

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY 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**

BIOENERGETIKA

/O‘QUV QO‘LLANMA/

60711000-Muqobil energiya manbalari (qayta tiklanuvchi energiya) va
60710400-Energetika muhandisligi bakalavriat ta’lim yo‘nalishlariga
mo‘ljallangan



Toshkent - 2025

UO‘T: 628.4.032:620.97:631.1(575.111)(043)

Bioenergetika [Matn]: o‘quv qo‘llanma / N.N.Abdug‘aniyev, O.B.Tursunov - Toshkent: “TIQXMMI” MTU, 2025-118 b.

O‘quv qo‘llanmada biomassa energiyasi va uning energetika sohasidagi o‘rni, qattiq chiqindilarni utilizatsiya qilishning O‘zbekistondagi bugungi holati, biomassaga dastlabki ishlov berish va uni qayta ishlash usullari tavsifi, biomassani anaerobik hamda termokimyoviy qayta ishlash texnologiyalari, piroliz hamda gazifikatsiya texnologiyalari va biomassa energiyasidan foydalanishning ekologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan.

O‘quv qo‘llanma 60711000-Muqobil energiya manbalari (qayta tiklanuvchi energiya) va 60710400-Energetika muhandisligi bakalavriat ta’lim yo‘nalish talabalariga mo‘ljallangan

Taqrizchilar:

Sulliyev Absaid Xurramovich, t.f.n.

“Toshkent Davlat transport universiteti”,
“Elektr ta’minoti” kafedrası, professori

Turdibayev Abduvali Abdujalolovich, PhD.

“TIQXMMI” milliy tadqiqot universiteti,
“Elektrotexnologiya va elektr uskunalар ekspluatatsiyasi” kafedrası dotsenti

Ushbu o‘quv qo‘llanma “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti rektorining ____ yil __ ____dagi __ a/f – sonli buyrug‘i asosida nashr etishga ruxsat berilgan. Ro‘yxatga olish raqami __ a/f – __

ISBN _____

© N.N.Abdug‘aniyev, O.B.Tursunov – 2025

© «TIQXMMI» MTU nashriyoti – 2025

KIRISH

Global isish va qazib olinadigan yoqilg'idan keng foydalanish bilan bog'liq ekologik muammolar tadqiqotni qayta tiklanadigan energiya manbalariga yo'naltirdi. Bundan tashqari, global energiya talabi katta sur'atlarda o'sishda davom etayotgan ayni paytda qayta tiklanmaydigan energiya manbalari tugab bormoqda. Qayta tiklanadigan variantlar quyosh, shamol, suv oqimi, to'lqin, gidro va biomassa energiyasini o'z ichiga oladi. Barcha mavjud qayta tiklanadigan energiya manbalari orasida energiya ishlab chiqarish uchun biomassa konvertatsiyasi qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarishning 70 % dan ortig'ini tashkil qiladi. Dunyoning birlamchi energiya ta'minotida biomassaning ishtiroki 10 % dan ortiq. Bioenergiya ishlab chiqarish uchun biomassadan foydalanish ko'plab afzalliklarga ega. Bioenergiya transport sohasida, issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarishda qo'llanilishi mumkin. Bu energiya ta'minotining xilma-xilligini oshiradi. Bundan tashqari, bioenergiya qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'ilarni ishlab chiqarishi hamda undan olingan energiya saqlanishi va turli sohalarga yetkazilishi mumkin.

Biomassa manbai hisoblangan 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. 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.

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. Bundan tashqari, chiqindi poligonlaridan atrof muhitga metan, kislorod, karbonat angidrid kabi gazlarning ajralib chiqishi ham ekologiyaga sezilarli darajada salbiy ta'sir qiladi. 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. 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. Bioenergetika uchun biomassani qo'llash chiqindilarni nazorat qilishga olib keladi va biomassa resurslari energiya ishlab chiqarish uchun foydalaniladigan ijtimoiy-iqtisodiy hamda mintaqaviy rivojlanishni boshlaydi, qishloq joylarida daromad va bandlikni ta'minlaydi.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda mazkur o'quv qo'llanmada biomassa turlari, ularning jahon va yurtimiz energetika sohasida tutgan o'rni, biomassani qayta ishlash texnologiyalari hamda ulardan olinadigan energetik mahsulotlar tahlili va biomassa energiyasidan foydalanishning ekologik hamda iqtisodiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

I BOB. BIOMASSA ENERGIYASI VA UNING ENERGETIKA SOHASIDAGI O‘RNI

1.1-§ Biomassa turlari. Qattiq maishiy chiqindilarning tarkibiga hududdagi aholining yashash sharoiti va tabiiy muhitning ta’siri.

