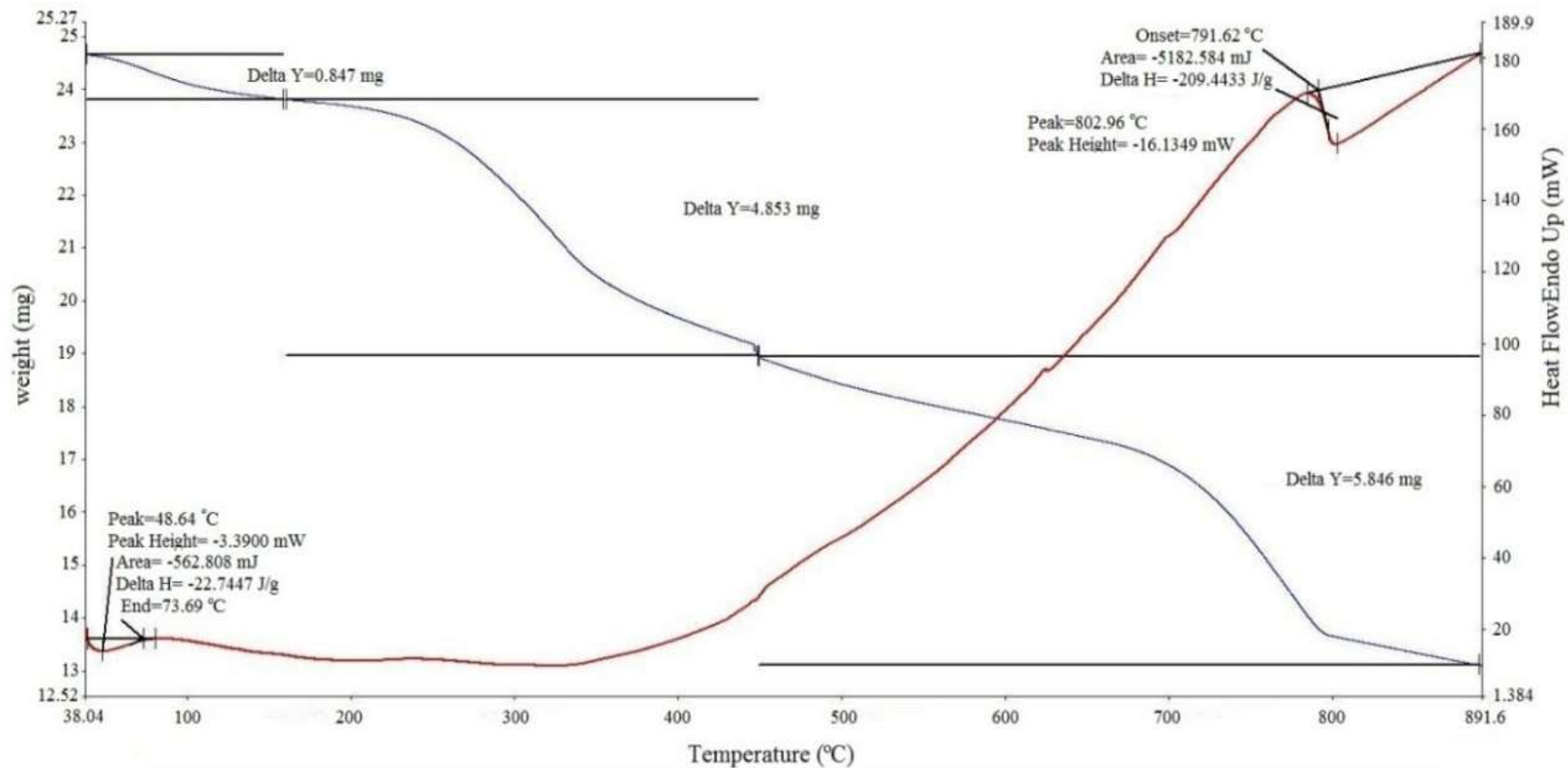


**11-rasm. Aralash va yog‘och chiqindilarining energetik qiymatlari**

Materialning energetik qiymatiga ta’sir etuvchi asosiy omil namuna tarkibidagi uglerod va vodorod miqdori hisoblanadi. Shu jumladan, namlik miqdori materialning energetik qiymatini kamaytiradi. Jahon Banki texnik hisoboti ma’lumotlariga ko‘ra, maishiy chiqindilardan yoqilg‘i manbai sifatida foydalanish uchun ularning energetik qiymati 1671 kkal/kg dan yuqori bo‘lishi kerak. Maishiy chiqindining yuqori energetik qiymatga ega ekanligi tarkibida asosan uglerod miqdorining ko‘pligi bilan bog‘liq va bu boshqa tadqiqot natijalariga mos keladi [122]. Biroq biomassaning energetik qiymati ularning tarkibidagi namlik miqdoriga ham bevosita bog‘liq [123]. Bundan tashqari yog‘och chiqindilari tarkibida vodorod( $H_2$ ) miqdorining yuqoriligi uning namlik miqdori oshishiga ta’sir qiladi va natijada namuna tarkibidagi uglerodning hamda shu bilan birgalikda energetik qiymatining kamayishiga olib keladi. Quritilgan maishiy chiqindi namunasi tarkibida namlik miqdorining kamligi yog‘och chiqindi namunasiga qaraganda uning yuqoriroq energetik qiymatga ega bo‘lishini ta’minladi. Biomassani quritish jarayonini to‘g‘ri amalga oshirish uning energetik qiymati oshishiga olib kelishi mumkin. Demak, maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilarini energiya olish maqsadida qayta ishlashda muhim qadamlardan biri quritish

jarayoni hisoblanadi [124]. Yuqorida olingan natijalar qayta ishlash texnologiyalarini qo'llab maishiy chiqindi va yog'och chiqindilaridan yoqilg'i sifatida foydalanish imkoniyati mavjudligini yana bir bor ko'rsatadi.

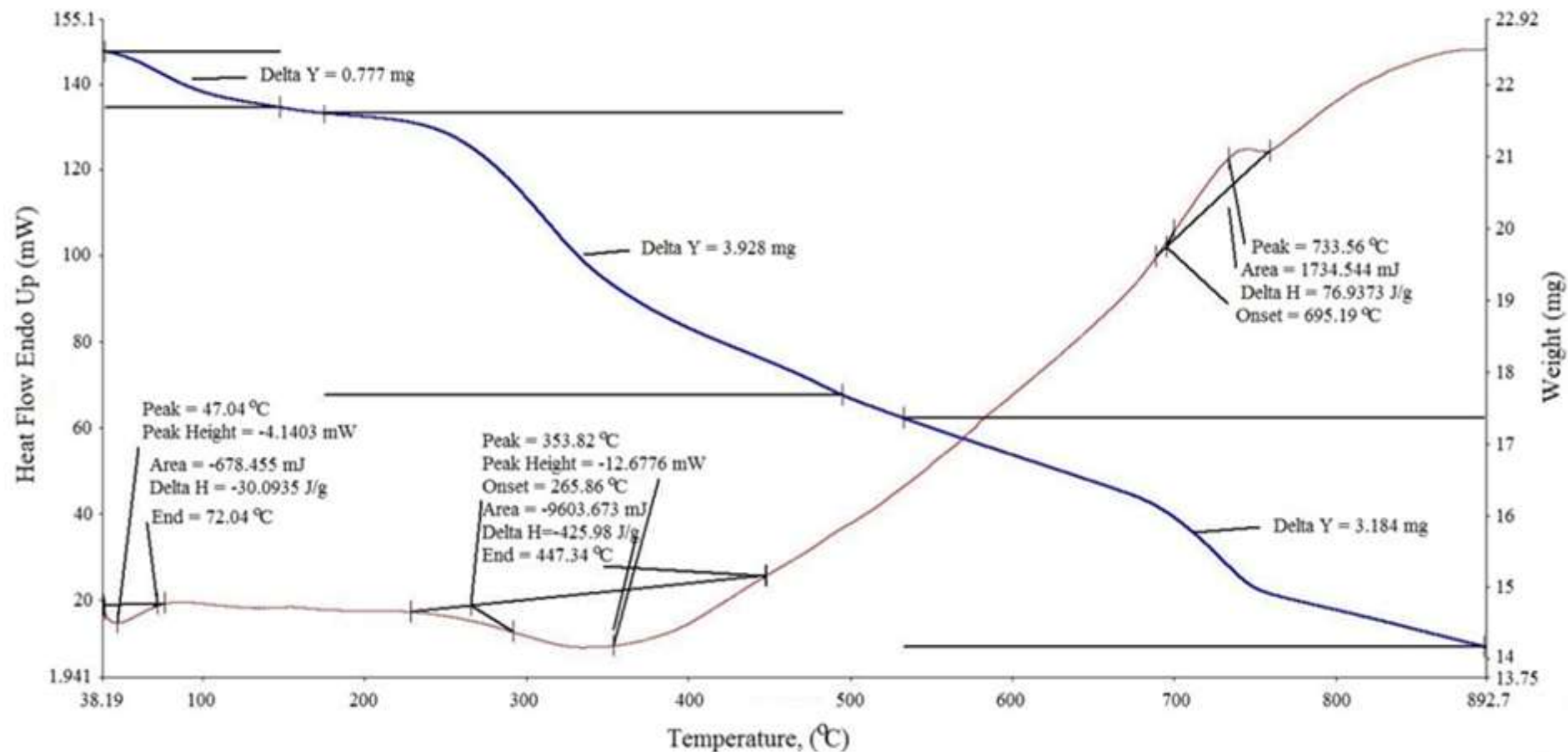
Quyidagi 12–rasmda maishiy chiqindi namunalarining massa va issiqlik oqimi egri chiziqlari keltirilgan. Maishiy chiqindi tarkibiy qismi juda murakkab va odatda oziq-ovqat qoldiqlari, qog'oz, yog'och va bambuk, rezina va plastmassa hamda tekstil kabi beshta guruhga ajratiladi. maishiy chiqindi tarkibiga bog'liq holda piroliz jarayoni turlicha sodir bo'ladi [125]. Shunga ko'ra, 12–rasmda tasvirlangan egri chiziqlar maishiy chiqindi tarkibida kichik molekulyar birikmalar miqdori yuqoriligi bilan bog'liq [126].



weight – og‘irlik(mg), HeatFlowEndo Up – issiqlik oqimi(mW), Temperature – harorat (°C)  
**12-rasm. Maishiy chiqindi namunalarining massa va issiqlik oqimi o‘zgarish dinamikasi**

Yuqoridagi 13-rasmdan ko‘rinib turibdiki, (1) suvsizlanish; (2) sellyuloza, lignin kabi yuqori molekulyar moddalarning parchalanishi va (3) kichik molekulyar birikmalarning sekin parchalanishi bilan polukoks hosil bo‘lishi kabi uchta zona(hudud)ni ajratish mumkin. Suvsizlanish zonasi 49 °C haroratda namoyon bo‘la boshlaydi va bu vaqtda muhit harorari hamda ~160 °C oralig‘ida chiqindilardan yutilgan suvning fizik yo‘qotilishi va sirt taranglik bilan chegaralangan suvning yuzaga yoki tashqariga ajralib chiqishi bilan dastlabki massa yo‘qotilishi (tahminan 3,4 %) kuzatiladi. Shundan so‘ng chiqindilar mos tarkibiy qismlarining parchalanishi bilan bog‘liq uchuvchan qoldiqlar yo‘qolishining ikkita zonasi kuzatiladi.

W.Buah va boshqalar [124] yoki L.Sorum va boshqalar [127] bo‘yicha maishiy chiqindi tarkibidagi sellyuloza moddasining asosiy massa yo‘qotishi 250-400 °C oralig‘ida; polistirol, polipropilen, past va yuqori zichlikka ega polietilenning termik parchalanishi 350-500 °C haroratda sodir bo‘ladi. Polivinilxlorid ikkita asosiy bosqich oralig‘ida parchalanadi, ya‘ni 1) 200-380 °C (ushbu harorat oralig‘ida gemisellyuloza va qog‘oz sellyulozasi fraksiyalaridan xlor ajralishi bilan bog‘liq holda sodir bo‘ladi) va 2) 380-550 °C (mazkur oraliqda boshqa plastik materiallardan ham qoldiq uglevodorodlarning parchalanishi sodir bo‘ladi). Shunga asosan, 180 va 450 °C oralig‘idagi ikkinchi zona lignosellyuloza va sellyuloza materiallarining sellyuloza fraksiyalari kabi uchuvchan gemisellyulozalarni yo‘qotish zonasi degan xulosaga kelishimiz mumkin. Natijada namunaning dastlabki massasidan 19,7 % yo‘qotildi. 450 va 890 °C oralig‘ida yuz beradigan hamda 803 °C da yuqori darajada namoyon bo‘ladigan uchinchi zonadagi massa yo‘qotilishi asosan, plastmassa materiallarining parchalanishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. To‘g‘risini aytganda, ushbu o‘zgarishlar odatda 500 °C gacha haroratda kuzatiladi [128]. Biroq [129]ga ko‘ra, kichik molekulyar birikmalarning parchalanishi 900 °C gacha sodir bo‘lishi mumkin. Natijada uchinchi zona davomiyligi uzayganda tahminan 23,7 % ni tashkil etuvchi eng katta massa yo‘qotilishi qayd etiladi.



weight – og‘irlik(mg), HeatFlowEndo Up – issiqlik oqimi(mW), Temperature – harorat (°C)

**13-rasm. Yog‘och chiqindi namunalarining massa va issiqlik oqimi o‘zgarish dinamikasi**

Yuqoridagi 13 – rasmda termogravimetrik analizatoridan foydalanib, azot muhitida  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}^{-1}$  yonish tezligida  $890\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha qizdirilgan(yondirilgan) yog‘och chiqindilari(biomassa)ning massa va issiqlik oqimi o‘zgarish dinamikasi keltirilgan. Diqqatga sazovor jihati shundaki, sellyuloza, gemisellyuloza, lignin va ekstraktiv moddalar biomasaning asosiy komponentlari hisoblanib, biomassa namunalari parchalanishi ular asosiy komponentlari mustaqil parchalanishining qo‘shilishi kabi izohlanadi. Biroq biomassa namunalari parchalanishining ba’zi tipik zonalari farq qilishi mumkin [130]. Shunga ko‘ra, 14 – rasmda har bir pikka mos ravishda uchta asosiy zonani kuzatishimiz mumkin. Boshlang‘ich va tahminan  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha harorat oralig‘idagi birinchi zona (pik  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) biomasada mavjud namlik ajralib chiqishini ta‘minlaydi ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  kabi yuzada singdirilgan gazlar ham chiqishi mumkin). Ushbu zona vaqtida massa yo‘qotilishi kam (tahminan 3,5 %) kuzatildi. Harorat oshishi bilan gemisellyuloza, sellyuloza va lignin parchalanish jarayoni boshlanadi.

Ma‘lumotlarga ko‘ra, gemisellyuloza  $220$  dan  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha haroratda, sellyuloza  $250$  dan  $360\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha haroratda parchalansa, lignin  $80$  dan  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha haroratdagi keng diapason (oralig‘ida bosqichma-bosqich parchalanadi [131]. Binobarin, ushbu harorat oralig‘lari kelishilgan holda qabul qilingan bo‘lsada, ko‘pgina ma‘lumotlar biomassa komponentlarining parchalanishi bundanda keng diapazon va yuqori haroratda sodir bo‘lishini ko‘rsatadi. Biroq odatda, maqbul natija oxirgi uchta holatda kuzatiladi [132]. Shunday qilib, 14 – rasmda parchalanish jarayoniga bog‘liq holda yana ikkita turli harorat oralig‘ini ajratishimiz mumkin.  $220$ - $490\text{ }^{\circ}\text{C}$  oralig‘idagi ikkinchi zona (pik  $\sim 353\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) gemisellyuloza va sellyuloza pirolizi jarayoniga mos keladi. Ushbu zonada yuqori massa yo‘qotilishi (17 % dan yuqori) sodir bo‘ladi.

O‘z navbatida 14,1 % massa yo‘qotilishi kuzatiladigan uchinchi zona tahminan  $520\text{ }^{\circ}\text{C}$  haroratda boshlanadi va oxirgi haroratgacha davom etadi (pik haroratlar  $695$  dan  $780\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha). Mazkur zonani sekin sodir bo‘ladigan va pirolitik reaksiya harorat oralig‘ini oshirish mumkin bo‘lgan sellyuloza va lignin parchalanish jarayonigacha olib borish mumkin [133]. Shuni qo‘shimcha qilish

kerakki, ba'zi olimlar selluloza va gemisellyuloza parchalanishi bilan bog'liq(ushbu tadqiqot ishida kuzatilmadi) yoki massa yo'qotilishi sezilarli bo'lmagan(kuzatildi) 100-200 °C harorat oralig'idagi zonada alohida piklarni kuzatishgan. Ikkinchi zonada biomassa kristall tuzilishiga ega bo'lmagan qattiq amorf modda(masalan, shisha)ga aylanadi. Bunday natijani sekin sodir bo'ladigan depolimerizatsiya jarayoni bilan tushuntirish mumkin [134, 135].

Massa va issiqlik oqimi o'zgarish dinamikasi egri chiziqlaridan xulosa qiladigan bo'lsak, 39-890 °C harorat oralig'ida umumiy maishiy chiqindi va yog'och chiqindi namunalari parchalanishida umumiy massa yo'qotilishi mos ravishda 52,3 % hamda 35 % ga teng. Ushbu natijalar 1 – jadvalda keltirilgan dastlabki tahlil natijalari bilan mos keladi.

### **3.3-§ Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayonini to'la faktorli eksperimentlar asosida jarayonning optimal parametrlarini aniqlash**

#### **3.3.1. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoniga ta'sir etuvchi faktorlarning o'zgarish chegaralarini aniqlash**

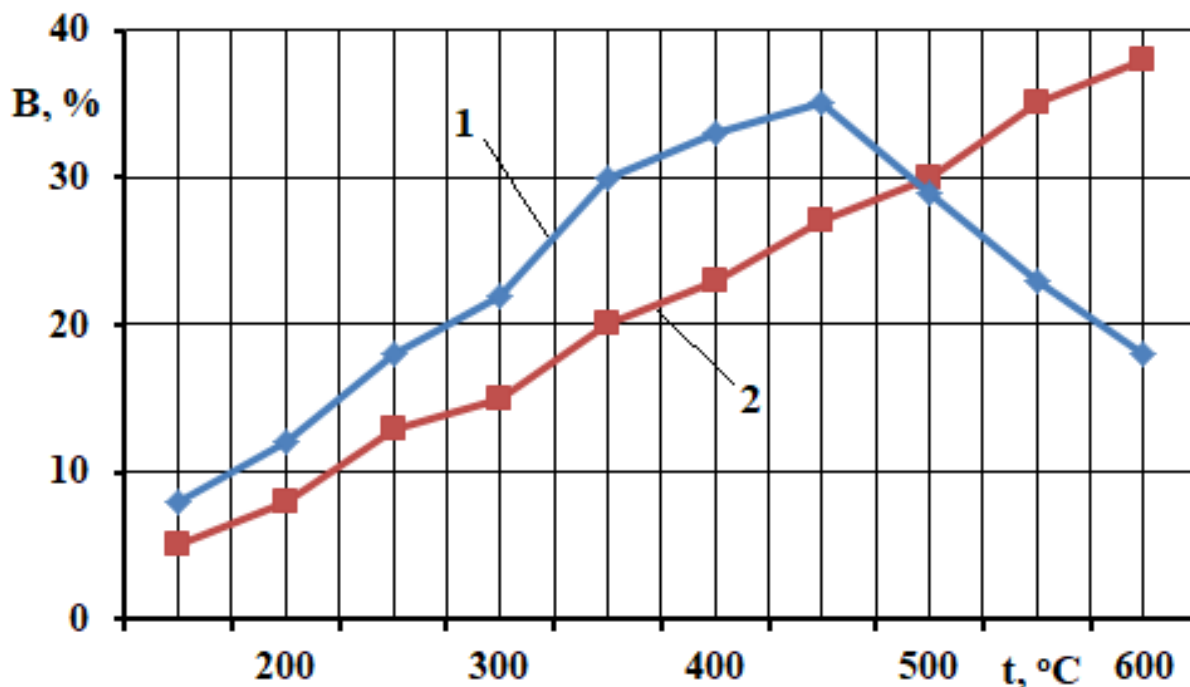
Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini piroliz usuli yordamida termik qayta ishlash va yoqilg'i olish uchun piroliz reaktorining laboratoriya qurilmasida eksperimental tadqiqotlar o'tkazildi. Eksperimental tadqiqotlarning asosiy maqsadi piroliz jarayonining harorat, piroliz davomiyligi va maishiy chiqindilarning xususiyatlariga bog'liqligini o'rganish hamda faktorlarning o'zgarish chegaralarini aniqlash hisoblanadi. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari pirolizi jarayonidan asosiy energetik mahsulotlar sifatida bioyoqilg'i va gaz olinadi.

Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoniga ta'sir etuvchi faktorlar sifatida quyidagilar qabul qilindi: piroliz reaktoridagi biomassa harorati ( $t$ ), piroliz jarayonining davomiyligi ( $\tau$ ) va reaktorga yuklanadigan qattiq maishiy chiqindi o'lchami ( $F$ ). Piroliz jarayonining samaradorligini baholash uchun suyuq va gazzimon piroliz mahsuloti chiqishi ( $B$ ) qabul qilindi. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlash jarayoniga tanlangan faktorlarning

ta'sirini o'rganish maqsadida klassik usulda eksperimentlar o'tkazildi. Bunda faktorlarning bittasi o'zgartirilib qolgan ikkita faktor o'zgarmas holatda saqlandi va o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari grafik ko'rinishda keltirildi.

Reaktorda qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari pirolizi jarayonida hosil bo'ladigan bioyoqilg'i va gaz chiqish miqdorining haroratga, piroliz davomiyligiga hamda biomassa o'lchamiga bog'liqlik grafiklari 14, 15 va 16-rasmlarda keltirilgan.

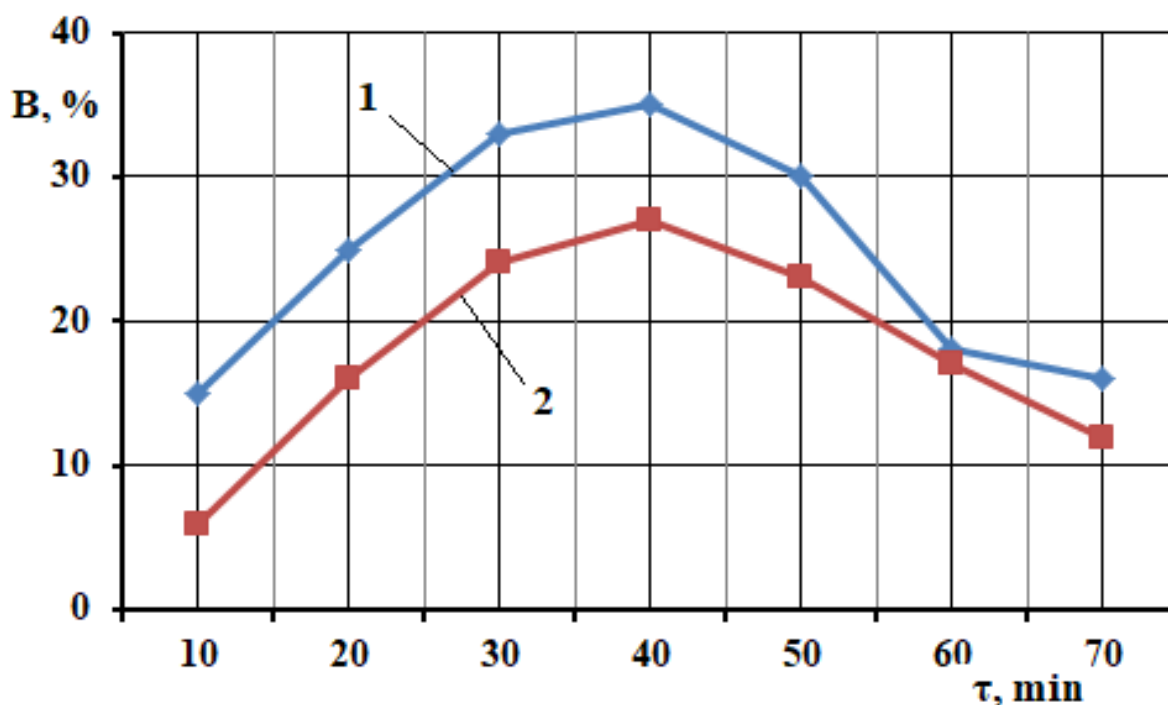
Quyida keltirilgan 15-rasmdan ko'rinib turibdiki, maishiy chiqindini piroliz texnologiyasi yordamida qayta ishlanganda reaktordagi qizdirish harorati e'tiborga olinishi zarur. Bunda qizdirish harorati 400 °C gacha oshirib borganda reaktor ichidagi xom-ashyoning parchalanishi va energetik mahsulot(bioyoqilg'i va gaz) chiqish miqdori ham ortib boradi hamda reaktor ichidagi harorat 400 °C dan keyin bioyoqilg'i chiqishi o'zgarmaydi va aksincha, kamayib boradi. Shu bilan birgalikda gaz chiqish miqdorining ortishi kuzatiladi. Lekin ushbu miqdor qizdirishga sarflanayotgan energiya bilan o'zaro muttanosib emas.



1 - bioyoqilg'i; 2 – gaz

**14-rasm. Qattiq chiqindidan piroliz mahsuloti chiqish miqdorining haroratga bog'liqligi**

Qattiq chiqindini termoelektrik qayta ishlashda hosil bo‘ladigan energetik mahsulot miqdoriga piroliz jarayoni davomiyligi ham bevosita ta’sir etadi. Piroliz davomiyligi ortib borishi bilan bevosita ajralib chiqadigan bioyoqilg‘i va gazning miqdori ham ortib borishi kuzatiladi(15-rasmga qarang). Reaksiya vaqti 35-40 daqiqagacha bo‘lgan muddatda reaktorga yuklangan maishiy chiqindi parchalanishi va maksimal miqdorda mahsulot ajralib chiqishiga olib keladi. Piroliz davomiyligi oshib borgan sari reaktor ichidagi xom-ashyoning parchalanish faolligi kamayishi bilan birga mahsulot chiqish miqdorining ham keskin kamayishiga olib keladi.

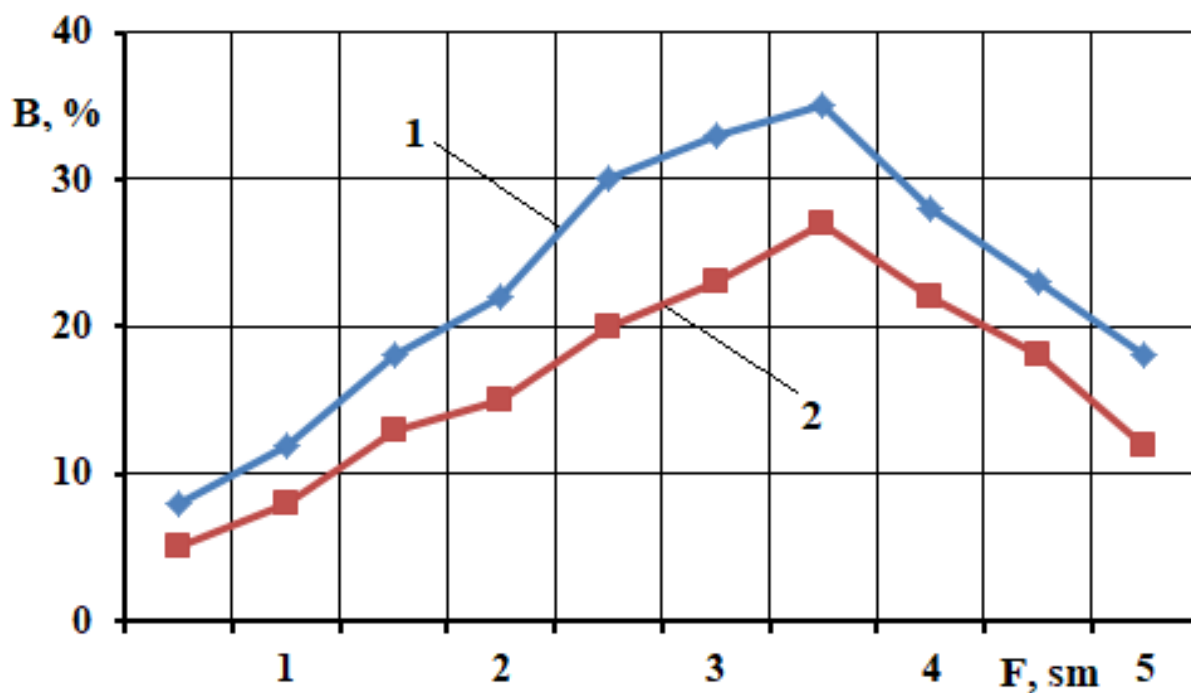


1 - bioyoqilg‘i; 2 – gaz

**15-rasm. Qattiq chiqindidan piroliz mahsuloti chiqish miqdorining piroliz davomiyligiga bog‘liqligi**

Quyidagi 16-rasmdagi grafikda piroliz mahsuloti chiqish miqdorining chiqindi kattaligiga bog‘liqligi keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, piroliz mahsuloti chiqish miqdoriga biomassa o‘lchami ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ya’ni, chiqindi kattaligi 3-4 sm oralig‘ida maksimal miqdorda energetik mahsulot olish imkoniyatiga ega bo‘lamiz. Shuningdek, biomassa o‘lchami belgilangan miqdordan katta bo‘lsa, mahsulot chiqish miqdoriga salbiy ta’sir ko‘rsatish bilan

birga reaksiya vaqtining ham choʻzilishiga olib keladi. Bu oʻz navbatida biomassani qayta ishlashda sarflanadigan tashqi energiyaning oshishiga olib keladi. Natijada olinadigan mahsulotga nisbatan sarflangan energiya oʻrtasida nomuttanosiblik yuzaga keladi.



1 - bioyoqilgʻi; 2 – gaz

**16-rasm. Maishiy chiqindidan piroliz mahsuloti chiqish miqdorining chiqindi kattaligiga bogʻliqligi**

### **3.3.2. Qishloq xoʻjaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoniga taʼsir etuvchi faktorlarning optimal parametrlarini matematik rejalashtirish asosida aniqlash**

Qishloq xoʻjaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlash jarayoniga taʼsir etuvchi faktorlar sifatida quyidagilar olindi: piroliz reaktoridagi harorat  $x_1$ , piroliz vaqti davomiyligi  $x_2$ , maishiy chiqindilarning oʻlchami  $x_3$ . Qishloq xoʻjaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlash jarayonini baholovchi kattalik sifatida piroliz mahsuloti chiqishi  $y$  koʻrsatkichi foizda olindi. Dastlabki eksperimentlar natijalariga asoslanib, javob funksiyasi oʻrganilayotgan eksperimental sohada chiziqli boʻlmaganligini inobatga olib, eksperimentlar Xartli

rejasi bo'yicha o'tkazildi. Quyidagi 2-jadvalda piroliz jarayoniga ta'sir etuvchi faktorlar va ularning o'zgarish intervallari hamda darajalari keltirigan.

2-jadval

**Faktorlarni o'zgartirish intervallari va darajalari**

Faktorlar	X <sub>1</sub> , °C	X <sub>2</sub> , minut	X <sub>3</sub> , sm
Asosiy daraja X <sub>i0</sub> (x <sub>i0</sub> =0)	350	35	3,5
O'zgarish intervali ΔX <sub>i</sub>	50	5	0,5
Pastki daraja X <sub>ip</sub> (x <sub>ip</sub> = -1)	300	30	3
Yuqori daraja X <sub>iy</sub> (x <sub>iy</sub> =+1)	450	40	4

Xartli rejasi spektrining matritsasi 3-jadvalda keltirilgan. 3-jadvalda eksperiment natijalari (y<sub>g1</sub>, y<sub>g2</sub>, y<sub>g3</sub>) keltirilgan va quyidagi ifodalar yordamida m ta parallel tajribalarning o'rtacha qiymati hamda dispersiyalar hisoblangan:

$$\bar{y}_g = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{gi} \quad (38)$$

$$S_g^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_{gi} - \bar{y}_g)^2 \quad (39)$$

q=0,05 uchun eksperiment ifodalanishini Koxren kriteriyasi bo'yicha quyidagi ifoda bo'yicha hisoblaymiz:

$$G = \frac{\max_g S_g^2}{\sum_{g=1}^{11} S_g^2} = \frac{2,47}{19,40} = 0,127 < G_{1-q}(v_1 = 2, v_2 = 11) = 0,3924 \quad (40)$$

Ushbu qiymat eksperimentning takrorlanishi gipotezasi javobni kuzatish natijalariga zid kelmaydi.

## 3-jadval

Xartli rejasi matritsasi va eksperiment natijalari  $f_0(x)$ 

$g$	Bazis funksiyalarning F matritsasi									$y_{g1}$	$y_{g2}$	$y_{g3}$	$\bar{y}_g$	$S_g^2$	$\hat{y}_g$
	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_5(x)$	$f_6(x)$	$f_8(x)$	$f_{11}(x)$	$f_{12}(x)$	$f_{13}(x)$						
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$						
1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	35	31,9	32,1	33	3,01	33,272
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	32,1	30,5	30,4	31	0,91	31,242
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	28	30,5	30	29,5	1,75	29,862
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	41	39,4	39,3	39,9	0,91	40,312
5	-1	0	0	0	0	0	+1	0	0	35,3	33,4	33,3	34	1,27	34,017
6	+1	0	0	0	0	0	+1	0	0	34,6	37,5	37,1	36,4	2,47	36,377
7	0	-1	0	0	0	0	0	+1	0	33,5	31,3	31,2	32	1,69	32,257
8	0	+1	0	0	0	0	0	+1	0	34,9	36,5	36,6	36	0,91	35,737
9	0	0	-1	0	0	0	0	0	+1	31,6	29,1	29,3	30	1,93	30,777
10	0	0	+1	0	0	0	0	0	+1	36,9	38,2	38,3	37,8	0,61	37,017
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	34,5	34	33,5	1,75	32,872

$n=3$  da Xartli rejasi simmetrik hisoblanadi, shu sababli reja momentlarini quyidagi ifodalar orqali aniqlaymiz:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_2 &= \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N (x_i^2)_g, \quad i = 1 \dots n; \\ \lambda_3 &= \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N (x_i^2 x_j^2)_g, \quad i, j = 1 \dots n; \quad i \neq j; \\ \lambda_4 &= \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N (x_i^4)_g, \quad i = 1 \dots n; \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

Yuqoridagi ifodaga asosan reja momentlarini hisoblaymiz:

$$\lambda_2 = \lambda_4 = 0,8181, \quad \lambda_3 = 0,54546 \quad (42)$$

Xartli rejasi bo'yicha konstantalarni quyidagi ifodalar orqali aniqlaymiz:

$$a = \frac{n\lambda_2^2}{\lambda_4 + (n-1)\lambda_3 - n\lambda_2^2} + 1 \quad (43)$$

$$b = \frac{\lambda_2}{\lambda_4 + (n-1)\lambda_3 - n\lambda_2^2} \quad (44)$$

$$c = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_3} \quad (45)$$

$$d = \frac{\lambda_3 - \lambda_2^2}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_4 + (n-1)\lambda_3 - n\lambda_2^2)} \quad (46)$$

(43) – (46) ifodalardan konstantalarni hisoblaymiz:

$$a = \frac{2,00786}{0,81024} + 1 = 3,4781 \quad (47)$$

$$b = \frac{0,8181}{0,81024} = 1,0097 \quad (48)$$

$$c = \frac{1}{0,8181 - 0,54546} = 3,66784 \quad (49)$$

$$d = \frac{0,12383}{2,97183} = 0,041667 \quad (50)$$

Hisoblangan  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  qiymatlarini to'g'riligini quyidagi ifodalar orqali tekshiramiz:

$$a - nb\lambda_2 = 1 \quad (51)$$

$$b + (nd - c)\lambda_2 = 0 \quad (52)$$

$$b\lambda_2 + [d(n-1) - c]\lambda_3 + d\lambda_4 = 0 \quad (53)$$

Regressiya koeffitsiyentlarini quyidagi ifodalar orqali aniqlaymiz:

$$b_0 = \frac{a}{N} \sum_{g=1}^N \bar{y}_g - \frac{b}{N} \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^N (x_i^2)_g \bar{y}_g \quad (54)$$

$$b_i = \frac{1}{\lambda_2 N} \sum_{g=1}^N (x_i)_g \bar{y}_g \quad (55)$$

$$b_{ij} = \frac{1}{\lambda_3 N} \sum_{g=1}^N (x_i x_j)_g \bar{y}_g \quad (56)$$

$$b_{ii} = \frac{C}{N} \sum_{g=1}^N (x_i^2)_g \bar{y}_g - \frac{d}{N} \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^N (x_i^2)_g \bar{y}_g - \frac{b}{N} \sum_{g=1}^N \bar{y}_g \quad (57)$$

Koeffitsiyentlar dispersiyalari va korrelyatsion momentlari quyidagi ifodalar orqali hisoblanadi:

$$S^2(b_0) = \frac{a}{N} S^2\{\bar{y}\} \quad (58)$$

$$S^2\{b_i\} = (\lambda_2 \cdot N)^{-1} S^2\{\bar{y}\} \quad (59)$$

$$S^2\{b_{ij}\} = (\lambda_3 \cdot N)^{-1} S^2\{\bar{y}\} \quad (60)$$

$$S^2\{b_{ii}\} = \frac{C - OC}{N} S^2\{\bar{y}\} \quad (61)$$

$t_j$  -kriteriya yordamida olingan regressiya koeffitsiyentlarini statistik ahamiyatga ega ekanligini quyidagi ifoda orqali hisoblaymiz:

$$t_i = \frac{|b_j|}{S\{b_j\}} \quad (62)$$

Quyidagi ifoda orqali regressiya koeffitsiyentlarini ahamiyatga egaligini tekshirish nolinchgi gipotezani Styudent t-kriteriyasining alternativ qiymati bilan taqqoslash amalga oshiriladi:

$$t_j > t_{1-\frac{\alpha}{2}}(v = N(m-1)) \quad (63)$$

Ahamiyatga ega bo'lmagan regressiya koeffitsiyentlarini chiqarib tashlab, matematik modelni quyidagi ko'rinishda olamiz:

Bioyoqilg'i chiqishi:

$$\hat{y}(x, b) = 34,71 + 1,18x_1 + 1,74x_2 + 3,12x_3 - 0,325x_1x_3 + 0,925x_2x_3 + 0,4875x_1^2 - 0,712x_2^2 - 0,7125x_3^2 \quad (64)$$

Eksperiment natijalariga ishlov berishning navbatdagi bosqichi matematik model va javob funksiyasining adekvatligi haqidagi gipotezani tekshirish hisoblanadi. Dispersiya va adekvatlik dispersiyasini taqqoslash orqali regression tahlil usulidan keyin ushbu tanlash amalga oshiriladi.