Bugungi kunda jahonda kuzatilayotgan global isish bilan bog‘liq iqlim o‘zgarishi, energiya xavfsizligi va issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish kabi muammolar qayta tiklanadigan energiya taraqqiyotiga turtki bo‘lmoqda. Qayta tiklanadigan energiya atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanish uchun zarurdir. Qayta tiklanadigan energiyaga kiritiladigan investitsiyalar iqtisodiy o‘sish, milliy daromad o‘sishi, sanoat faolligi va bandlikning bevosita hamda bilvosita oshishining yangi lokomotivi hisoblanadi. Bioenergetika mamlakatlarda barqaror rivojlanishni rag‘batlantirishda muhim tarkibiy qism bo‘lib, energiya xavfsizligi va iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashga katta hissa qo‘shadi. Shu nuqtai nazardan, an’anaviy yoqilg‘idan (ko‘mir, tabiiy gaz va neft) qayta tiklanadigan energiya manbalariga (quyosh, shamol, biomassa, gidro va geotermal energiya) o‘tish integratsiyalashgan va barqaror yondashuvlarni talab qiladigan bir qator global muammolarni keltirib chiqaradi. Qayta tiklanadigan energiya manbalari ko‘plab imkoniyatlar va afzalliklarga ega va turli mamlakatlarda tobora ko‘proq foydalanilmoqda.

1.1-jadval

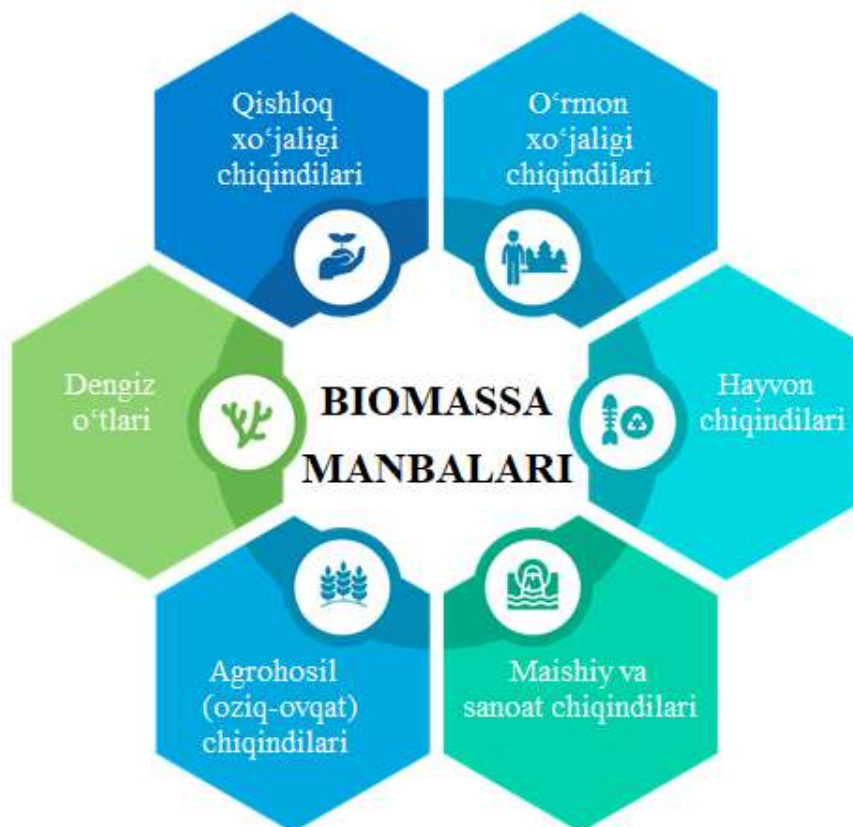
Qayta tiklanadigan resurslardan foydalanish

Qayta tiklanadigan energiya turlari	Foydalanish sohalari
Quyosh	Elektr, issiqlik yoki mexanik energiya
Shamol	Elektr energiyasi ishlab chiqarish
Biomassa	Issiqlik, elektr energiya ishlab chiqarish, yoqilg‘i va biomahsulotlar sintezi
Geotermal	Elektr energiyasi ishlab chiqarish, binolarni isitish, issiq suv va qishloq xo‘jaligida quritish
Gidroenergetika	Elektr energiyasi ishlab chiqarish

Hozirda mavjud qayta tiklanadigan energiya manbalarining turlari va potensial foydalanish sohalari yuqoridagi 1.1-jadvalda keltirilgan.

Gidroenergetika, shamol, quyosh va biomassa kabi muqobil hamda qayta tiklanadigan energiya manbalari energiya xavfsizligini yaxshilash uchun tejamkor va ekologik toza “o‘rinbosar” hisoblanadi.

Biomassa energiyasi qayta tiklanadigan energiyaning eng istiqbolli manbai hisoblanib, organik moddalar (o‘simliklar va hayvonlar)dan ishlab chiqariladigan toza va qayta tiklanadigan energiya shaklidir. Biomassaga asoslangan energiya tizimlari xom-ashyoning keng tarqalganligi bilan bir qatorda ham issiqlik ham elektr energiyasini ishlab chiqarish qobiliyati bilan ajralib turadi. Biomassa turli xil konversiya usullaridan foydalangan holda issiqlik va elektr energiyasi, kimyoviy xom-ashyo ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Eng keng tarqalgan biomassa resurslariga yog‘och, yog‘och qirindisi(opilka), somon, qishloq xo‘jaligi chiqindilari, oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlash chiqindilari, o‘rmon xo‘jaligi chiqindilari, ekinlar, maishiy chiqindilar va oqava suvlar kiradi(1.1-rasm).



1.1-rasm. Biomassa manbalari.

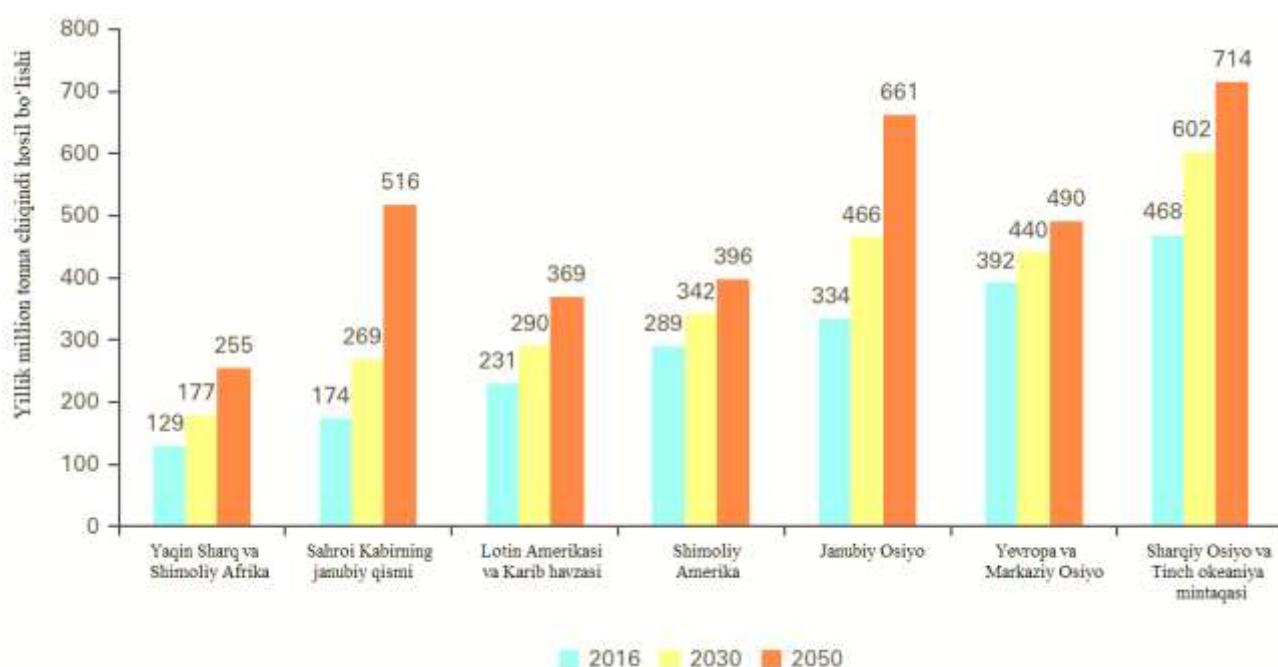
Boshqa barqaror energiya manbalaridan farqli o'laroq, biomassa kimyoviy moddalar bilan birga to'g'ridan-to'g'ri yoqilg'i ishlab chiqarishi mumkin. Haqiqattan ham biomassa qazilma yoqilg'ilarga munosib muqobildir, chunki u ichki kimyoviy energiyani o'zida saqlaydigan va atmosferaga chiqadigan issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirishga yordam beradigan qazib olinmaydigan organik materialdir. Uning yillik global energiya salohiyati 200-500 EJ ga teng deb baholanadi. Biomassa dunyo bo'ylab ishlatiladigan energiyaning 14 % ini ta'minlaydi va sezilarli o'sish istiqbollari bilan toza, qayta tiklanadigan, uzluksiz hamda dasturlashtiriladigan energiya manbai sifatida tasniflanadi. Undan energetik maqsadlarda foydalanish butun dunyoda keng tarqalgan va o'rnatilgan.