Belgilangan ikkala dispersiyaning bir xilligi haqidagi gipotezaning adekvatligi to'g'risidagi gipoteza Fisher kriteriyasi yordamida tekshiriladi:

$$F = \frac{S_{OTK}^2}{S^2\{\bar{y}\}} \quad (65)$$

Quyidagi formula yordamida dispersiya ifodalanishi (воспроизводимость) darajasi hisoblanadi:

$$S^2\{y\} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N S_g^2 = \frac{1}{N_1 + 2n + N_0} \sum_{g=1}^N S_g^2 = \frac{19,94}{11} = 1,812727 \quad (66)$$

O'rtacha dispersiya esa quyida keltirilgan formula yordamida hisoblanadi:

$$S^2\{\bar{y}\} = \frac{S^2\{y\}}{m} = \frac{1,812727}{3} = 0,604242 \quad (67)$$

Tanlangan dispersiya  $S_{OTK}^2$  quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$S_{omk}^2 = \frac{\sum_{g=1}^N \left( \bar{y}_g - \hat{y}_g \right)^2}{N - d} \quad (68)$$

Jadvaldagi qiymatga asosan tanlangan dispersiyani hisoblaymiz:

$$S_{OTK}^2 = \frac{2,122719}{2} = 1,061359 \quad (69)$$

$S_{OTK}^2 > S_{\{\bar{y}\}}^2$  ni hisobga olib, quyidagicha hisoblaymiz:

$$F = \frac{S_{OTK}^2}{S^2\{\bar{y}\}} = \frac{1,061359}{0,604242} = 3 \quad (70)$$

$$V_1 = N - d = 11 - 9 = 2;$$

$$V_2 = N(n-1) = 11(3-1) = 22$$

Fisher kriteriyasining jadval qiymati  $q=0,05$  da quyidagiga teng bo'ladi:

$$F = 3 < F_{1-q}(2,22) = 3,44 \quad (71)$$

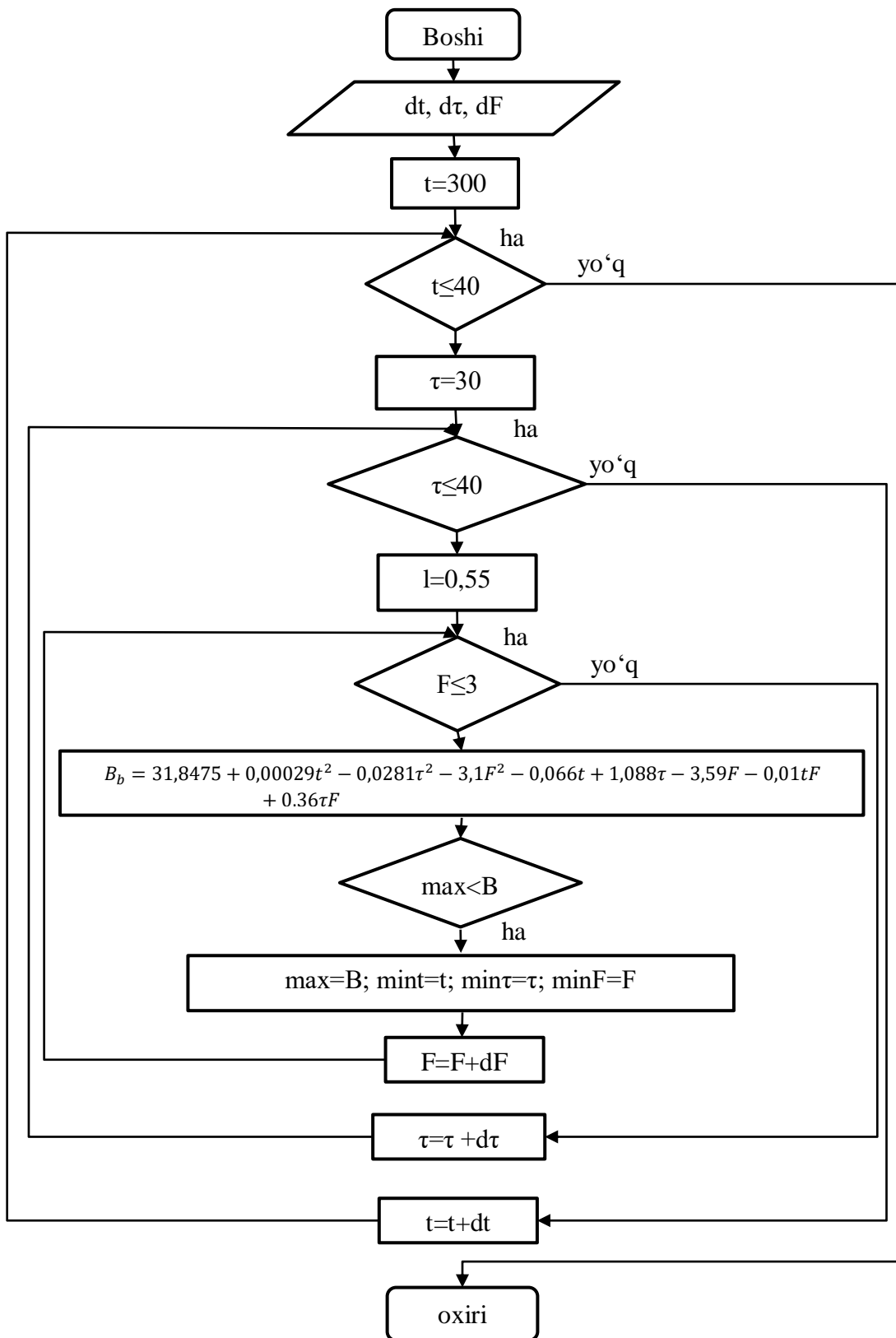
Shunday qilib, matematik model va javob funksiyasining mosligi haqidagi gipoteza kuzatuv natijalariga mos keladi.

Faktorlarni kodlangan qiymatlaridan natural qiymatlariga o'tkazib va tegishli o'zgarishlardan keyin qishloq xo'jaligi maishiy chiqindilarini piroliz jarayonini ifodalovchi matematik modeli quyidagicha bo'ladi:

Bioyoqilg'i chiqishi:

$$B_b = 31,8475 + 0,00029t^2 - 0,0281\tau^2 - 3,1F^2 - 0,066t + 1,088\tau - 3,59F - 0,01tF + 0,36\tau F \quad (72)$$

PascalABC kompyuter dasturida hisoblab matematik modelning optimum qiymati topildi. 17-rasmda qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlashda piroliz mahsuloti chiqishini hisoblash algoritmining blok-sxemasi keltirilgan.



**17-rasm. Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlashda piroliz mahsuloti chiqishini hisoblash algoritmining blok-sxemasi**

Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini piroliz reaktorida qayta ishlashda piroliz mahsuloti chiqishini ta'minlovchi optimal parametrlari sifatida harorat oralig'i  $t = 354\div 430$  °C, piroliz davomiyligi  $\tau = 39$  minut, chiqindilarning kattaligi  $F = 3,5$  sm bo'lishi aniqlandi. Ushbu parametrlarda piroliz reaktoridan bioyoqilg'i chiqishi 37,34 % ni tashkil etadi.

### **3.4-§ Piroliz reaktorida o'tkazilgan eksperiment natijasida olingan bioyoqilg'i va uning sifatini oshirish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalari**

Mazkur tadqiqot ishida qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari pirolizidan olinadigan bioyoqilg'i miqdorini oshirish imkonini beruvchi piroreaktor ishlab chiqildi(6-, 7-rasmlar) hamda amaliy tadqiqotlar o'tkazildi.

Tajribalar ikki bosqichda amalga oshirildi va olingan natijalar o'zaro hamda boshqa olimlarning natijalari bilan taqqoslandi.

Birinchi tajribada qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari pirolizi 250-430 °C haroratda o'tkazildi. Tajriba natijasida olingan bioyoqilg'i, biogaz hamda bioko'mir kabi energetik mahsulotlarning ulushlari mos ravishda 38,3; 26,7 va 35 % ni tashkil qildi.

Ikkinchi tajribada esa piroliz jarayoni natijasida hosil bo'lgan biogaz og'ir uglevodorodlar yig'iladigan idishga yo'naltiriladi va ikkilamchi piroliz natijasida og'ir uglevodorodlar tarkibidagi foydali elementlar ajralib chiqadi. Ikkinchi tajriba natijasida olingan qiymatlar mos ravishda 51,5; 33,2 va 15,3 % ga teng bo'ldi.

Tajriba natijalarining boshqa olimlarning ishlari bilan qiyosiy tahlili 4 - jadvalda keltirilgan.

Quyidagi 4-jadvaldan ko'rish mumkinki, ikkilamchi piroliz natijasida og'ir uglevodorodlar tarkibidagi foydali elementlarning ajralib chiqishi natijasida Tajriba 2 da Tajriba 1 ga nisbatan bioyoqilg'i miqdori ortgan. Shuningdek, piroliz jarayoni natijasida qoladigan qoldiq(bioko'mir) miqdori 35 % dan 15,3 % gacha kamayadi.

## Tajriba natijalarini boshqa natijalar bilan taqqoslash

№	Harorat, °C	Olingan mahsulot			Solishtirma energiya sarfi, kVt·soat/litr	Muallif
		Bioyo- qilg'i, %	Gaz, %	Bioko'- mir, %		
1	450 – 550	51,3	37	11,7	0,87	[136]
2	400	15,2	48,2	34,6	2,94	[137]
3	200 – 750	21,72	39,91	38,36	2,056	[10]
4	Tajriba 1 250 – 430	38,3	26,7	35	1,166	N. Abdug'a- niyev
	Tajriba 2 250 – 430	51,5	33,2	15,3	0,867	

Tajribalar natijasida olingan bioyoqilg'ini tozalash(distillatsiya) O'rmon xo'jaligi ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriyasida amalga oshirildi. Distillatsiya jarayonida foydalanilgan laboratoriya qurilmasining umumiy ko'rinishi 18-rasmda tasvirlangan.



18-rasm. Bioyoqilg'ini distillatsiya qilish qurilmasining umumiy ko'rinishi

Bioyoqilg‘i distillatsiyasidan olingan suyultirilgan yoqilg‘i gaz (Liquefied Petroleum Gas–LPG)ning energetik qiymati miqdorining boshqa neft mahsulotlari bilan qiyosiy tahlili quyidagi 5-jadvalda keltirilgan.

### 5-jadval

#### Distillatsiya natijasida olingan suyultirilgan yoqilg‘i gaz energetik qiymatining neft mahsulotlari bilan qiyosiy ko‘rsatgichlari

№	Yoqilg‘i turi	Energetik qiymati, MJ/kg
1	Dizel	43
2	Benzin	42,5
3	LPG (maishiy chiqindi)	40,6
4	LPG (yog‘och)	40,3

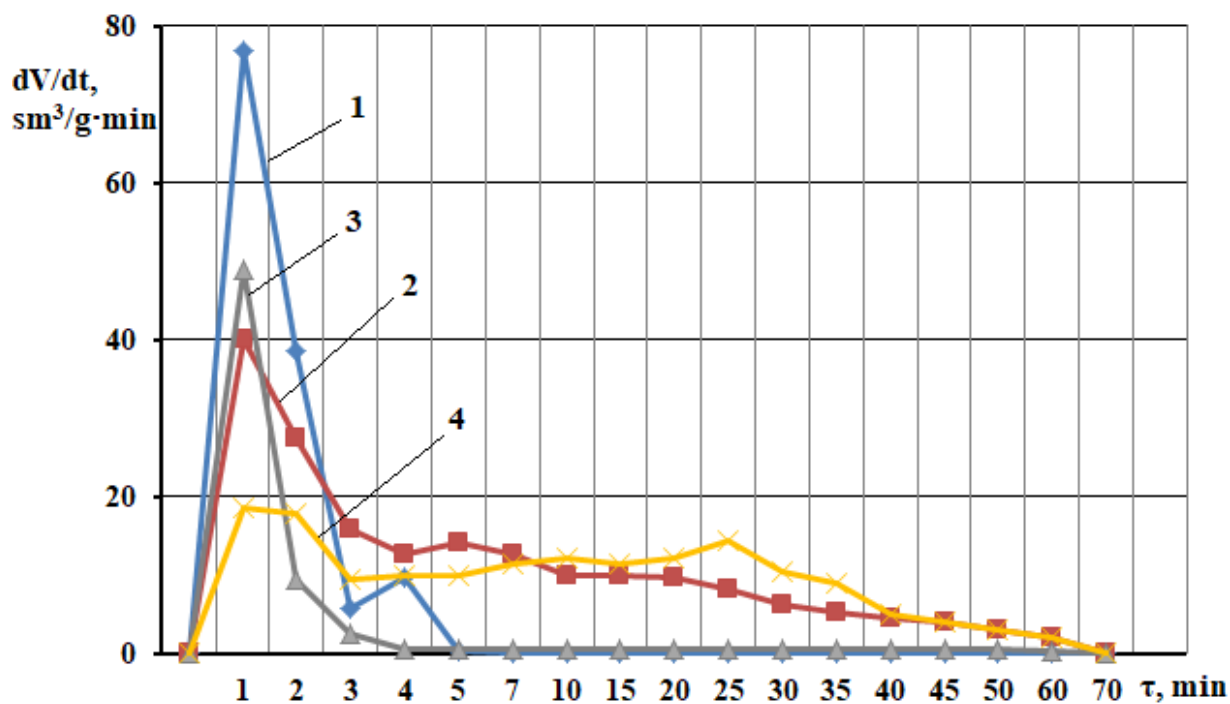
Yuqoridagi 5-jadvalda maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilari pirolizidan olingan bioyoqilg‘i distillatsiyasi natijasida olingan suyultirilgan yoqilg‘i gaz (LPG)ning energetik qiymatlari tabiiy neft mahsulotlari bo‘lgan benzin hamda dizelning energetik qiymatiga yaqinligini ko‘rishimiz mumkin.

Bundan tashqari piroliz moyining kimyoviy komponentlarini batafsil tahlil qilish gaz xromatografiyasi - massa spektrometriyasi (GC-MS) yordamida amalga oshirildi. Suyuq mahsulot tarkibida mavjud bo‘lgan birikmalar O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi O‘simlik moddalari kimyosi institutida olingan xromatogrammani solishtirish yo‘li bilan aniqlandi. Laboratoriya tahlillariga ko‘ra, piroliz natijasida olingan bioyoqilg‘i tarkibida turli konsentratsiyali 30 ga yaqin asosiy birikmalar mavjudligi aniqlandi.

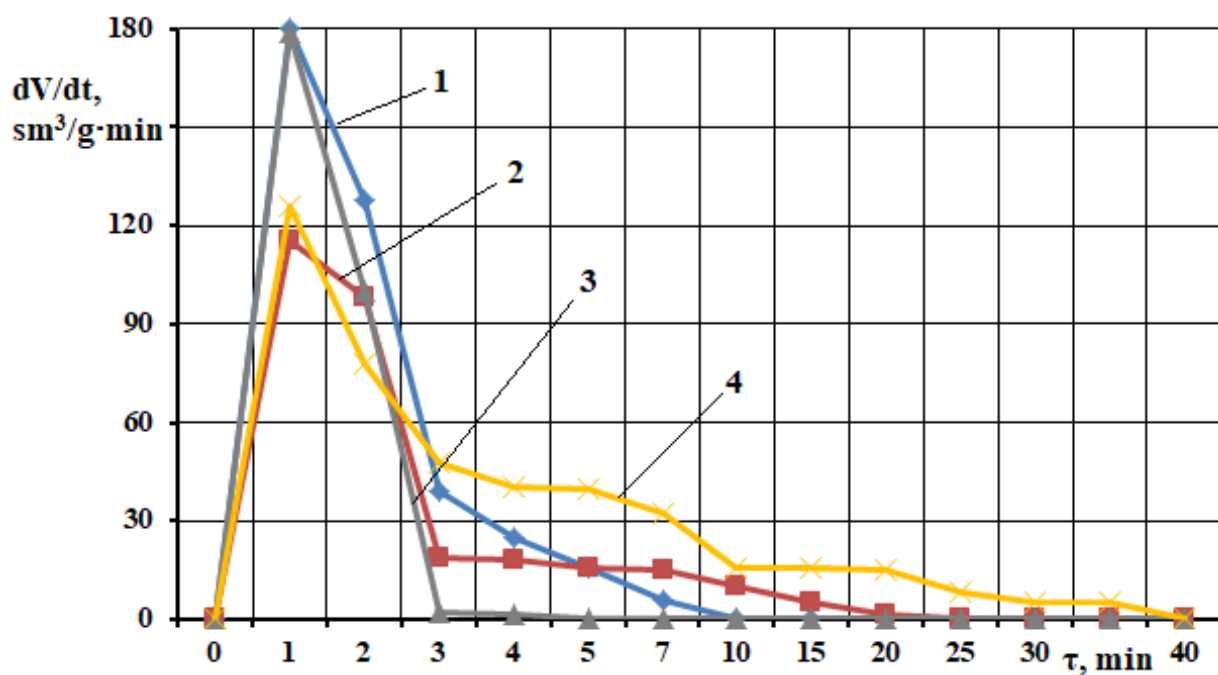
Tajriba natijasida olingan suyultirilgan yoqilg‘i gaz (LPG)ning energetik qiymati va GC-MS tahlillari undan benzin hamda dizelga muqobil sifatida foydalanish mumkinligini anglatadi.

### 3.5-§ Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilaridan vodorodga boyitilgan sintez gaz olish imkoniyatini eksperimental tadqiq qilish

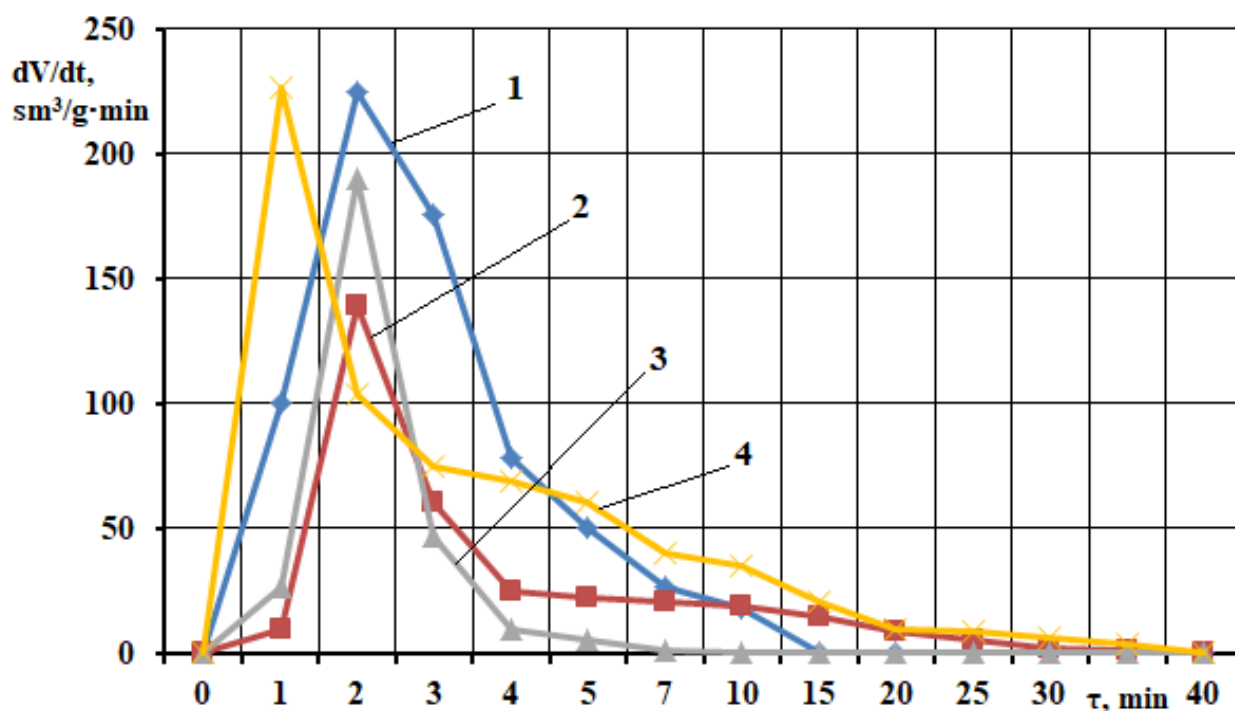
Shuningdek, mazkur ilmiy-tadqiqot ishida respublikada birinchi bor biomassadan gaz olish texnologiyasini qoʻllagan holda vodorodga boyitilgan sintez gaz olishga erishildi. Quydagi 19 va 20-raslarda maishiy chiqindi va yogʻoch chiqindilari gazlashtirish jarayonining borishi va 850, 900 va 950 °C da H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> hamda CH<sub>4</sub> hosil boʻlish tezligining oʻzgarishi koʻrsatilgan.



a)



b)



c)

1) CO      2) CO<sub>2</sub>      3) CH<sub>4</sub>      4) H<sub>2</sub>

a) 850 °C;