Biomassa – bioyoqilg'i va elektr energiya ishlab chiqarishda foydalanish mumkin bo'lgan o'rmon hamda qishloq xo'jaligidagi o'simlik qoldiqlari, oqava suv cho'kindilari, organik modda va qoldiqlaridan iborat qayta tiklanuvchi energiya manbai. Qattiq maishiy chiqindi(QMCH)lar 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 [1].

Dunyoda har yili 2,01 milliard tonna qattiq maishiy chiqindilar hosil bo'lib, ularning kamida 33 foizi ekologik xavfsiz tarzda utilizatsiya qilinmaydi. Dunyo bo'yicha har bir kishiga kunlik chiqindi hosil bo'lish miqdori o'rtacha 0,74 kilogrammni tashkil etsada, ammo 0,11 dan 4,54 kilogrammgacha bo'lgan keng oraliqda o'zgaradi. Yuqori daromadli mamlakatlar dunyo aholisining atigi 16 foizini tashkil qilsa-da, dunyo chiqindilarining 34 foizini yoki 683 million tonnasini ishlab chiqaradi.

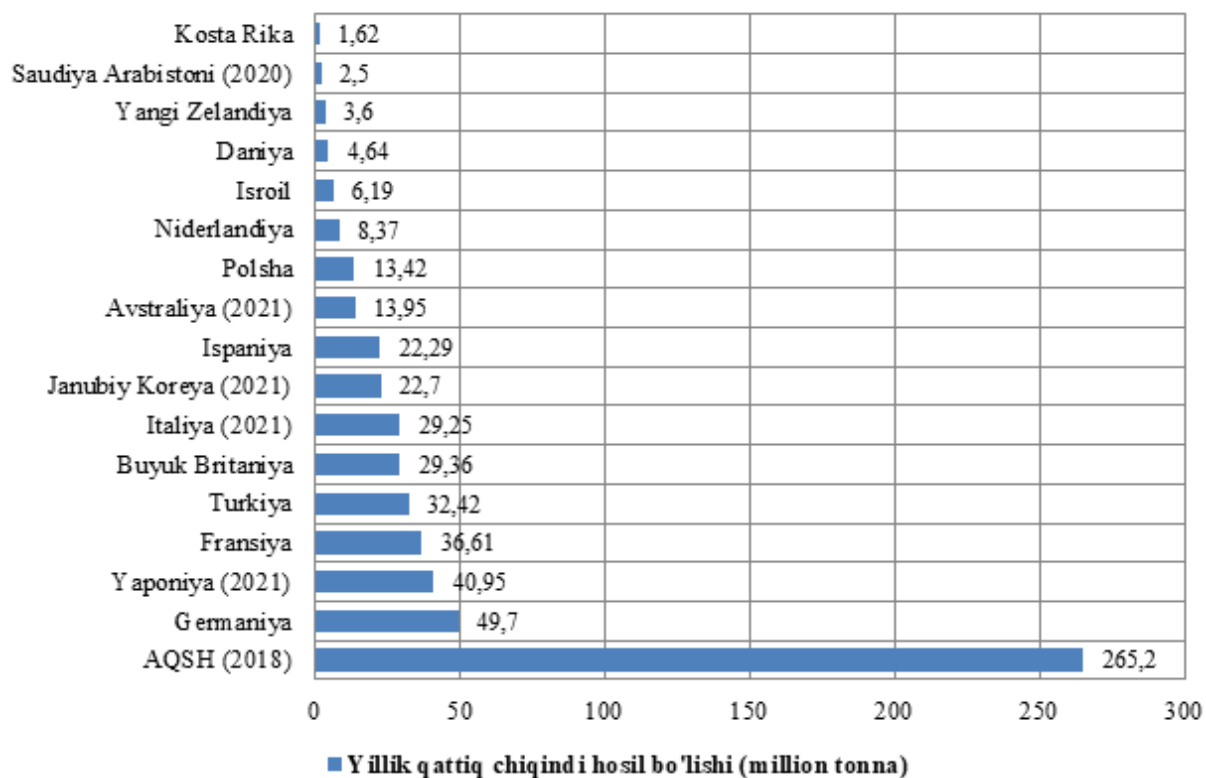