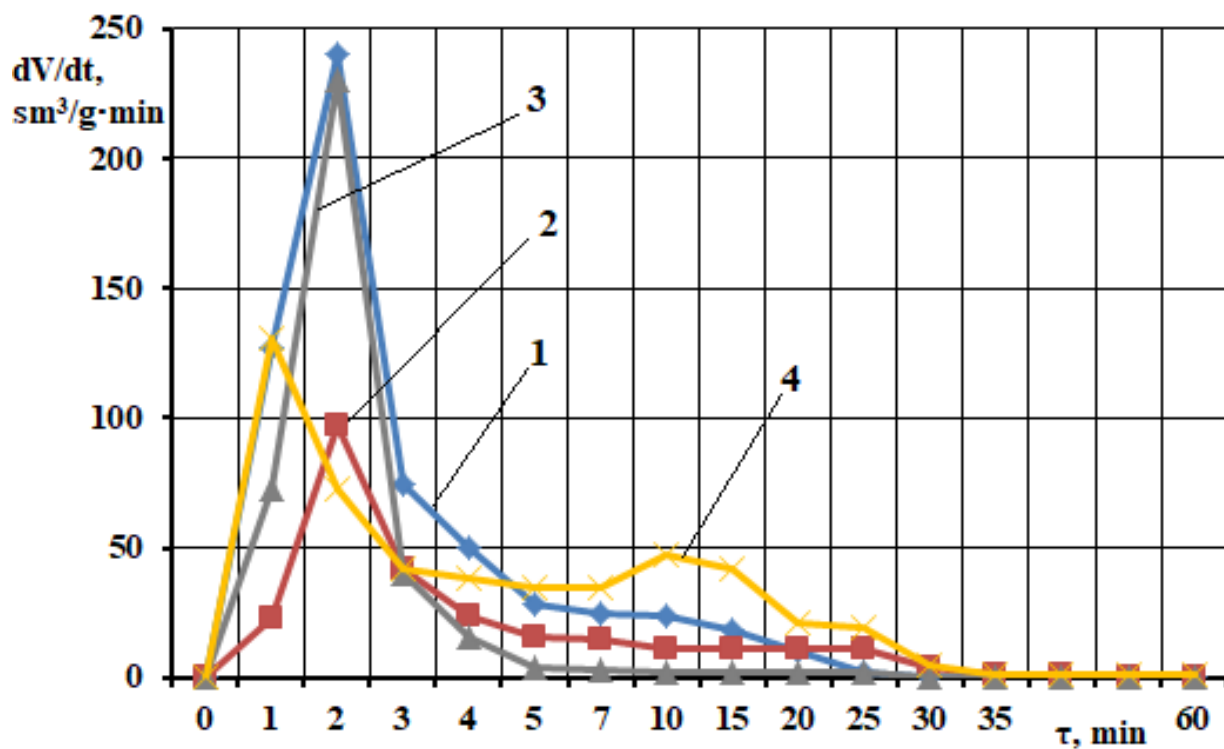
b) 900 °C

c) 950 °C

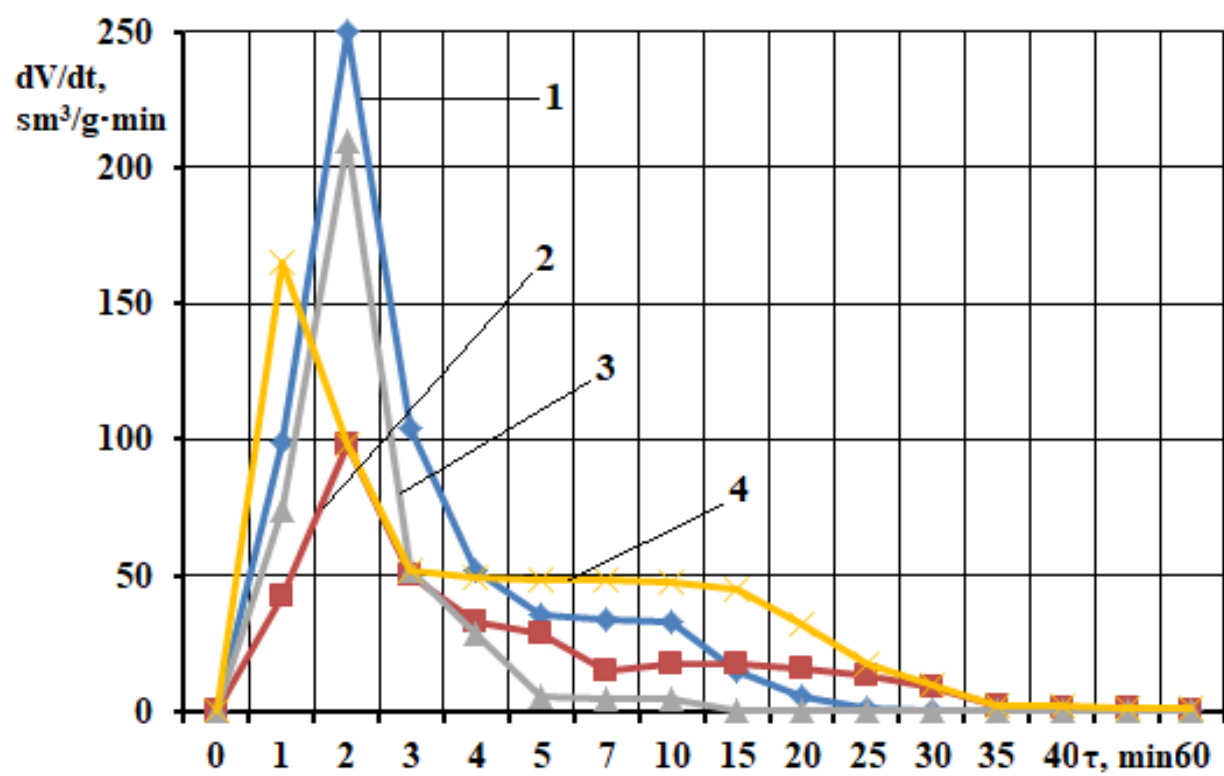
**19-rasm. Yog‘och chiqindilarini gazlashtirishda gazsimon mahsulotlar hosil bo‘lish tezligining turli haroratlarda o‘zgarishi**

Barcha jarayonlarda ikkita bosqich aniq ajralib turadi: (1) piroliz – jarayonning boshida cho‘qqi sifatida kuzatiladigan uchuvchi moddalarning tez ajralib chiqishi; (2) gazlashtirish – suv bug‘i bilan reaksiya orqali ko‘mir hosil bo‘lishining sekinroq va ancha uzoq bosqichi. Natijada sintez gazi (H<sub>2</sub> + CO) hosil bo‘ldi. Hosil bo‘lgan gaz yuqori harorat zonasida bug‘ gazining siljishi reaksiyasi kabi ikkilamchi reaksiyalar sodir bo‘lishi uchun yetarlicha vaqt saqlanib qoldi hamda CO<sub>2</sub> hosil bo‘ldi; CH<sub>4</sub> esa faqat piroliz bosqichida ajralib chiqadi.

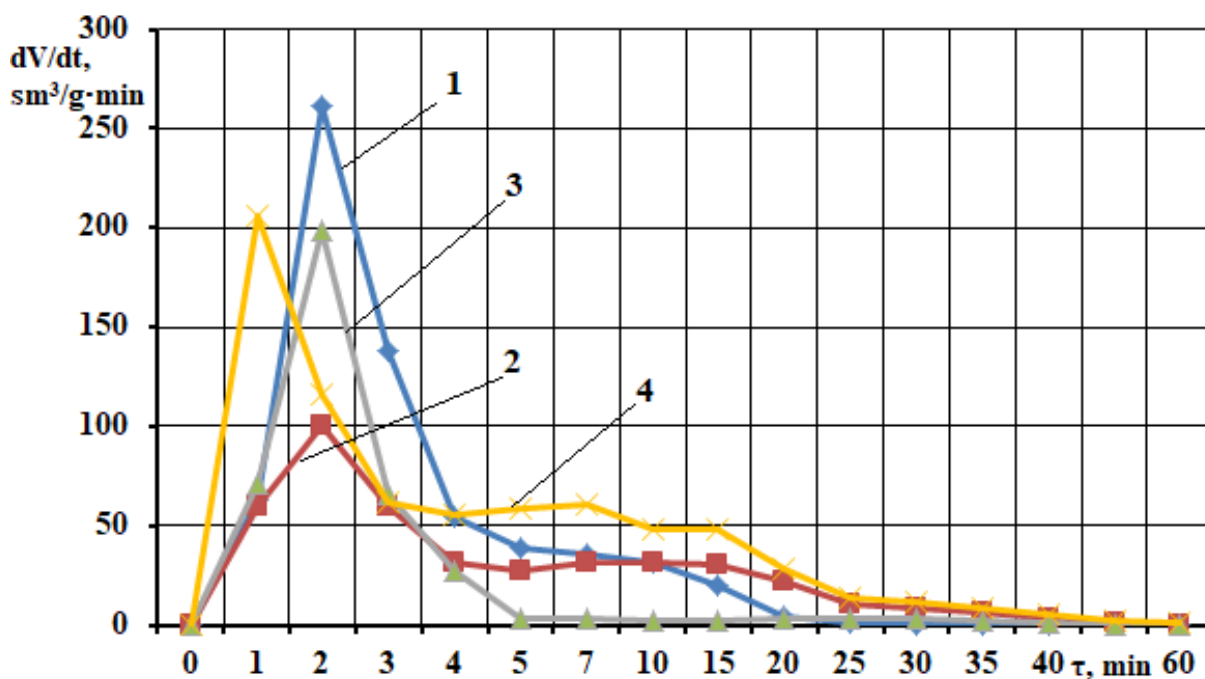
Maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilari gazlashtirishning har ikki bosqichida ham vodorod eng yuqori hosil bo‘lish ko‘rsatkichiga ega bo‘ldi, undan keyin CO hamda CO<sub>2</sub> (qiyosiy hosil bo‘lish tezligi). Piroliz jarayonida metan ajralib chiqish tezligining yuqoriligi bilan birga hosil bo‘lish vaqtining qisqaligi ajralib chiqqan gazda CH<sub>4</sub> miqdorining sezilarli bo‘lmasligiga olib keldi.



a)



b)



c)

1) CO      2) CO<sub>2</sub>      3) CH<sub>4</sub>      4) H<sub>2</sub>

a) 850 °C;

b) 900 °C

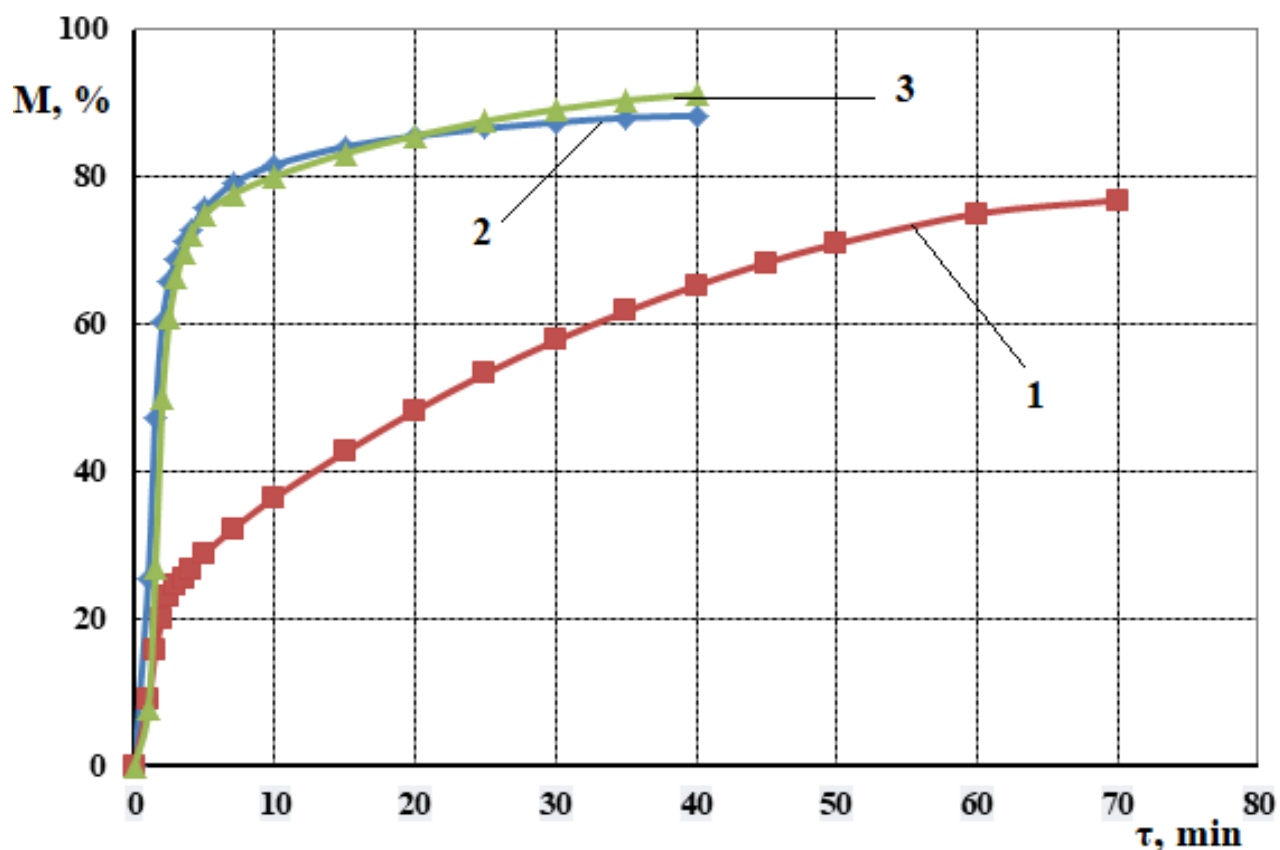
c) 950 °C

## 20- rasm. Maishiy chiqindini gazlashtirishda gazsimon mahsulotlar hosil bo'lish tezligining o'zgarishi

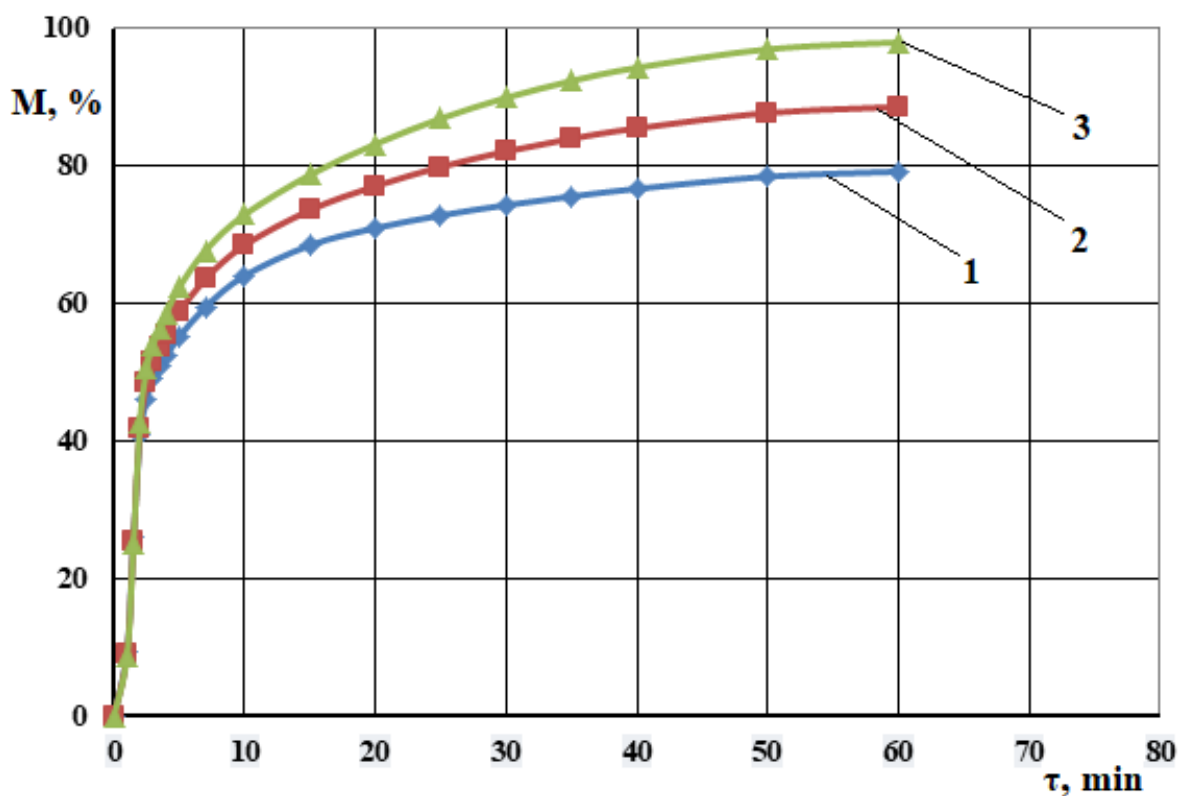
Haroratning oshishi jarayon vaqtini qisqartirgan holda asosiy komponent bo'lgan sintez gazi(vodorod)ning hosil bo'lish tezligini oshishiga olib keldi. Biroq o'ziga xos egri chiziqlarning xususiyatlari har bir holatda o'zgarishsiz qoldi, ya'ni ikkita asosiy bosqich sodir bo'ldi (faqat piroliz vaqtida ajralib chiqqan CH<sub>4</sub> dan tashqari).

Gaz olish jarayoniga ikkilamchi gidrokrekingni kuchaytirish imkoniga ega va reaksiyalarni uglevodorodlarning (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>) konversiyasiga o'tkazish xususiyatiga ega yuqori harorat sabab bo'ladi. Ushbu fakt yuqori haroratda sodir bo'ladigan reforming reaksiyalarining hissasi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shuning uchun ular 800 °C dan yuqori haroratlarda ustun bo'ladi. Gazning yakuniy tarkibi smolaning sintez gaziga aylanishi bilan bog'liq holda sintez gazi chiqishining oshishi tufayli yuzaga keladigan umumiy reaksiyalarining funksiyasi hisoblanadi.

Keyingi bosqich uglerodning konversiya darajasini ifodalovchi egri chiziqlarni qurish hisoblanadi. Quyidagi 21-rasmda maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilarining 850, 900 va 950 °C dagi konversiya darajasi keltirilgan. Taqdim etilgan egri chiziqlarni tahlil qilishdan ko‘rinib turibdiki, harorat konversiya darajasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Biomassa namunalarining qiyosiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, har ikkala biomassa namunalari uchun yuqori reaktivlik xususiyati 900 va ayniqsa 950 °C da qayd etilgan. Maishiy chiqindi uchun uglerod konversiya darajasi yog‘och chiqindisi bilan solishtirganda biroz yuqori ekanligi aniqlandi. Konversiya darajasi va reaktivlik xususiyatidagi bu o‘zgarishlar ishqoriylik indeksi va O/C nisbati bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.



a)



b)

1) 850 °C

2) 900 °C

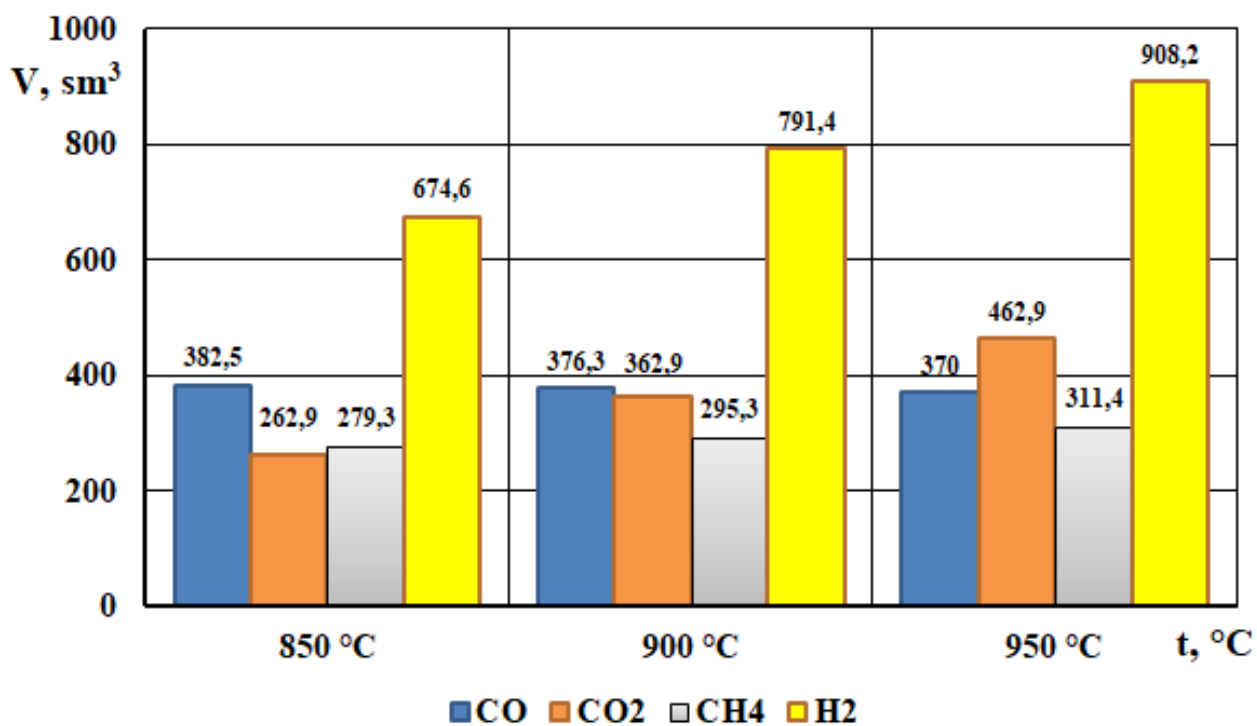
3) 950 °C

a) yog'och;

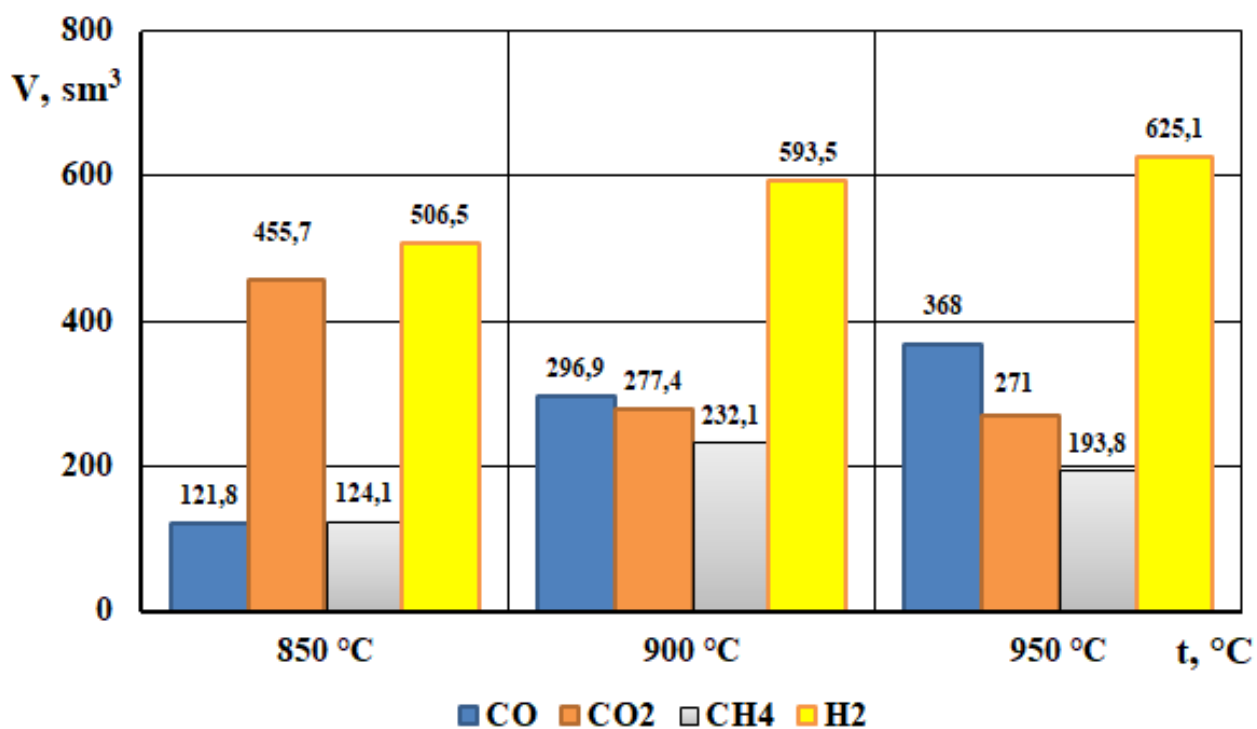
b) maishiy chiqindi

### 21-rasm. Chiqindini gazlashtirishda uglerodga aylanish darajasining o'zgarishi

Gazsimon mahsulotlarning chiqish miqdorini hisoblash gazlashtirish o'lchovlari paytida olingan o'rganilayotgan gazlarning hosil bo'lish reaksiyalarining kinetik egri chiziqlari yordamida amalga oshirildi. Quruq va kulsiz holatda 1 g maishiy chiqindi hamda yog'och chiqindilaridan olingan gazsimon mahsulotlarning umumiy qiymatlari va ularning ulushlari mos ravishda 22, 23-rasmlarda ko'rsatilgan. Berilgan ma'lumotlarni tahlil qilish bizga haroratning oshishi bilan ko'p hollarda olinadigan sintez gazi (vodorod va uglerod oksidi) miqdorining oshishi haqida xulosa chiqarishga imkon beradi. Biroq 950 °C da maishiy chiqindi gazlashtirilganda olingan gaz tarkibida karbonat angidrid uglerod oksidiga nisbatan bir oz yuqoriligi vodorodga boy sintez gaz ( $908,2 \text{ miq/sm}^3$ ) sifatiga ta'sir qilmadi.



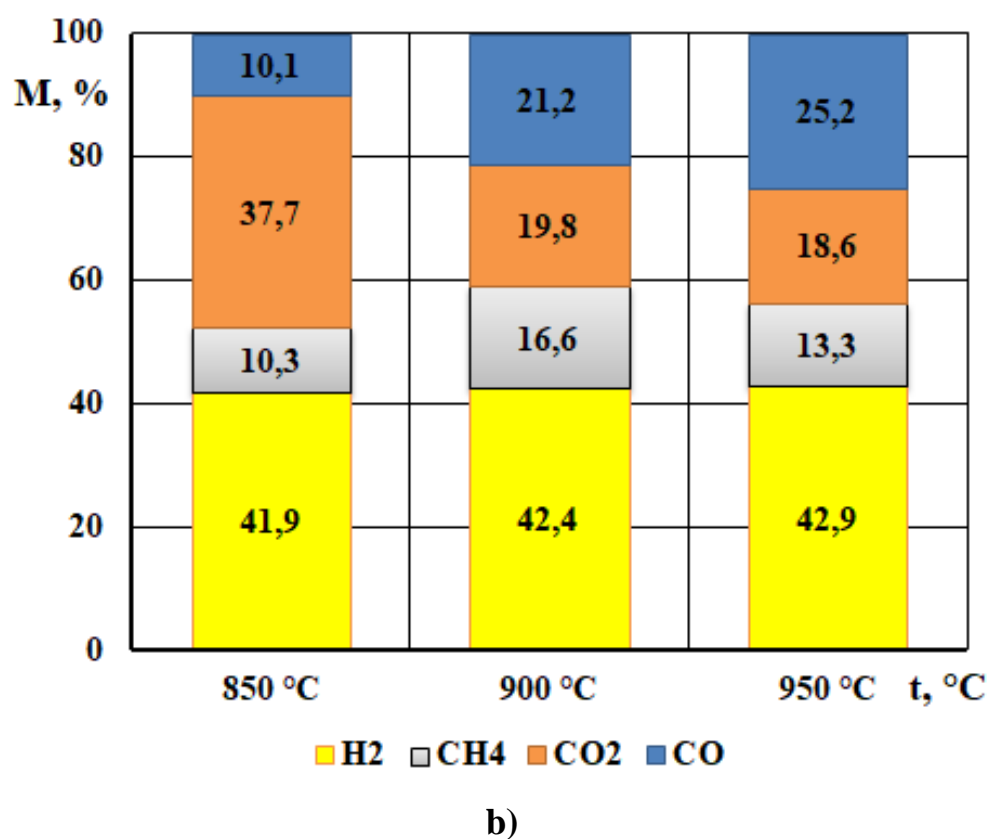
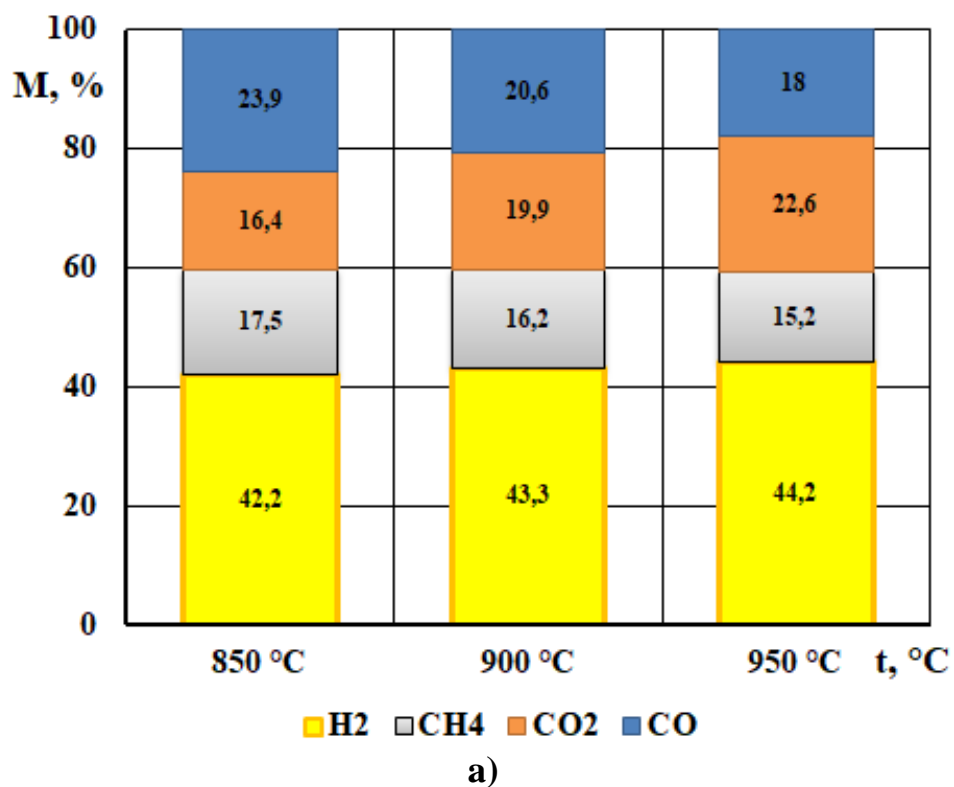
a)



b)

a) maishiy chiqindi;      b) yog'och

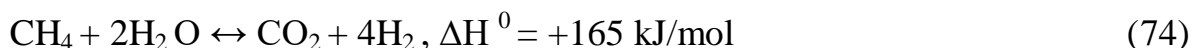
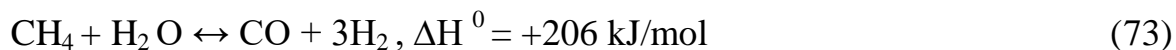
**22-rasm. O'rganilayotgan chiqindilarni 850, 900 va 950 °C da gazlashtirish natijasida H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> va CO<sub>2</sub> larning chiqish miqdorlarini taqqoslash**



a) maishiy chiqindi;      b) yog'och

**23-rasm. O'rganilayotgan chiqindilarni 850, 900 va 950 °C da gazlashtirish natijasida olingan gaz komponentlarining ulushi**

Metanning endotermik bug‘li konversiyasi (42, 43-ifodalar ) va quruq reformatsiya reaksiyalari (44-ifoda) natijasida boshlangan gazlashtirish haroratining oshishi maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilaridan olingan vodorod tarkibining o‘zgarishiga olib keldi. Ushbu uchta reaksiya (73, 74 va 75-ifodalar) natijasidagi metan sarfi metan tarkibini kamaytirishga yordam beradi.



Shuningdek, boshqa tadqiqotlar [138, 139]da ham gazlashtirish jarayonida harorat qanchalik yuqori bo‘lsa, chiqayotgan gaz tarkibida vodorod miqdori ham shunchalik yuqori bo‘lishini ta’kidlaydi. Ya’ni haroratning oshishi endotermik vodorod ishlab chiqarish reaksiyalari uchun yetarli energiyani ta’minlaydi va shu sababli chiqayotgan gaz tarkibidagi vodorod miqdori oshadi. Bug‘ gaz reaksiyasi yuqori haroratlarda Buduar reaksiyasiga qaraganda ko‘proq foyda keltiradi. Bug‘ gaz reaksiyasining yuqori haroratiga qo‘shimcha ravishda ishlab chiqarilgan gaz tarkibidagi vodorod miqdorining oshishiga olib keladi. Shuningdek, yuqori harorat metanning CO va H<sub>2</sub> ga bug‘li konversiyasiga yordam beradi [140].

Bundan tashqari, yog‘och chiqindilari tarkibidagi uchuvchi moddalar miqdori (32,09 %)ning maishiy chiqindi (47,29 %) ga nisbatan kamligi ishlab chiqariladigan H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> va CH<sub>4</sub> miqdorlarining kamayishiga olib keladi. Bu esa gazlashtirish texnologiyasi qo‘llanilganda reaksiya imkoniyatlarning pasayishiga olib keladi.

Gazlashtirish haroratining oshishi bilan gaz hosil bo‘lishining ko‘payishi hisobiga smola va polukoksning chiqish miqdorlari kamayadi. Yuqori haroratlarda gaz miqdorining oshishini degassatsiyaning dastlabki bosqichida gazlarning ko‘p chiqishi, shuningdek, ko‘mir va smolalar uchraydigan ikkilamchi reaksiyalar (ko‘mirni gazlashtirish va smolani kreking/reforminglash) bilan izohlash mumkin [141]. Olinadigan gazning tarkibiga harorat ham ta’sir qiladi. Shunga ko‘ra, harorat oshishi bilan H<sub>2</sub> konsentratsiyasi ortadi, CO va yengil uglevodorodlar

konsentratsiyasi esa kamayadi. Shunga qaramay, termodinamik modellar  $H_2$  chiqish miqdorining asta-sekin kamayishi juda yuqori reaksiya haroratida sodir bo'lishini ko'rsatdi [142, 143]. Binobarin gazlashtirish haroratini ma'lum darajada nazorat qilish juda muhimdir. Shunday qilib, umumiy tahlilga muvofiq harorat ( $H_2 + CO$ ) nisbatining va sintez gaz konsentratsiyasining oshishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi degan xulosaga kelish mumkin.

### **Uchinchi bob bo'yicha xulosalar**

1. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarining energetik potensialini aniqlash tajribalari natijasida hududdagi chiqindilardan bioyoqilg'i olish imkoniyati mavjudligini ko'rsatdi.

2. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari massa va issiqlik oqimi o'zgarish dinamikasini eksperimental aniqlash natijalariga ko'ra, maishiy hamda yog'och chiqindilari 39 – 890 °C harorat oralig'ida ulardagi massa yo'qotilishi mos ravishda 53,2 va 35 % ga tengligini ko'rsatdi.

3. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoni optimal parametrlari to'la faktorli eksperiment natijalariga matematik ishlov berish asosida aniqlandi. Natijada jarayonni ta'minlovchi optimal parametrlar sifatida harorat oralig'i  $t = 354 \div 430$  °C, piroliz davomiyligi  $\tau = 39$  minut, chiqindilarning kattaligi  $F = 3,5$  sm bo'lishi aniqlandi.

4. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlash piroliz qurilmasida tajriba-sinov ishlari o'tkazildi. Natijada bioyoqilg'i chiqishi 13,2 % ga oshdi va solishtirma energiya sarfi 0,867 kVt·soat /litr ni tashkil etdi.

5. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlash piroliz qurilmasida olingan bioyoqilg'i sifatini oshirish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, uning energetik qiymati (maishiy chiqindi-40,6 MJ/kg, yog'och chiqindi-40,3 MJ/kg) tabiiy neft mahsulotlarining energetik qiymatiga tengligi undan tabiiy yoqilg'ilarga alternativ sifatida foydalanish imkonini beradi.

6. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilaridan vodorodga boyitilgan sintez gaz olish potensialini aniqlash bo'yicha 850, 900 va 950 °C haroratlarda o'tkazilgan

tajriba natijalariga ko'ra, asosiy  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  kabi gazlar ajralib chiqdi va bunda eng ko'p miqdordagi (44,2 % (maishiy chiqindi) va 42,9 % (yog'och))  $H_2$  gazi  $950\text{ }^\circ\text{C}$  da hosil bo'ldi.

#### IV. QISHLOQ XO‘JALIGI QATTIQ CHIQINDILARINI PIROLIZ TEXNOLOGIYASI YORDAMIDA QAYTA ISHLASHNING TEXNIK- IQTISODIY KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASH

##### 4.1-§ Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari qayta ishlash texnologiyalarining texnik–iqtisodiy va energetik samaradorligi hisobi

Foyda va xarajat tahlili chiqindilarni qayta ishlab bioyoqilg‘i olish zavodi yoki qurilmasining iqtisodiy maqsadga muvofiqligini taqqoslash uchun o‘tkaziladi. Taklif etilayotgan zavod yoki qurilmaning sof foydasi o‘zida foyda, xarajat va yig‘ish orasidagi farqni namoyon etadi (76-ifoda) [144]:

$$NI = \sum B_i - \sum C_i \quad (76)$$

bunda  $NI$  - ma'lum bir yil uchun sof foyda;  $B_i$  – o‘sha yildagi  $i$  moddasining daromad qiymati;  $C_i$  – o‘sha yildagi  $i$  moddasi bo‘yicha xarajatlar qiymati. Agar taklif etilayotgan qurilma(yoki zavod) uchun yillik hisobiy sof foyda 0 dan yuqori bo‘lsa( $NI > 0$ ), qurilma(yoki zavod) iqtisodiy maqsadga muvofiq hisoblanadi; ammo sof foyda qiymati manfiy bo‘lsa ( $NI < 0$ ), iqtisodiy samarasiz hisoblanadi [145, 146].

Tadqiqotning asosiy maqsadi – chiqindilarni qayta ishlash bo‘yicha taklif etilayotgan qurilma (yoki zavod)ning iqtisodiy hayotiylikini baholashdir. Umuman agar u eng yuqori ichki foyda normasi(IRR)ga va keltirilgan toza qiymat ( $N_{PV}$ ) noldan yuqori bo‘lsa iqtisodiy jozibador hisoblanadi.  $N_{PV}$  – bu investitsiyaga qo‘shilgan qiymat nuqtai nazaridan loyiha qanday amal qilishini baholash imkoniyatini beruvchi yana bir indeks.  $N_{PV}$  (4.2) ifoda yordamida hisoblanadi [147]:

$$NPV = \sum_{n=1}^t \frac{CF_n}{(1+i)^n} - C_{IC} \quad (77)$$

bunda  $CF_n = \sum B - \sum C$

bunda  $CF_n$  – o‘zida foyda ( $B$ ) va xarajat ( $C$ ) orasidagi farqni namoyon qiladigan yillik pul oqimi.  $C_{IC}$  qurilmaga umumiy kapital xarajatlar(ICs) sifatida aniqlanadi.  $t$

25 yilga teng bo‘lib, investitsiyaning xizmat muddati kabi aniqlanadi. Korxonaning ko‘rib chiqilayotgan xizmat muddati muhandis-kimyogarlarning uchun Perri ma'lumotnomasida keltirilgan odatiy korxonada va ijtimoiy xizmat uchun mo'ljallangan "amortizatsiyaning chiziqli usuli"ga asoslangan [148]. Barcha xarajat va foydani qo'shgandagi yillik pul oqimi korxonada ishlab chiqarilgan dizel yoqilg'isi, mazut va sintez moyi savdosidan olingan foyda asosiga qurilgan.

IC kapital xarajatlari va operatsion kapitallarga ajratilgan. Investitsiya xarajatlari qurilma narxi, qurilish, korxonaning boshqaruv va avtomatika bloki, muhandis-texnik ishlar, yer va boshqa qulayliklar xarajalaridan tarkib topgan.  $C_{IC}$  asosiy qurilma xarajatlari kelib chiqib hisoblangan. Operatsion kapitallar texnik xizmat ko'rsatish va ekspluatatsiya xarajatlari kafolatlash uchun, shuningdek ob'yektni sozlash boshlanguncha boshqa ko'zda tutilmagan xarajatlarni o'zida tahminiy ahamiyatni namoyon etadi.

Ekspluatatsion xarajatlari ( $C_O$ ) ishchi kuchiga, qurilmani almashtirish va tuzatishga hamda 6-jadvalda keltirilgan ifodalar asosida baholangan ob'yektning umumiy ekspluatatsiyasi bilan bog'liq xarajatlardan tarkib topgan (FCI – asosiy kapital investitsiyalari).

### 6-jadval.

#### O'zgaruvchan (operatsion) xarajatlar parametrlari [146]

Tavsif	Belgilanishi	Formula
Ishchi kuchi	$C_{OL}$	$N_{ol} = (6.29 + 0.23 N_{np}),$ $N_{np} = \sum \text{uskunalar}$
Kommunal xizmatlar	$C_u$	Hisoblangan
Ta'mirlash/texnik xizmat ko'rsatish narxi	$C_m$	0.069 FCI
Sug'urta/mahalliy soliqlar	$C_{T\&I}$	0.032FCL
Qo'shimcha xarajatlar	$C_{po}$	0.708 $C_{OL}$ + 0.009 FCI
Operatsion xarajatlar (umumiy)	$C_{GOE}$	0.31 $\times C_{OL}$

Dastlabki iqtisodiy hisoblarda xom-ashyoni maydonga tashib keltirish xarajatlari hisobga olinmagan. Ushbu tadqiqot ishida qaralayotgan kapital xarajatlar umumiy bevosita va bilvosita kapital xarajatlarni o'z ichiga oladi.

Ekspluatatsion xarajatlar esa ijtimoiy xizmat xarajatlari (energiya qiymati), mehnatga haq to'lash, material narxi, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash hamda korxonaning qo'shimcha xarajatlarini o'z ichiga oladi. Taklif etilayotgan chiqindilarni qayta ishlab bioyoqilg'i olish zavodi dastlab ma'lumot narxlari hisoblandi, muhim texnologik faktorlar esa davlat yoki xususiy tashkilotlar tomonidan ochiq e'lon qilingan resurs va ma'lumotlar bo'yicha hisoblangan. Shundan so'ng zavodning ekspluatatsion xarajatlari har birlik mahsulotga ketadigan operatsion xarajatlarni qo'shish yo'li bilan aniqlandi[149].

Adabiyotlar tahliliga ko'ra, chiqindilarni yoqish va termokimyoviy qayta ishlash asosida olinadigan issiqlik yoki boshqa turdagi yoqilg'i(gaz, polukoks, bioyoqilg'i) energiyasidan issiqlik elektr stansiyalari, issiqlik ta'minoti tizimi, bug' turbinalari kabi ishlab chiqarish sohalarida tabiiy yoqilg'i(ko'mir, tabiiy gaz, mazut va boshqalar) o'rnida foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. Hududdagi chiqindilarni to'plash poligonidagi maishiy chiqindilardan olish mumkin bo'lgan energiya miqdorlari bir qancha xorijiy adabiyotlarda berilgan maishiy chiqindilardan issiqlik va elektr energiyasi olishning nazariy matematik hisoblari asosida aniqlangan.