2050 yilga kelib aholi sonining ikki baravar oshishi hisobiga global chiqindilar hajmi 3,40 milliard tonnagacha o'sishi kutilmoqda. Umuman olganda, chiqindilarni ishlab chiqarish va daromad darajasi o'rtasida ijobiy bog'liqlik mavjud. Yuqori daromadli mamlakatlarda har kuni aholi jon boshiga chiqindi hosil

bo‘lishi 2050-yilga borib 19 foizga, past va o‘rta daromadli mamlakatlarda taxminan 40 foizga yoki undan ko‘proqqa oshishi kutilmoqda. Shuningdek, 2050-yilga kelib kam daromadli mamlakatlarda hosil bo‘ladigan chiqindilarning umumiy miqdori 3 barobardan ko‘proq o‘sishi kutilmoqda. Sharqiy Osiyo va Tinch okeani mintaqasi dunyo chiqindilarining katta qismini, ya’ni 23 foizini hosil qiladi. Yaqin Sharq va Shimoliy Afrika mintaqasi esa 2050 yilga kelib, mutlaq ko‘rsatkichlarda eng kam ishlab chiqarishni ko‘rsatadi, ya’ni 6 foiz. Biroq, eng tez rivojlanayotgan mintaqalar Sahroi Kabirning janubiy qismi, Janubiy Osiyo va Yaqin Sharq va Shimoliy Afrika bo‘lib, bu yerda 2050 yilga kelib chiqindilarning umumiy ishlab chiqarilishi mos ravishda uch, ikki va ikki baravar oshishi kutilmoqda (1.2-rasm).