Demak, chiqindilarni yoqish ularning dastlabki hajmini 95 - 96 % gacha kamaytirish imkoniyatini beradi. Biroq boshqa termokimyoviy jarayonlarga nisbatan chiqindilarni to'g'ridan-to'g'ri yoqish natijasida olinadigan issiqlik miqdori kam bo'lganligi, ulardan bug' qozonlari va turbinalarda qo'llashda nisbatan kichik samaraga erishiladi[150]. Maishiy chiqindilarni yoqish natijasida hosil bo'ladigan issiqlik energiyasi K.Singha va boshqalar[151]ga ko'ra, quyidagi Dyulong formulasiga asosan hisoblanadi:

$$E_i = 337C + 1428 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 9 \left( \frac{kJ}{kg} \right) \quad (78)$$

bunda  $E_i$  – issiqlik energiyasi, kJ/kg

C - uglerod miqdori, %

H - vodorod miqdori, %

O - kislorod miqdori, %

S - oltingugurt miqdori, %

Hududdagi chiqindilarni to'plash poligonidagi chiqindilarni yoqish natijasida hosil qilinadigan issiqlik energiyasi 3.2-§ da keltirilgan 1 - jadval ma'lumotlari asosida quyidagi formulaga ko'ra hisoblanadi:

$$E_i = 337 \cdot 54,26 + 1428 \left( 5,87 - \frac{37,57}{8} \right) + 9 \cdot 0,71 = 19968 \text{ kJ/kg} \quad (79)$$

Yuqorida keltirilgan hisobga ko'ra, tumandagi bir kg chiqindi yonishi natijasida 19968 kJ/kg ga teng issiqlik energiyasi hosil bo'ladi.

Hosil qilingan issiqlik energiyasidan elektr energiya olish [151] da keltirilgan quyidagi bosqichlar orqali amalga oshiriladi:

1) bug' energiyasi uni hosil qilishda foydalanilgan issiqlik energiyasining 70 % ni tashkil etadi, ya'ni

$$W_b = 0,7 \cdot 19968 = 13977,6 \text{ kJ/kg} \quad (80)$$

Elektr energiya ishlab chiqaradigan generator turbinasini aylantirishda (80) da aniqlangan bug' energiyasidan foydalaniladi. Bir birlik elektr energiya ishlab chiqarishda zarur bo'ladigan quvvat issiqlik quvvati bo'lib, 1 kVt = 3600 kJ/kg ga teng. Demak, 3600 kJ issiqlik energiyasi sarflab 1 kVt elektr energiya ishlab chiqarish mumkin.

Bizga ma'lumki, har qanday energiyadan 100 % samaradorlikda foydalanish imkonsiz. Shunga ko'ra, bug' energiyasining elektr energiyaga aylanish samaradorligi 31,6 % bo'lib, ushbu hisob ishida elektrostansiyaning iste'mol quvvati quyidagicha

$$3600 : 31,6 \% = 11395 \text{ kJ/kVt}\cdot\text{soat} \quad (81)$$

hisoblanadi. Yuqoridagi hisoblar natijasiga ko'ra, 1 kW·soat elektr energiya ishlab chiqarish 11395 kJ bug' energiyasini talab qilishi kelib chiqadi. Ushbu ma'lumotlar asosida quyidagi formulalar yordamida ishlab chiqariladigan elektr energiya hisoblanadi:

$$W_{ee} = W_b : 11395 \text{ kJ/kVt}\cdot\text{soat} \quad (82)$$

$$W_{ee} = 13977,6 : 11395 = 1,22 \text{ kVt}\cdot\text{soat} \quad (83)$$

Yuqorida keltirilgan hisoblar natijasi asosida hududda kunlik hosil bo‘ladigan maishiy chiqindilardan elektr energiya olish miqdorini matematik hisoblab aniqlashimiz mumkin. Buning uchun kunlik hosil bo‘ladigan maishiy chiqindi miqdorini 1,22 kVt·soat ga ko‘paytirish kifoya. Shuningdek, hududdagi chiqindilardan olish mumkin bo‘lgan elektr energiya miqdori 6 % stansiya extiyojlariga va 5 % issiqlikning hisobga olinmagan yo‘qolishlarini hisobga olgan holda aniqlanadi [151].

Bundan tashqari [152] da maishiy chiqindilarni yoqish va gazlashtirish orqali olish mumkin bo‘lgan elektr energiya miqdorining nazariy matematik hisoblari keltirilgan. Demak, quyidagi formula orqali chiqindilarni yoqish orqali olish mumkin bo‘lgan elektr energiya miqdorini hisoblashimiz mumkin:

$$ERP_i = \eta \cdot M \cdot LCV_{MSW} / 1000 \quad (84)$$

bunda  $ERP_i$  - energiyani tiklash potentsiali, MVt·soat/kun

$M$  - quruq maishiy chiqindiumumiy massasi, t/kun

$LCV_{MSW}$  - qattiq maishiy chiqindienergetik(kalorifik) qiymat, kVt·soat/kg

$\eta = 18\%$  - jarayon samaradorligi(FIK) [153]

Gaz olish texnologiyasi natijasida olish mumkin bo‘lgan elektr energiya miqdori esa quyidagicha hisoblanadi:

$$ERP_G = 0,28 \cdot G \cdot R_f \cdot \eta \cdot LCV_{MSW} \quad (85)$$

bunda  $G$  - kunlik qayta ishlanadigan chiqindi miqdori, t/kun

$R_f$  - mexanik qayta ishlangandan keyingi chiqindi miqdori, %

$\eta = 23\%$  - jarayon samaradorligi(FIK)[134]

Nazariy hisob - kitoblarga ko‘ra, piroliz/gazlashtirish jarayonlarida hosil bo‘lgan gazning yuqori issiqlik sig‘imi 3-6 MJ/Nm<sup>3</sup> ga teng. Bugungi kunda nisbatan yangi deya e’tirof etilayotgan plazma texnologiyasi orqali olingan sintez gaz esa 10 MJ/Nm<sup>3</sup> yuqori issiqlik sig‘imiga ega.

Quyidagi 7-jadvalda gaz olish va piroliz texnologiyalari asosida ishlab chiqariladigan elektr energiya qiymatlari berilgan.

**Chiqindilarni qayta ishlash usullarini taqqoslash jadvali**

Chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalaridan elektr energiya olish miqdorlari	
Piroliz	571 kVt·soat/tonna
Gaz olish	685 kVt·soat/tonna

Ishlab chiqarishning qaysi sohasida bo‘lmasin uni amaliyotga tadbiiq etish albatta iqtisodiy tomondan hisob – kitobni talab qiladi. M.Bashir va boshqalar [155] da keltirilgan ma’lumotga asoslanib, chiqindilarni yoqishdagi ekspluatatsion xarajatlar 40 - 100 AQSH dollari/t oralig‘ida hisoblanadi. Bundan tashqari 800 - 1000 tonna chiqindi yoqish quvvatiga ega qurilmalari 500 - 800 mln. yuan miqdoridagi kapital xarajatlarni talab qilishi aniqlangan. Piroliz/gazlashtirish texnologiyalarida kapital xarajatlar yoqishga nisbatan 1,5 barobar yuqori va shu bilan birgalikda chiqindilardan energiya olish samaradorligi 30 % yuqori. Yuqoridagi jadvaldan ko‘rish mumkinki, plazma texnologiyasida qolgan usullarga nisbatan elektr energiya olish imkoniyati yuqori. Shu bilan birgalikda, bu texnologiyada plazma hosil qilish uchun I bobda aytilganidek katta miqdorda elektr energiyasini talab qiladi. Bundan tashqari ushbu texnologiyaga tahminan 150 mln. AQSH dollari [24] miqdorida dastlabki investitsiyaning talab qilinishi uning sezilarli darajada iqtisodiy sarf - xarajatlarni talab qilishini anglatadi.

**4.2-§ Piroliz reaktorining texnik – iqtisodiy samaradorligini baholash**

Mazkur ilmiy-tadqiqot ishida adabiyotlar tahlili natijalari va amaliy tadqiqotlar asosida qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlash hamda undan bioyoqilg‘i olish piroliz reaktori ishlab chiqildi (3.1-§; 6-rasm). Tadqiqot ob‘yektidan olingan qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindi namunalari ishlab chiqilgan piroliz reaktori yordamida qayta ishlandi. Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari

ikkilamchi pirolizi natijasida olinadigan bioyoqilg'i miqdori 38,3 % dan 51,5 % gacha oshdi (3.5-§ 2-jadvalga qarang).

Ilmiy-tadqiqot ishi asosida ishlab chiqilgan piroliz qurilmasi Toshkent viloyati O'rta Chirchiq tumanidagi "Egamberdi karvon" fermer xo'jaligida amaliy sinovlardan o'tkazildi va o'tkazilgan sinovlar asosida ishlab chiqilgan qurilmaning iqtisodiy samaradorligi hisoblandi.

Foyda va xarajat tahlili chiqindilarni qayta ishlab bioyoqilg'i olish zavodi yoki qurilmasining iqtisodiy maqsadga muvofiqligini taqqoslash uchun o'tkaziladi. Taklif etilayotgan zavod yoki qurilmaning sof foydasi o'zida foyda, xarajat va yig'ish orasidagi farqni namoyon etadi:

$$N_i = \sum B_i - \sum C_i \quad (86)$$

bunda  $N_i$  – ma'lum bir yil uchun sof foyda;  $B_i$  – o'sha yildagi  $i$  moddasining daromad qiymati;  $C_i$  – o'sha yildagi  $i$  moddasi bo'yicha xarajatlar qiymati. Agar taklif etilayotgan qurilma(yoki zavod) uchun yillik hisobiy sof foyda 0 dan yuqori bo'lsa ( $N_i > 0$ ), qurilma(yoki zavod) iqtisodiy maqsadga muvofiq hisoblanadi; ammo sof foyda qiymati manfiy bo'lsa ( $N_i < 0$ ), iqtisodiy samarasiz hisoblanadi.

Reaktor qizdirgichi tomonidan iste'mol qilinadigan elektr energiya miqdori:

$$W_Q = P_Q \cdot n \cdot T \quad (87)$$

bunda  $P_Q$  – reaktor qizdirgich quvvati, kVt;

$n = 25$  – bir oylik o'rtacha ish kunlari soni;

$T = 6$  – sutkalik ish soat miqdori.

Reaktor qizdirgichi tomonidan iste'mol qilinadigan elektr energiya narxi:

$$E_Q = N_{EE} \cdot W_Q \quad (88)$$

bunda,  $N_{EE} = 450$  – elektr energiya narxi, so'm;

Reaktorda olingan bioyoqilg'i miqdori va uni sotishdan olinadigan daromad(bir oylik):

$$D = N_{LPG} \cdot m_{LPG} \cdot n \cdot n_R = 4887,24 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 25 = 7330,86 \text{ ming so'm}$$

$N_{LPG} = 4887,24$  – bioyoqilg‘ining bozor narxi, so‘m;

$m_{LPG} = 10$  – reaktorda bir marta qishloq xo‘jaligi chiqindilarini qayta ishlashda olinadigan yoqilg‘i miqdori,  $l$ ;

$n_R = 6$  – kunlik reaktorni ishlatishlar soni, marta;

$n = 25$  – bir oylik o‘rtacha ish kunlari soni.

Quyidagi 8-jadvalda  $0,03 \text{ m}^3$  hajmdagi qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilarini termal qayta ishlash hamda bioyoqilg‘i olish qurilmasining umumiy xarajatlari keltirilgan.

### 8-jadval

#### Reaktorni yasash va ekspluatatsiya xarajatlari

Ko‘rsatkichlar	Kunlik ishlash vaqti, soat	Bir oylik ishlash vaqti, soat	Mablag‘ (bir oy uchun), ming so‘m
Asbob-uskuna va inventar xarajatlari	-	-	3500,0
Transport va yoqilg‘i	2	50	2607,5
Elektr energiya sarfi (6 kVt)	6	150	405,0
Ish haqi	8	200	2250,0
Umumiy			8762,5

Yuqoridagi hisob-kitoblar natijasida quyidagi qiymatlar kelib chiqadi:

1. Yoqilg‘ini ishlab chiqarishga ketadigan yillik sarf-xarajatlar – 66650 ming so‘m;

2. Yoqilg‘ini sotishdan olinadigan yillik daromad – 87970,4 ming so‘m.

Taklif etilayotgan qurilmaning sof foydasi:

$$N_i = \sum B_i - \sum C_i = 87970,4 - 66650 = 21320,4 \text{ ming so‘m}$$

Yuqoridagi 4.3-jadval ma‘lumotlariga asoslanib, ilmiy-tadqiqot ishida ishlab chiqilgan  $0,03 \text{ m}^3$  hajmli piroliz reaktorini yasash va ekspluatatsiya xarajatlarini yillik miqdori 66650 ming so‘mni tashkil etmoqda.

“Egamberdi karvon” fermer xo‘jaligidagi amaliy sinov natijalariga asosan, 0,03 m<sup>3</sup> hajmdagi qattiq chiqindi pirolizidan 10 litr bioyoqilg‘i olish imkoniyati mavjud. Bir kunlik ish vaqti davomida qattiq chiqindilar pirolizi natijasida 60 litr miqdorda bioyoqilg‘i olish mumkin bo‘lib, bugungi kunda jahon bozoridagi 1 litr bioyoqilg‘i narxi 4887,24 so‘mga tengligini hisobga olsak, bir kunda umumiy narxi 293234,4 so‘mlik bioyoqilg‘i olinadi. Shunga ko‘ra, bir oyda ishlab chiqariladigan bioyoqilg‘ining umumiy qiymati 7330,86 ming so‘mga teng bo‘lib, yillik umumiy daromad miqdori 87970,4 ming so‘mni tashkil etadi.

Shuningdek, ishlab chiqilgan piroliz qurilmasi Toshkent viloyati O‘rta Chirchiq tumanidagi “Nurli kelajak agro” fermer xo‘jaligida ham amaliy sinovlardan o‘tkazildi. Unga ko‘ra, reaktorda olingan bioyoqilg‘i miqdori va uni sotishdan olinadigan daromad(bir oylik):

$$D = N_{LPG} \cdot m_{LPG} \cdot n \cdot n_R = 4887,24 \cdot 9,16 \cdot 6 \cdot 25 = 6739,22 \text{ ming so‘m}$$

$$N_{LPG} = 4887,24 \text{ – bioyoqilg‘ining bozor narxi, so‘m;}$$

$m_{LPG} = 9,16$  – reaktorda bir marta qishloq xo‘jaligi chiqindilarini qayta ishlashda olinadigan yoqilg‘i miqdori, l;

$$n_R = 6 \text{ – kunlik reaktorni ishlatishlar soni, marta;}$$

$$n = 25 \text{ – bir oylik o‘rtacha ish kunlari soni.}$$

Yuqoridagi jadval ma’lumotlari asosida piroliz qurilmasining umumiy xarajatlarini hisobga olib, quyidagi qiymatlarni keltirib chiqarish mumkin:

1. Yoqilg‘ini ishlab chiqarishga ketadigan yillik sarf-xarajatlar – 66650 ming so‘m;

2. Yoqilg‘ini sotishdan olinadigan yillik daromad – 80870,6 ming so‘m.

Taklif etilayotgan qurilmaning sof foydasi:

$$N_i = \sum B_i - \sum C_i = 80870,6 - 66650 = 14220,6 \text{ ming so‘m}$$

“Nurli kelajak agro” fermer xo‘jaligidagi amaliy sinov natijalariga asosan, 0,03 m<sup>3</sup> hajmdagi qattiq chiqindi pirolizidan 9,16 litr bioyoqilg‘i olish imkoniyati mavjud. Bir kunlik ish vaqti davomida qattiq chiqindilar pirolizi natijasida 55 litr hajmdagi bioyoqilg‘i olish mumkin bo‘lib, bugungi kunda jahon bozoridagi 1 litr

bioyoqilg'i narxi 4887,24 so'mga tengligini hisobga olsak, bir kunda umumiy narxi 269568,8 so'mlik bioyoqilg'i olinadi. Shunga ko'ra, bir oyda ishlab chiqariladigan bioyoqilg'i ning umumiy qiymati 6739,22 ming so'mga teng bo'lib, yillik umumiy daromad miqdori 80870,6 ming so'mni tashkil etadi.

Dissertatsiya ishida ishlab chiqilgan piroliz reaktorida olingan bioyoqilg'idan qishloq xo'jaligi texnikasida foydalanish samaradorligini hisoblashda TTZ 80.10 rusumli traktor qabul qilindi. Tadqiqot ishida tavsiya qilingan piroliz reaktoridan olingan bioyoqilg'isining texnik-iqtisodiy samaradorligi tabiiy dizel yoqilg'isi bilan qiyosiy tahlil qilindi.

1. Traktor agregatlarining ish unumi quyidagicha hisoblanadi.

a) bir soatlik ish unumi (smenadagi)

$$W_n = 0,1 \cdot Bp \cdot V \cdot \frac{T_n}{T_{cm}} \quad \text{ga/soat} \quad (89)$$

$$W_n^m = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 6 \cdot \frac{6}{7} = 0,89 \text{ ga/soat}$$

$$W_n^l = 0,1 \cdot Bp \cdot V_p \cdot \frac{T_n}{T_{cm}} = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 6 \cdot \frac{6,7}{7} = 0,957 \text{ ga/soat}$$

b) smenadagi

$$W_{sm}^m = W_n^m \cdot T_{sm} = 0,89 \cdot 7 = 6,23 \text{ ga/smena}$$

$$W_{sm}^l = W_n^l \cdot T_{sm} = 0,957 \cdot 7 = 6,699 \text{ ga/smena}$$

c) Yillik (mavsumiy)

$$W_{yil}^m = W_n^m \cdot T_3 = 0,89 \cdot 2000 = 1780 \text{ ga/yil}$$

$$W_{yil}^l = W_n^l \cdot T_3 = 0,957 \cdot 2000 = 1914 \text{ ga/yil}$$

bunda  $Bp$ - agregat qamrov kengligi, m.

$V_p$ – mashinaning ish tezligi, km/soat.

$T_n$  – smena davomida ish vaqti, soat.

$T_{sm}$  – smena vaqti davomiyligi.  $T_{sm}=7$  soat.

2. Ish unumini hisoblash.

2.1 Gektariga to'g'ri keladigan mehnat sarfini hisoblash quyidagicha amalga oshiriladi.

$$T_n^m = \frac{\lambda}{W_n^m} = \frac{1}{0,89} = 1,12 \quad \text{odam} \cdot \text{soat/ga}$$

$$T_n^l = \frac{\lambda}{W_n^l} = \frac{1}{0,957} = 1,045 \quad \text{odam} \cdot \text{soat/ga}$$

bunda  $\lambda$  - mashinaga xizmat ko'rsatuvchi odamlar soni.

2.2 Ish unumi

$$h_n^m = \frac{1}{T_n^m} = \frac{1}{1,12} = 0,89 \quad \text{odam} \cdot \text{soat/ga}$$

$$h_n^l = \frac{1}{T_n^l} = \frac{1}{1,045} = 0,957 \quad \text{odam} \cdot \text{soat/ga}$$

2.3 Ish unumining oshishi.

$$P_{nr} = \frac{T_n^m}{T_n^l} = \frac{1,12}{1,045} = 1,071 \quad P_{nr} = 107,17 \%$$

3. Xarajatlarni hisoblash:

3.1 Jami eksploatatsion xarajatlar quyidagicha hisoblanadi:

$$H_{y\partial}^m = A^m + P_{mr}^m + P_{mo}^m + \Gamma^m + H_a^m = 5618 + 2921,34 + 2696,63 + 107341,38 + 1254,3 = 119831,65 \quad \text{so'm/ga}$$

$$H_{y\partial}^l = A^l + P_{mr}^l + P_{mo}^l + \Gamma^l + H_a^l = 4784,7 + 2488,04 + 2296,65 + 54378,77 + 1231,2 = 65179,36 \quad \text{so'm/ga}$$

3.2 Texnikani tiklash va kapital remont qilish uchun amortizatsiya ajratmalari quyidagicha hisoblanadi.

$$A^m = \frac{B^m \cdot q}{T_3 \cdot W_n^m} = \frac{80000000 \cdot 0,125}{2000 \cdot 0,89} = 5618 \quad \text{so'm/ga}$$

$$A^l = \frac{B^l \cdot q}{T_3 \cdot W_n^l} = \frac{80000000 \cdot 0,125}{2000 \cdot 1,045} = 4784,7 \quad \text{so'm/ga}$$

bunda  $B$ -traktorning balans qiymati, so'm.

$q$ - amortizatsiya normasi, %

3.3 Joriy remont va rejali texnik qarov xarajatlarini aniqlash

$$P_{mp}^m = \frac{B^m \cdot P}{\tau_3 \cdot W_n^m} = \frac{80000000 \cdot 0,065}{2000 \cdot 0,89} = 2921,34 \text{ so'm/ga}$$

$$P_{mp}^l = \frac{B^l \cdot P}{\tau_3 \cdot W_n^l} = \frac{80000000 \cdot 0,065}{2000 \cdot 1,045} = 2488,04 \text{ sso'm/ga}$$

3.4 Texnik qarov xarajatlari quyidagicha hisoblanadi

$$P_{mo}^m = \frac{B^m \cdot P}{\tau_3 \cdot W_n^m} = \frac{80000000 \cdot 0,06}{2000 \cdot 0,89} = 2696,63 \text{ so'm/ga}$$

$$P_{mo}^l = \frac{B^l \cdot P}{\tau_3 \cdot W_n^l} = \frac{80000000 \cdot 0,06}{2000 \cdot 1,045} = 2296,65 \text{ so'm/ga}$$

3.5 Yonilg'i va moylash materiallariga ketadigan xarajatlar

$$\Gamma^m = \frac{N_e \cdot q \cdot k_u \cdot d_{narx}}{W_n^m} = \frac{58,8 \cdot 225 \cdot 0,87 \cdot 8300}{0,89} = 107341,38 \text{ so'm/ga}$$

$$\Gamma^l = \frac{N_e \cdot q \cdot k_u \cdot b_{narx}}{W_n^l} = \frac{58,8 \cdot 225 \cdot 0,87 \cdot 4937,04}{1,045} = 54378,77 \text{ so'm/ga}$$

bunda  $N_e$  – traktorning nominal quvvati, kVt  $N_e=58,8$  kVt.

$q$  – solishtirma yonilg'i sarfi, kg/kVt·s

$k_u$ -dvigatelning yuklanish koeffitsienti,  $k_u=0,87$

$d_{narx}$ - bir litr dizel yonilg'isi bahosi 8300 so'm.

$b_{narx}$ - bir litr bioyoqilg'i bahosi 4937,04 so'm.

3.6 Saqlash xarajatlari

$$H_a^m = \frac{n}{W_n^m} = 1254,3 \text{ so'm/ga}$$

$$H_a^l = \frac{n}{W_n^l} = 1231,2 \text{ so'm/ga}$$

4. Yillik iqtisodiy samaradorlik hisobi.

$$\begin{aligned} \Xi_l &= (И_{y\partial}^m - И_{y\partial}^l) \cdot W_{yil}^l = (119831,65 - 65179,36) \cdot 1914 \\ &= 104604,483 \text{ ming so'm} \end{aligned}$$

**Texnik iqtisodiy ko'rsatkichlar**

No	Nomlanishi	O'lchov birligi	Mavjud variant	Loyiha variant
1	Balans qiymati	ming so'm	80000	80000
2	Agregatning ish unumi	ga/soat	0,89	1,045
3	Ekspulatsion xarajatlar jami	so'm/ga	119831,65	65179,36
3.1	Ish haqqi	so'm/ga	2345,12	2379,8
3.2	Amortizatsiya ajratmasi	so'm/ga	5618	4784,7
3.3	Joriy remont xarajatlari	so'm/ga	2921,34	2488,04
3.4	Texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari	so'm/ga	2696,63	2296,65
3.5	Saqlash xarajatlari	so'm/ga	1254,3	1231,2
4	Iqtisodiy samara	ming so'm	-	104604,483

**To'rtinchi bob bo'yicha xulosalar**

1. Nazariy-matematik hisob natijalariga ko'ra, hududdagi qattiq chiqindining har 1 kg dan 1,22 kVt·soat elektr energiya ishlab chiqarish imkoniyati mavjudligi aniqlandi.

2. Ilmiy-tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan piroliz reaktori "Egamberdi karvon" va "Nurli kelajak agro" fermer xo'jaliklariga joriy qilindi hamda yillik sof foyda mos ravishda 21320,4 ming so'm va 14220,6 ming so'mni tashkil etdi.

3. Toshkent viloyati sharoitida TTZ 80.10 rusumli qishloq xo'jaligi texnikasida tabiiy dizel yoqilg'isi o'rnida qo'llash orqali 104604,483 ming so'm iqtisodiy samaradorlikka erishish imkoniyati mavjud.

## UMUMIY XULOSALAR

“Qishloq xo‘jaligi iste‘molchilari energiya ta‘minotida qattiq maishiy chiqindilar energiyasidan foydalanish” mavzusi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etiladi:

1. Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilaridan bioyoqilg‘i olish piroliz reaktorining konstruktiv va energetik parametrlari hisobi natijasida ishlab chiqilgan piroliz reaktori qalinligi, ichki diametri va umumiy uzunligi mos ravishda 10, 65 hamda 300 mm ga tengligi hamda qizdirgich elementining elektr quvvati 2 kVt bo‘lishi aniqlandi.

2. Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoni optimal parametrlari to‘la faktorli eksperiment natijalariga matematik ishlov berish asosida jarayonning matematik modeli ishlab chiqilgan. Natijada jarayonni ta‘minlovchi optimal parametrlar sifatida harorat oralig‘i  $t = 354 \div 430$  °C, piroliz davomiyligi  $\tau = 39$  minut, chiqindilarning kattaligi  $F = 3,5$  sm bo‘lishi aniqlandi.

3. Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilarini qayta ishlash piroliz qurilmasida solishtirma energiya sarfi 0,867 kVt·soat /litr ni tashkil etadi. Natijada bioyoqilg‘i chiqishini 13,2 % gacha oshirish imkonini bergan.

4. O‘tkazilgan tajriba natijalari asosida jarayon harorati 950 °C bo‘lganda qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilaridan vodorodga boyitilgan sintez gaz olish potentsiali yuqoriligi aniqlandi. Natijada olingan gaz tarkibidagi vodorod miqdorini maishiy chiqindida 44,2 % gacha va yog‘ochda 42,9 % gacha oshirish imkoniyati yaratilgan.

5. Ilmiy-tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan piroliz reaktorida olingan bioyoqilg‘idan Toshkent viloyati sharoitida TTZ 80.10 rusumli qishloq xo‘jaligi texnikasida tabiiy dizel yoqilg‘isi o‘rnida qo‘llash orqali 104604,483 ming so‘m iqtisodiy samaradorlikka erishish imkoniyati mavjudligi aniqlandi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bhada-Tata P., Hoornweg D. What a waste a global review of solid waste management// Urban Development Series Knowledge Papers, 15 (2012), World Bank.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.
3. PQ-4422-son “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejavchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida” 2019-yil 22-avgustdagi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori.
4. O‘RQ-539 “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida”gi Qarori.
5. O‘zbekiston Respublikasining 05.04.2002 yildagi 362-II-son “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni.
6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 15.07.2014 yildagi 194-son Qarori.
7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7-fevraldagi PF-4947-son “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.
8. Sanlisoy A., Carpinlioglu M. A review on plasma gasification for solidwaste disposal // International Journal of Hydrogen Energy, 42 (2017), pp. 1361-1365.
9. Matsakas L., Gao Q., Rova U., Jansson S., Christakopoulos P. Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals // Electronic Journal of Biotechnology, 26 (2017), pp 69-83.
10. Tursunov O., A comparison of catalysts zeolite and calcined dolomite for gas production from pyrolysis of municipal solid waste (MSW) // Ecological Engineering, 69 (2014), pp 237–243.

11. Косивцов Ю., Сульман Э. Технология пиролиза органических материалов. Монография. - Тверь, ТГТУ, 2010. - 124 с.
12. Meena M. et al. Municipal solid waste (MSW): Strategies to improve salt affected soil sustainability: A review // Waste Management, 2019, vol 84. – pp 38–53.
13. Tursunov O., Abdugʻaniyev N., Qattiq maishiy chiqindilar energiya potensialini aniqlash: yakuniy tahlil natijalari // Informatika va energetika muammolari. – Toshkent, 2021. - № 6. – B 83–89.
14. Abdugʻaniyev N., Xasanov Gʻ. Qattiq maishiy chiqindilardan bioyoqilgʻi olish piroreaktorini ishlab chiqish // “Qishloq va suv xoʻjaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi anʻanaviy XXII-yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy-amaliy anjumani. Maqolalar toʻplami. – Toshkent, 2023. – B. 1237-1241.
15. Adilova M. The problem of primary sorting of household waste // Env Saf Civ Ini, 8 (2017), pp. 10–13.
16. Oʻzbekiston Respublikasi Davlat statistika qoʻmitasi.
17. Zhou H., Meng A., Li Q., Long Y., Zhang Y. An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: Physical, chemical composition and heatingvalue // Renewable and Sustainable Energy Reviews 36(2014) pp. 107–122.
18. Ruj B., Ghosh S. Technological aspects for thermal plasma treatmentof municipal solid waste – A review // Fuel Processing Technology, 126(2014) pp. 298-308.
19. Sipra A., Gao N., Sarwar H. 175 (2018). Municipal solid waste (MSW) pyrolysis for bio-fuel production: A review of effects of MSW components and catalysts // Fuel Processing Technology, pp. 131–147.
20. Abdugʻaniyev N. Bioenergiya olishda maishiy chiqindilar xarakteristikasini kompleks oʻrganish // “Qishloq va suv xoʻjaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi anʻanaviy XVIII-yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy-amaliy anjumani. Maqolalar toʻplami 2019, 293-296.

21. Abdugʻaniyev N., Qattiq maishiy chiqindilar energiyasidan foydalanishning dastlabki tahlil natijalari // Irrigatsiya va melioratsiya, № 4 (26) 2021–B 56–59.
22. Abdugʻaniyev N., Davirov A., Qilichov O., Qattiq maishiy chiqindilarni qayta ishlash va energiya olish usullari tahlili: Gazlashtirish/Piroliz// “Agroiqtisodiyot” ilmiy-amaliy agroiqtisodiy jurnal, –Toshkent 2020. Maxsus son, – B 190-192.
23. Abduganiyev N., Tursunov O., Kodirov D., Erkinov B., Sabirov E., and Kilichov O., The use of thermal technologies for the recovery of value added products from household solid waste: A brief review // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (2020), pp. 1-10.
24. Ojha A., Reuben A., Sharma D. (2012) Solid Waste Management in Developing Countries through Plasma Arc Gasification- An Alternative Approach// APCBEE Procedia, pp. 193 – 198.
25. Tursunov O., Dobrowolski J., Klima K., Tylko G., Kordon B., Ryczkowski J., Czerski G. The Influence of Laser Biotechnology on Energetic Value and Chemical Parameters of *Rose Multiflora* Biomass and Role of Catalysts for bio-energy production from Biomass: Case Study in Krakow-Poland// World Journal of Environmental Engineering, 3 (2015), pp. 58-66.
26. Thakare Sh., Nandi S. Study on Potential of Gasification Technology for Municipal Solid Waste (MSW) in Pune City // Energy Procedia 90 ( 2016 ), pp. 509 – 517.
27. Budhathoki R. Three zone modeling of Downdraft biomass Gasification: Equilibrium and finite Kinetic Approach, Master’s Thesis (2013), pp: 1-96.
28. Basu P. Biomass Gasification: Pyrolysis and Torrefaction Practical Design and Theory, 2nd Edition, Elsevier, Chapter 7 (2013), pp. 199-313.
29. Vivanpatarakij S., Assabumrungrat S. Thermodynamic analysis of combined unit of biomass gasifier and tar steam reformer for hydrogen production and tar removal // Int. J. Hydrogen Energy 38(2013), pp. 3930–3936.
30. Campoy M., Gomez-Barea A., Ollero P., Nilsson S. Gasification of wastes in a pilot fluidizedbed gasifier // Fuel Process Technol 121(2014), pp.63–69.

31. Li J., Liao S., Dan W., Jia K., Zhou X. Experimental study on catalytic steam gasification of municipal solid waste for bioenergy production in a combined fixed bed reactor // *Biomass Bioenergy* 46(2012), pp. 174–180.
32. He M., Hu Z., Li J., Xiao B., Guo X., Luo S. et al. Hydrogen-rich gas from catalytic steam gasification of municipal solid waste (MSW): Influence of catalyst and temperature on yield and product composition // *Int J Hydrogen Energy* 34(2009), pp. 195–203.
33. Abdugʻaniyev N., Davirov A., Davlanov X., Karimov I., Ibragimov I., Yogʻoch qoldiqlarini piroliz texnologiyasi orqali qayta ishlash // “Энерго- и ресурсосбережение: новые исследования, технологии и инновационные подходы” xalqaro konferensiya toʻplami, Qarshi 2021, – B. 329-332.
34. Абдуганиев Н., Авлиёкулов Ф. Определение потенциала получения биотоплива из твердых бытовых отходов в Ташкентской области // V Международная научно-практическая online конференция «Энерго- и ресурсосберегающие технологии: опыты и перспективы», Кызылорда - 2023 415 – 419 с.
35. Давлонов Х., Пиролиз қурилмалари асосида гелиоиссиқхоналарнинг энергия самарадор исити ш тизимини ишлаб чиқиш // техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати. – Тошкент, 2019, – Б. 1-53.
36. Williams P., Barton J. Demonstration scale flash pyrolysis of municipal solid waste // *Proc Inst Civ Eng Waste Resour Manag* 164(2011), pp. 205–210.
37. Yin C. Microwave-assisted pyrolysis of biomass for liquid biofuels production // *Bioresour Technol* 120(2012), pp. 273–284.
38. Tursunov O., Md Isa K., Abduganiev N., Mirzaev B., Kodirov D., Isakov A., Sergienko S.A. A succinct review of catalyst dolomite analysis for biomass-MSW pyrolysis/gasification // *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 6 (2019), pp. 365-374.

39. Spitzer R., Gross A., Mau V. Using hydrothermal carbonization for sustainable treatment and reuse of human excreta // *Journal of Cleaner Production* 205 (2018), pp. 955-963.
40. Liua Z., Balasubramanian R. Hydrothermal carbonization of waste biomass for energy generation//*Procedia Environmental Sciences* 16 ( 2012 ), pp. 159 – 166.
41. Nakason K. et al. Hydrothermal carbonization of unwanted biomass materials: Effect of process temperature and retention time on hydrochar and liquid fraction // *Journal of the Energy Institute* 91 (2018), pp. 786-796.
42. Leibniz E., *Prakt. Chem.* 4(1958), pp. 18-25(in German).
43. Toufiq Reza M. et al. Hydrothermal Carbonization of Biomass for Energy and Crop Production // *Appl. Bioenergy* 1(2014), pp. 11–29.
44. Mau, V., Quance, J., Posmanik, R., Gross, A. Phases' characteristics of poultry litter hydrothermal carbonization under a range of process parameters // *Bioresour. Technol.* 219(2016), pp. 632–642.
45. Bashir M. Ghanim, Kwapinski W., James J. L. Hydrothermal carbonisation of poultry litter: Effects of initial pH on yields and chemical properties of hydrochars // *Bioresource Technology* 238 (2017), pp. 78–85.
46. Ramke H., Blöhse D., Lehmann H., Fettig J. (2009) Hydrothermal carbonization of organic waste // In: *Twelfth Int. Waste Manag. Landfill Symp.*
47. Reißmann D., Thrän D., Bezama A. Hydrothermal processes as treatment paths for biogenic residues in Germany: a review of the technology, sustainability and legal aspects // *J. Clean. Prod.* 172(2018), pp. 239-252.
48. Li J., Liu K., Li Y., Yan Sh., Han D. Application of thermal plasma technology for the treatment of solid wastes in China: An overview // *Waste Management* 58 (2016), pp. 260–269.
49. Yang L., Wang H., Wang H., Wang D., Wang Y. Solid waste plasma disposal plant // *Journal of Electrostatics* 69 (2011), pp. 411-413.

50. Ho G., Faizal H., Ani F. Microwave induced plasma for solidfuels and waste processing: A review on affecting factors and performance criteria // *Waste Management* 69 (2017), pp. 423–430.
51. Gomez E., Rani A., Deegan D., Cheeseman C., Wise M., Boccaccini A.R. Thermal plasma technology for the treatment of wastes: A critical review // *Journal of Hazardous Materials* 161(2009), pp. 614–626.
52. Huang H., Tang L. Treatment of organic waste using thermal plasma pyrolysis technology // *Energy Convers. Manage.* 48(2007), pp. 1331–1337.
53. Yang L., Wang H., Wang D., Wang Y. Solid waste plasma disposal plant // *J. Electrostat.* 69(2011), pp. 411-413.
54. Mazzoni L., Ahmed R. and Janajreh I. Plasma gasification of two waste streams: Municipal solid waste and hazardous waste from the oil and gas industry // *Energy Procedia* 105(2017), pp. 4159 – 4166.
55. Kalamaras C., Efstathiou A. Hydrogen production technologies: current state and future developments // *Conf. Papers Energy*, 2013, pp. 1–9.
56. Mizeraczyk, J., Jasin'ski M. (2016) Plasma processing methods for hydrogen production // *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 75, pp. 1-7.
57. Hong Y. et al. Syngas production from gasification of brown coal in a microwave torch plasma // *Energy.* 47(2012), pp. 36-40.
58. Hrycak B., Miotk R., Czykowski D., Dors M., Jasinski M., Mizeraczyk J. Application of atmospheric pressure microwave plasma source for hydrogen production from ethanol // *Int. J. Hydrogen Energy* 39(2014), pp. 14184-14190.
59. Yoon S., Lee J. Hydrogen-rich syngas production through coal and charcoal gasification using microwave steam and air plasma torch // *Int. J. Hydrogen Energy* 37(2013), pp. 17093-17100.
60. Tu W. et al. Products and bioenergy from the pyrolysis of rice straw via radio frequency plasma and its kinetics // *Bioresour Technol* 100(2009), pp. 2052-2061.

61. Huang H, Tang L. Pyrolysis treatment of waste tire powder in a capacitive coupled RF plasma reactor // *Energy Convers Manag* 50(2009), pp. 611-617.
62. Rutberg P. et al. On efficiency of plasma gasification of wood residues // *Biomass Bioenergy* (2011), pp. 495-504.
63. Hlina M, Hrabovsky M, Konrad M., Kavka T. Production of high quality syngas from argon/water plasma gasification of biomass and waste // *Waste Manag* 34(2014), pp. 63-66.
64. Вохмин В., “Разработка энергосберегающей электротехнологии сбраживания навоза с использованием индукционного нагрева”//Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ижевск – 2012, пп 19.
65. Кудряшова А., “Обоснование и разработка средств повышения энергоэффективности работы трехстадийного метантенка”// Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ижевск – 2011, пп 19.
66. Гречко А. Современные методы термической переработки твердых бытовых отходов // *Промышленная энергетика*. 2006. № 9. - С.48-50.
67. Моссэ А., Савченко Г. Плазменные методы в технологии переработки бытовыхотходов // *Твердые бытовые отходы*. 2 (2012), - С. 16-20.
68. Юрьев Ю. Электрохимический метод очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов // *Управление отходами: сб. науч. тр.* - М., 2005. - С. 84-86.
69. Капитонов С., Механик В. Экологически чистая технология переработки твердых бытовых и промышленных отходов // *Цветные металлы*. 1999. № 9.- С.44-47.
70. Покровская Е., Федоров М. Экологические аспекты энергетических технологий утилизации твердых бытовых отходов // *Региональная экология*. 1999. №4 - С.87-90.
71. Пименова М., Собкалов А., Сай А. Особенности термических технологий утилизации промышленных и коммунальных отходов //

Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2 (2014). – С. 26-32.