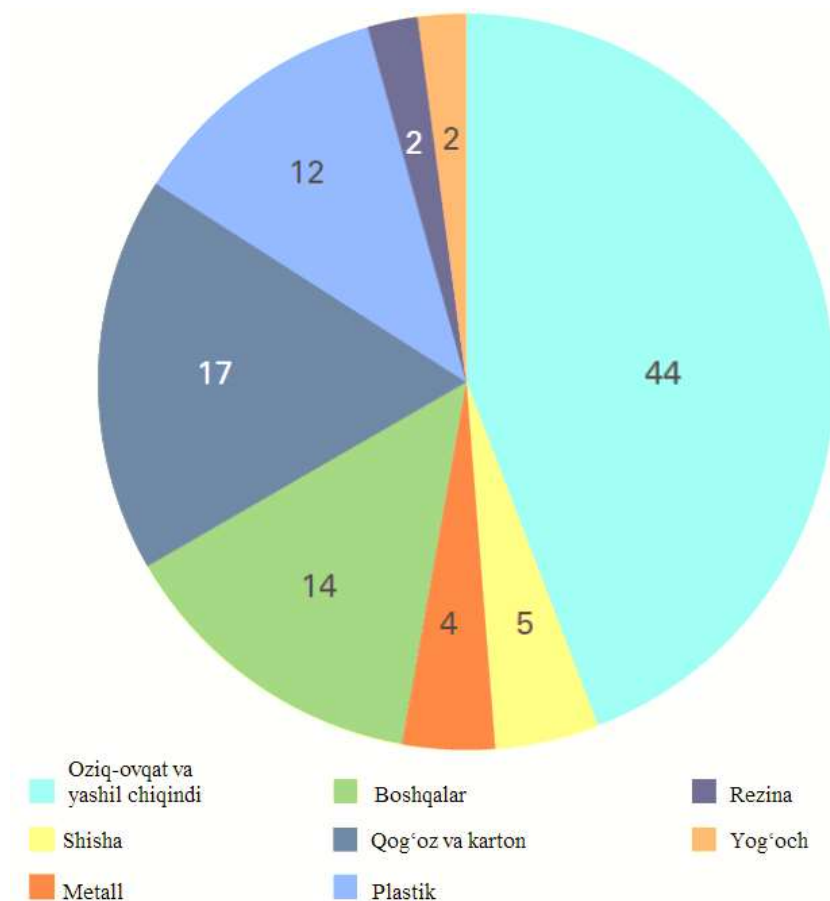
1.2-rasm. Mintaqalar bo‘yicha prognoz qilingan chiqindilar hosil bo‘lishi (million tonna/yil).

2022-yil ma’lumotlariga ko‘ra, dunyoda yillik hosil bo‘ladigan qattiq chiqindilarning ba’zi mamlakatlar kesimidagi miqdorlari quyidagi 1.3-rasmda keltirilgan. Qo‘shma Shtatlar dunyodagi eng yirik maishiy chiqindilar ishlab chiqaruvchisi bo‘lib, mavjud bo‘lgan so‘nggi ma’lumotlarga ko‘ra 200 million metrik tonnadan ortiq chiqindilarni ishlab chiqaradi. Bundan farqli o‘laroq, Buyuk Britaniyada 2022 yilda shahar chiqindilari taxminan 29 million tonnani tashkil etdi.



1.3-rasm. Dunyo davlatlari bo'yicha 2022 yilgi global maishiy chiqindilarning hosil bo'lish miqdorlari.

Chiqindilarning tarkibi iste'molning turli shakllarini aks ettiruvchi daromad darajasi bo'yicha farqlanadi. Yuqori daromadli davlatlar nisbatan kamroq oziq-ovqat va yashil chiqindilarni ishlab chiqaradi. Bu umumiy chiqindilarning 32 foizini tashkil qiladi va chiqindilarning 51 foizini tashkil etadigan plastmassa, qog'oz, karton, metall hamda shisha kabi qayta ishlanishi mumkin bo'lgan ko'proq quruq chiqindilar hosil qiladi. O'rta va past daromadli mamlakatlar mos ravishda 53 va 57 foiz oziq-ovqat hamda yashil chiqindilarni ishlab chiqaradi. Iqtisodiy rivojlanish darajasining pasayishi bilan organik chiqindilar ulushi ortib bormoqda. Kam daromadli mamlakatlarda qayta ishlanishi mumkin bo'lgan materiallar chiqindilar oqimining atigi 20 foizini tashkil qiladi. Quruq chiqindilarning yuqori qismini hosil qiluvchi Yevropa, Markaziy Osiyo va Shimoliy Amerikadan tashqari barcha hududlarda o'rtacha 50 foiz yoki undan ortiq organik chiqindilar hosil bo'ladi. Quyidagi 1.4-rasmda dunyo bo'yicha hosil bo'layotgan chiqindilarning o'rtacha miqdori foiz ko'rsatkichlarda berilgan.



1.4-rasm. Global chiqindilar tarkibi (foiz).

Yuqoridagi ma'lumotlardan shuni ko'rish mumkinki, dunyo bo'yicha hosil bo'layotgan chiqindilarning tarkibiy tuzilishi har bir davlatning geografik joylashuvi, hududdagi aholining yashash sharoiti va boshqa bir qancha omillarga bog'liq holda farqlanadi. Quyida ushbu yo'nalishda olib borilgan bir qancha ilmiy-tadqiqot ishlarini keltiramiz.

Amimul Ahsan va boshq. [2] tomonidan Bangladeshning yirik shaharlaridan biri Xulna shahrida har kuni turar-joy, tijorat hamda muassasalar kabi turli manbalardan hosil bo'lgan QMCH miqdori va tarkibi tahlil qilingan. Tahlil natijalariga ko'ra, qattiq maishiy chiqindilarning umumiy hajmi 1.2-jadvalda keltirilgandek bo'lib, Xulna shahrida 518,75 mg miqdordagi hisoblangan kunlik chiqindilar 520 mg gacha yaxlitlangan. Khulna shahri aholisi taxminan 1,5 million bo'lib, shaharda kundalik hosil bo'ladigan QMCH miqdori taxminan 520 mg ni tashkil qilganligidan QMCH ning kunlik hosil bo'lish tezligi 0,346 kg/kishi/kun ga teng deb baholanadi.

1.2-jadval

Xulna shahridagi qattiq maishiy chiqindilarning umumiy miqdori

Hosil bo'lish manbai	Umumiy ishlab chiqarish (mg/kun)	Umumiy hosil bo'lishdagi ulushi (%)
Yashash joylari	455,50	85,87
Tijorat hududlari	60.14	11.60
Institutsional hududlar	5.26	1.02
Ko'chalarni tozalash	2.86	0,55
Boshqa	5.00	0,96
Jami	518.75 ≈520	100

Yuqoridagi jadvaldan ko'rish mumkinki, ishlab chiqarilayotgan chiqindilarning asosiy manbai turar-joylar hisoblanib, hosil bo'lgan umumiy chiqindilarning 85,87 % ni tashkil qiladi. Shuningdek, 11,60 % savdo hududlariga, 1,02 % muassasalar hududlariga, 0,55 % ko'chalarni tozalashga va 0,96 % boshqa hududlarga to'g'ri keladi.

QMCH tarkibining to'liq tasviri tegishli saqlash va tashish tizimini tanlash, potensial resurslarni qayta tiklashni aniqlash, yo'q qilishning tegishli usulini tanlash hamda QMCH ning atrof-muhitga ta'sirini aniqlashning ajralmas qismidir. Ushbu shahar uchun qattiq maishiy chiqindilar tarkibi ular hosil bo'lishining har bir manbaga nisbati bilan baholanadi. Xulna shahrida kuniga hosil bo'ladigan qattiq maishiy chiqindilar 520 mg ni tashkil etib, shundan avval qayd etilganidek, maishiy chiqindilar 85,9%, tijorat chiqindilari 11,6%, muassasa va boshqalar 2,5% ni tashkil qiladi. Xulna shahri uchun qattiq maishiy chiqindilarning har bir komponenti quyidagicha baholanadi:

$$W = 0,859 R + 0,116 C + 0,025 I$$

bunda: W – shahar uchun xususiy komponent, %, R – turar-joy zonalaridagi xususiy komponentning o'rtacha qiymati, %, C – tijorat zonalaridagi xususiy komponentning o'rtacha qiymati, %, I – muassasa va boshqa zonalar xususiy komponentining o'rtacha qiymati, %.