72. Смирнов С., Морозов Г., Морозов О. и др. Исследование СВЧ технологических комплексов переработки твердых и жидких сред // Научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2018. № 4. – С. 34-43.
73. Темершин Д., Гаврилов С., Сидоров Ю., Канарский А. Применение электролизеров и электродиализаторов в пищевой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т.8, №3. – С. 110-114.
74. Головкин А., Бондаренко А. Перспективы использования электрических методов для очистки жидких органических отходов животноводства // Вестник аграрной науки Дона. 1 (2018). – С. 52-57.
75. Трифонова, Т., Селиванова Н., Ширкин Л. и др. Проблемы утилизации ТБО на полигонах // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 3(2). - С. 685-687.
76. Гунич С., Янчуковская Е., Днепровская Н. Анализ современных методов переработки твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). – С. 110-115.
77. Мискичекова З., Кручинина Н., Азопков С., Гавва М. Физико-химическая очистка фильтратов полигонов твердых коммунальных отходов // Успехи в химии и химической технологии. 2021. № 12. – С. 120-122.
78. Mahvi A., Al-din Ebrahimi S., Gharibi H., Mesdaghinia A., Hossein M., Sowlat Performance evaluation of a continuous bipolar electrocoagulation /electrooxidation–electroflotation (ECEO–EF) reactor designed for simultaneous removal of ammonia and phosphate from wastewater effluent // Journal of Hazardous Materials. 192 (2011), pp. 1267-1274.
79. Hussen Shadi A., Kamaruddin M., Ismail N., Niza N., Emmanuel M., Hossain S. Effective removal of organic and inorganic pollutants from stabilized

- sanitary landfill leachate using a combined Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles/electroflotation process // *Journal of Water Process Engineering*, 40 (2021) 101988.
80. Wilk B., Szopińska M., Sobaszek M., Pierpaoli M., Błaszczuk A., Luczkiewicz A., Fudala-Ksiazek S. Electrochemical oxidation of landfill leachate using boron-doped diamond anodes: pollution degradation rate, energy efficiency and toxicity assessment// *Environmental Science and Pollution Research*, April 2022, 29(43):65625-65641.
81. Nabi M., Liang H., Cheng L., Yang W., Gao D. A comprehensive review on the use of conductive materials to improve anaerobic digestion: Focusing on landfill leachate treatment // *Journal of Environmental Management* 309 (2022) 114540.
82. Akbar Z., Babak S., Zinatizadeh S., Abdul M., Hasnain I. Palm oil mill effluent digestion in an up-flow anaerobic sludge fixed film bioreactor // *International Journal of Environmental Research*, 1 (2007), 264-271.
83. Santos G., Pupo M., Vasconcelos V., Eguiluz K., Banda G. Electroflotation // *Electrochemical Water and Wastewater Treatment*. 2018, P. 77-118.
84. Broeke T., Platteau I., Rijnaarts T., Alhadidi A., Gutierrez L., Cornelissen E. Water reuse and resource recovery from greenhouse wastewater by capacitive electrodialysis at pilot scale// *Desalination*, 583 (2024), 117669.
85. Qiao J., Xiong Y. Electrochemical oxidation technology: A review of its application in high-efficiency treatment of wastewater containing persistent organic pollutants // *Journal of Water Process Engineering*. Volume 44, December 2021, 102308.
86. Katakai S., West H., Clarke M., Baruah D. Phosphorus recovery as struvite from farm, municipal and industrial waste: Feedstock suitability, methods and pre-treatments // *Waste Management*. Volume 49, March 2016, pp. 437-454.
87. Stefaan S., Liban Y., Antonino G., Paola L. Energy recovery from thermal processing of waste: a review. // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*. 2005, 158(2):97-103.

88. Maureira D., Romero O., Illanes A., Wilson L. Industrial bioelectrochemistry for waste valorization: State of the art and challenges // *Biotechnology Advances*. 2023, 64(1):108123).
89. Sun Y., Miao J., Fan X., Zhang K., and Zhang T. Recent Progress in Electrochemical Conversion from Biomass Derivatives into High-Value-Added Chemicals // *Small Structures*. 2024, 2300576.
90. Silva T., Condeço J., Santos D. Preliminary Studies on the Electrochemical Conversion of Liquefied Forest Biomass // *Reactions*. 2022, 3(4), 553-575.
91. Tursunov O., Zubek K., Dobrowolski J., Czerski G., Grzywacz P. Effect of Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> and Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> with K<sub>2</sub>O Promoter Catalysts on H<sub>2</sub>, CO and CH<sub>4</sub> Concentration by CO<sub>2</sub> Gasification of Rosa Multiflora Biomass // *Oil & Gas Science and Technology*. 72 (2017), 1-16.
92. Seo DK et al. Study of the Pyrolysis of Biomass Using Thermogravimetric Analysis (TGA) and Concentration Measurements of the Evolved Species. *Anal Appl Pyrol*. 89 (2010), pp. 66-73.
93. Murray R., White J., Kinetics of the Thermal Decomposition of Clay. 2. Isothermal Decomposition of Clay Minerals, *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, 54 (1955), pp. 151.
94. Senum G., Yang, R., Rational Approximations of the Integral of the Arrhenius Function, *Journal of Thermal Analysis*, 11 (1977), pp. 445-447.
95. Zhou H., Long Y., Li Q., Meng A., Zhang Y., Thermogravimetric characteristics of typical municipal solid waste fractions during co-pyrolysis, *Waste. Manag.* 38 (2015), pp. 194–200.
96. Garcia A. et al. Thermogravimetric kinetic study of the pyrolysis of municipal solid waste // *Thermochim. Acta*. 254 (1995) 277–304.
97. Chen S., Meng A., Zhou H., Long Y., Li Q., Zhang Y., TGA pyrolysis and gasification of combustible municipal solid waste, *J. Energy Inst.* 88 (2015) 332–343.

98. Nzioka A., Kim M., Hwang H., Kim Y. 10 (2019), Kinetic study of the thermal decomposition process of municipal solid waste using TGA, *Waste Biomass Valori*. 1679–1691.
99. Maoyun H., Xiao B., Shiming L., Zhiquan H., Xianjun G., Siyi L., Fan Y., Syngas production from pyrolysis of municipal solid waste (MSW) with dolomite as downstream catalysts, *J. Anal. Appl. Pyrol.* 87 (2010) 181-187.
100. Tursunov O., Suleimenova B., Kuspangaliyeva B., Inglezakis V., Anthony E., Sarbassov Y., Characterization of tar generated from the mixture of municipal solid waste and coal pyrolysis at 800 °C, *Energy Reports* 6(1) (2020) 147-152.
101. Marrot L., Candelier K., Valette J. et al., Valorization of Hemp Stalk Waste Through Thermochemical Conversion for Energy and Electrical Applications, *Waste Biomass Valor.* 13 (2022) 2267–2285.
102. El-Sayed S., Mostafa M., Thermal pyrolysis and kinetic parameter determination of mango leaves using common and new proposed parallel kinetic models, *RSC Adv.* 10 (2020) 18160-18179.
103. Villafán-Vidales H., Lopez G., Santamaria L., Artetxe M., Olazar M., An analysis of hydrogen production potential through the in-line oxidative steam reforming of different pyrolysis volatiles, *J. Analytical and Applied Pyrolysis* 163 (2022) 1-13.
104. Li B., Wei L., Yang H., Wang X., Chen H., The enhancing mechanism of calcium oxide on water gas shift reaction for hydrogen production, *Energy* 68 (2014) 248-254.
105. Chianese S., Loipersböck J., Malits M., Rauch R., Hofbauer H., Molino A., Musmarra D., Hydrogen from the high temperature water gas shift reaction with an industrial Fe/Cr catalyst using biomass gasification tar rich synthesis gas, *Fuel Processing Technology* 132 (2015) 39-48.
106. Huang F., Jin S., Investigation of biomass (pine wood) gasification: Experiments and Aspen Plus simulation, *Energy Sci. Eng.* 7 (2019)1178–1187.

107. Ambrosetti M., Bonincontro D., Balzarotti R., Beretta A., Groppi G., Tronconi E., H<sub>2</sub> production by methane steam reforming over Rh/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst packed in Cu foams: A strategy for the kinetic investigation in concentrated conditions, *Catalysis Today* 387 (2022) 107-118.
108. Dascomb J., Krothapalli A., Fakhrai R., Thermal conversion efficiency of producing hydrogen enriched syngas from biomass steam gasification, *Int. J. Hydrogen Energy* 38(27) (2013) 11790-11798.
109. Tursunov O., Dobrowolski J., Khujaev O., Abduganiev N., Nazarova O., and Yuldosheva D., Study on the perspectives of application of eco-friendly laser biotechnology for environmental protection in Uzbekistan// *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 939 (2021), pp 1-11.
110. Porada S., Czerski G., Dziok T., Grzywacz P. and Makowska D., Thermovolumetric investigations of steam gasification of coals and their chars// *E3S Web of Conferences*, 14 (2017), pp. 1–9.
111. Tursunov O., “Catalytic and non-catalytic conversion municipal solid waste via pyrolysis”// *Magistrlik dissertatsiyasi*, 2013, University Malaysia Perlis, Perlis, Malaysia, pp 178.
112. <https://www.astm.org/d5231-92r16.html>.
113. <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/11206100>
114. <https://www.thermofisher.com/uz/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/oes-xrd-xrf-analysis/x-ray-fluorescence/instruments.html>
115. Callejon-Ferre A., Manzano-Agugliaro F., Velazquez-Marti B., Lopez-Martinez J. Greenhouse crop residues: Energy potentials and models for the prediction of their higher heating value// *Renew SustEnerg Rev.* 15 (2011), pp. 948– 955.
116. Vargas-Moreno J., Callejon-Ferre A., Velazquez-Marti B., Perez-Alonso J. A review of mathematical models for predicting the heating value of biomass materials// *Renew SustEnerg Rev.* 16 (2012), pp. 3065–3083.

117. Velazquez-Marti B., Sajdak M., Lopez-Cortes I., Callejon-Ferre A. Wood characterization for energy application proceeding from pruning *Morusalba L.*, *Platanushispanica Munchh.* And *Sophora japonica L.* in urban areas// *Renew Energy*. 2014; 62: 478–483.
118. Perez-Arevalo J., Callejon-Ferre A., Velazquez-Marti B., Suarez-Medina M. Prediction models based on higher heating value from the elemental analysis on neem, mango, avocado, banana, and carob trees in Guayas (Ecuador)// *J Renew Sustain Energy*. 2015; 7: 1-32.
119. Estiati I., Alzibar H., Tellabide M., Olazar M. A new method to measure fine particle circulation rates in draft tube conical spouted beds// *Powder Technol.* 316 (2017) 87–91.
120. PN - EN 14918-2010 Solid biofuels - Determination of calorific value.
121. PN-ISO 1928:2002 - Solid fuels - Determination of combustion heat in a calorimetric bomb and calculation of calorific value.
122. Kalem M., Effect of fractional distillation pretreatment on fuel quality of plastic waste pyrolytic oils. *Separation and Purification Technology* 300 (2022) 1-18.
123. Kaminska A. Methods for increasing the calorific value of fragmented wood biomass// *Technical Transactions*. 2011; 8: 97-105.
124. Buah W., Cunliffe A., Williams P. Characterization of products from the pyrolysis of municipal solid waste// *Process Safety and Environmental Protection*. 85 (2007), pp. 450–457.
125. Zhou H., Long Y., Meng A., Li Q. & Zhang Y. (2015). Thermogravimetric characteristics of typical municipal solid waste fractions during co-pyrolysis. *Waste Management*, 38, 194–200.
126. Nzioka A. Kinetic study of the thermal decomposition for mixed municipal solid waste using thermogravimetric analysis// *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2017; 5(3): 355-363.
127. Sorum L., Gronli M., Hustad J. Pyrolysis characteristics and kinetics of municipal solid wastes// *Fuel*. 2001; 80(9): 1217–1227.

128. Gunasee S., Carrier M., Gorgens J., Mohee R. Pyrolysis and combustion of municipal solid wastes: Evaluation of synergistic effects using TGA-MS// *J Anal Appl Pyrol.* 2016; 121: 50–61.
129. Nzioka A., Kim M, Hwang H, Kim Y (2019) Kinetic study of the thermal decomposition process of municipal solid waste using TGA. *Waste Biomass Valori* 10:1679–1691.
130. Uzun B., Varol E., Pütün E. Pyrolysis: a Sustainable way from biomass to biofuels and biochar. In: Viktor J., Varol E., Uzun B., Liu J, editors. *Biochar: A regional supply chain approach in view of climate change mitigation.* Cambridge University Press, Cambridge (UK); 2016, p. 239–265.
131. Yu J., Paterson N., Blamey J., Millan M. Cellulose, xylan and lignin interactions during pyrolysis of lignocellulosic biomass// *Fuel.* 2017; 191: 140-149.
132. Dorez G., Ferry L., Sonnier R., Taguet A., Lopez-Cuesta J. Effect of cellulose, hemicellulose and lignin contents on pyrolysis and combustion of natural fibers// *J Anal ApplPyrol.* 2014; 107: 323–331.
133. Zhai M., Guo L., Zhang Y., Dong P., Qi G., Huang Y. Kinetic parameters of biomass pyrolysis by TGA// *BioRes.* 2016; 11(4): 8548-8557.
134. Long Y., Meng A., Chen S., Zhou H., Zhang Y., Li Q.(2017) Pyrolysis and combustion of typical wastes in a newly designed macro thermogravimetric analyzer: characteristics and simulation by model components. *Energy Fuels* 31(7):7582–7590.
135. Tursunov O., Śpiewak K., Abduganiev N., Yang Y., Kustov A., Karimov I., Thermogravimetric and thermovolumetric study of municipal solid waste (MSW) and wood biomass for hydrogen-rich gas production: a case study of Tashkent region// *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 1-13.
136. Velghe I., Yperman J., Carleer R., Schreurs S. Study of the pyrolysis of municipal solid waste for the production of valuable products// *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 92 (2011), pp. 366–375.

137. Gandidi I., Susila M., Mustofa A., Pambudi N. Thermal - Catalytic cracking of real MSW into Bio-Crude Oil// *Journal of the Energy Institute* 91 (2018) 304-310.
138. Parthasarathy P., Narayanan K., Hydrogen production from steam gasification of biomass: Influence of process parameters on hydrogen yield – A review, *Renewable Energy* 66 (2014) 570-579.
139. Liu Zh., Jun K., Roh H., Park S., Hydrogen production for fuel cells through methane reforming at low temperatures, *J. Power Sources* 111 (2002) 283-287.
140. LeValley T., Richard A., Fan M., The progress in water gas shift and steam reforming hydrogen production technologies – A review, *Int. J. Hydrogen Energy* 39(30) (2014) 16983-17000.
141. Bates R., Ghoniem A., Jablonski W., Carpenter D., Altantzis Ch., Garg A., Barton J., Chen R., Field R., Steam-air blown bubbling fluidized bed biomass gasification (BFBBG): Multi-scale models and experimental validation, *Particle Technology and Fluidization* 63(5) (2017) 1543-1565.
142. Bach Q., Gye H., Song D., Lee C., High quality product gas from biomass steam gasification combined with torrefaction and carbon dioxide capture processes, *Int. J. Hydrogen Energy* 44 (2019) 14387-14394.
143. Tursunov O., Integrated application of laser biotechnology for extensive production of biomass and application of thermal technologies for production bioenergy, Doktorlik dissertatsiyasi, AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland, 2016, pp 228.
144. Molinos M., Hernández F., Sala R. (2010) Economic feasibility study for wastewater treatment: a cost–benefit analysis. *Sci Total Environ* 408:4396–4402.
145. Ghodrat M., Rhamdhani M., Brooks G., Rashidi M., Samali B., A thermodynamic-based life cycle assessment of precious metal recycling out of waste printed circuit board through secondary copper smelting // *Environ Dev* 24(2017), pp. 36–49.

146. Узаков Г., Повышение энергоэффективности систем теплохладоснабжения овощехранилищ с использованием нетрадиционных источников энергии // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Карши 2014, pp 226.
147. Luz F., Rocha M., Lora E., Andrade R., Venturini O., Leme M., del Olmo O. Techno-economic analysis of municipal solid waste gasification for electricity generation in Brazil. *Energy Convers Manag* 103(2015), pp. 321–337.
148. Perry R., Green D., Maloney J. (1999) *Perry's chemical engineers' platinum edition*. McGraw Hill, New York.
149. Ghodrat M., Rhamdhani M., Masood S., Brooks G., Corder G., Techno Economic Analysis of Electronic Waste Processing through Black Copper Smelting Route, *Journal of Cleaner Production* (2016), pp 1-36.
150. Abdug'aniyev N., Davirov A., Qilichov O., Qattiq maishiy chiqindilardan issiqlik va elektr energiyasi olishning nazariy matematik hisobi(O'rta Chirchiq tumani misolida)// "AGROIQTISODIYOT" ilmiy-amaliy agroiqtisodiy jurnal, maxsus son, 193-195 betlar, Toshkent 2020.
151. Singha K., Solange O. and Musti K. Municipal Solid Waste to Energy: An Economic and Environmental Assessment for Application in Trinidad and Tobago// *The Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago* 38 (2009), pp.42-49.
152. Alzate S., Restrepo-Cuestas B. and Jaramillo-Duque Á. Municipal Solid Waste as a Source of Electric Power Generation in Colombia: A Techno-Economic Evaluation under Different Scenarios// *Resources* 8(2019), 1-16.
153. Leme M., Rocha M., Lora E., Lopes B., Venturini O., Ferreira C. Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from Municipal SolidWaste (MSW) in Brazil// *Resour. Conserv. Recycl.* 87(2014), pp. 8–20.
154. Fernández-González J., Grindlay A., Serrano-Bernardo F., Rodríguez-Rojas M., Zamorano M. Economic and environmental review of Waste-to-Energy

systems for municipal solid waste management in medium and small municipalities// Waste Manag. 2017, 67, 360–374.

155. Bashir M., Sethupathi S., Ng C., Lim J. Assessment of the Environmental, Technical and Economic Issues Associated with Energy Recovery from Municipal Solid Waste in Malaysia// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 268 (2019) pp 1-7.

## MUNDARIJA

	<b>Kirish</b> .....	3
<b>I BOB</b>	<b>QATTIQ CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYALARI TAHLILI</b> .....	5
1.1-§	Chiqindilarning atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta'siri. Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarini utilizatsiya qilishning jahon va O'zbekistondagi bugungi holati.....	5
1.2-§	Qattiq chiqindilarga ishlov berish texnologiyalari tahlili.....	11
1.3-§	Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilariga elektrotexnologik ishlov berish usullari.....	25
	Birinchi bob bo'yicha xulosalar.....	29
<b>II BOB</b>	<b>PIROLIZ REAKTORINING ENERGETIK PARAMETRINI ASOSLASH</b>	31
2.1-§	Chiqindilarning issiqlik energiyasi ta'sirida kinetik parametrlarining o'zgarishi.....	31
2.2-§	Piroliz reaktorini qizdirish uchun elektrotermik uskunaning energetik parametrini konstruktiv parametrlari asosida nazariy asoslash.....	37
2.3-§	Piroliz reaktorining eksperimental (laboratoriya) modelini ishlab chiqish.....	42
2.4-§	Xom-ashyoni yig'ish va dastlabki qayta ishlash .....	46
	Ikkinchi bob bo'yicha xulosalar.....	50
<b>III BOB</b>	<b>QISHLOQ XO'JALIGI CHIQINDILARINI QAYTA ISHLASH JARAYONINI EKSPERIMENTAL TADQIQ QILISH</b> .....	52
3.1-§	Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari energetik xususiyatlarini aniqlash natijalari .....	52
3.2-§	Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilarining energetik qiymati, massa va issiqlik oqimi o'zgarish dinamikasini aniqlash .....	54
3.3-§	Qishloq xo'jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayonini to'la	

	faktorli eksperimentlar asosida jarayonning optimal parametrlarini aniqlash .....	61
3.3.1.	Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoniga ta’sir etuvchi faktorlarning o‘zgarish chegaralarini aniqlash.....	61
3.3.2	Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari piroliz jarayoniga ta’sir etuvchi faktorlarning optimal parametrlarini matematik rejalashtirish asosida aniqlash.....	64
3.4-§	Piroliz reaktorida o‘tkazilgan eksperiment natijasida olingan bioyoqilg‘i va uning sifatini oshirish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijalari.....	72
3.5-§	Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilaridan vodorodga boyitilgan sintez gaz olish imkoniyatini eksperimental tadqiq qilish.....	74
	Uchinchi bob bo‘yicha xulosalar.....	84
<b>IV BOB</b>	<b>QISHLOQ XO‘JALIGI QATTIQ CHIQINDILARINI PIROLIZ TEXNOLOGIYASI YORDAMIDA QAYTA ISHLASHNING TEXNIK-IQTISODIY KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASH.....</b>	<b>86</b>
4.1-§	Qishloq xo‘jaligi qattiq chiqindilari qayta ishlash texnologiyalarining texnik–iqtisodiy va energetik samaradorligi hisobi.....	86
4.2-§	Piroliz reaktorining texnik – iqtisodiy samaradorligini baholash	91
	To‘rtinchi bob bo‘yicha xulosalar.....	98
	UMUMIY XULOSALAR.....	99
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	100

Abdugʻaniyev Nurislom Nuritdin oʻgʻli  
Tursunov Obid Bobokulovich

/Qishloq xoʻjaligi isteʼmolchilari energiya taʼminotida qattiq  
maishiy chiqindilar energiyasidan foydalanish/

/Monografiya/

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xoʻjaligini mexanizatsiyalash muhandislari  
instituti” Milliy tadqiqot universiteti Ilmiy Kengashida koʻrib chiqilgan va chop  
etishga tavsiya qilingan.

Muharrir: M.Mustafayeva

---

Bosishga ruxsat etildi: \_\_\_\_\_ Qogʻoz oʻlchami: 60x84 1/16  
Hajmi: 7,5 bosma taboq. Adadi 10 nusxa. Buyurtma № \_\_\_\_\_  
“TIQXMMI” MTU bosmaxonasida chop etildi.  
Toshkent-100000, Qori-Niyoziy koʻchasi 39-uy