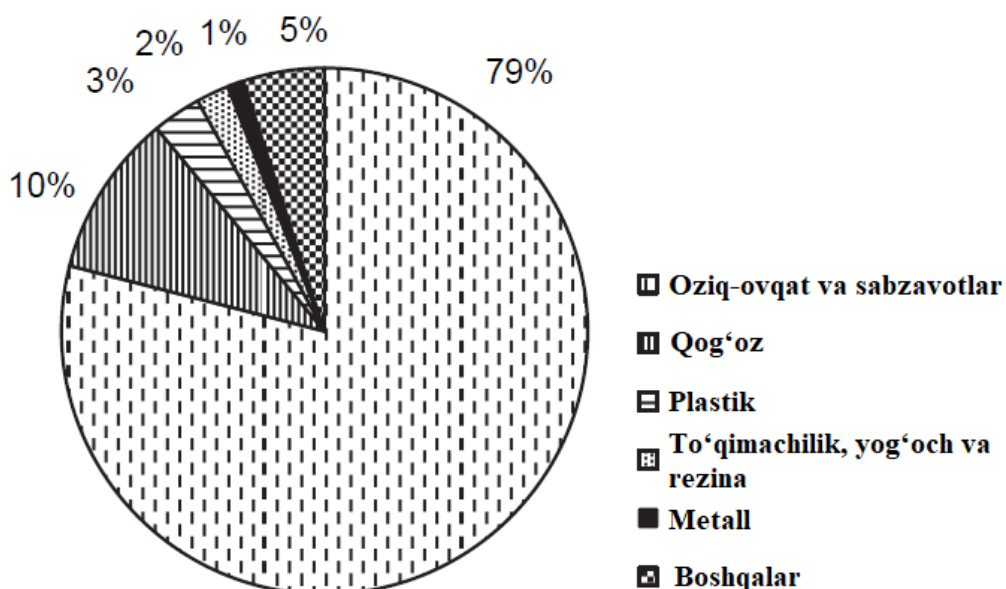
Quyidagi 1.3-jadvalda Xulna shahrida avval o‘tkazilgan tadqiqot natijalari bilan taqqoslash keltirilgan. Jadvaldan ko‘rish mumkinki, aholi soni va turmush darajasining o‘shishi hisobiga chiqindi hosil bo‘lishi ortib bormoqda.

1.3-jadval

Xulna shahrida QMCH hosil bo‘lishining oldingi ma’lumotlar bilan taqqoslash

Yil	Aholi soni [million]	QMCH [kuniga/mg]	Aholi jon boshiga QMCH hosil bo‘lishi [kg/kun]	Havola
2000	9.09	201	0,22	[3]
2004 yil	1.30	300	0,23	[4]
Amimul Ahsan va boshq.	1.50	520	0,35	-

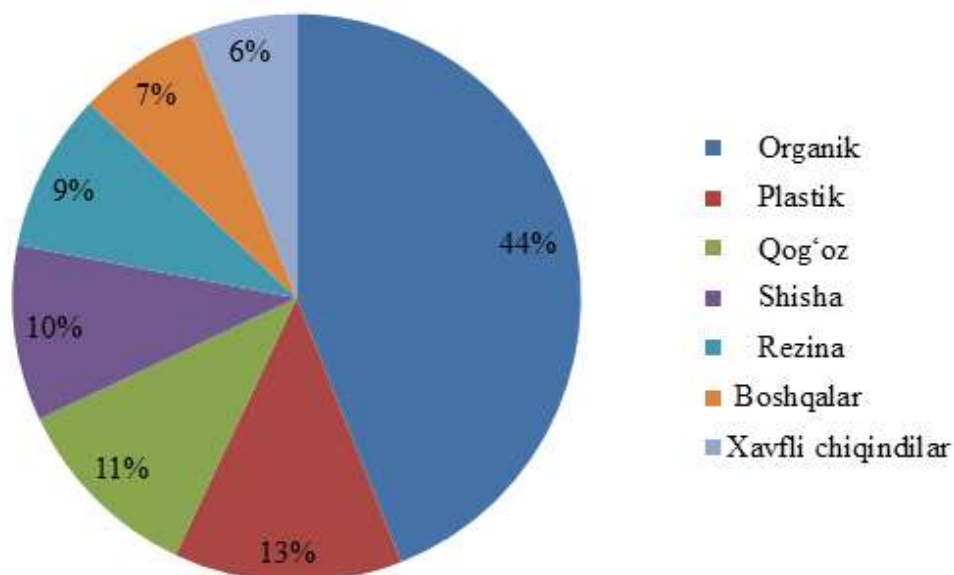
Bundan tashqari shaharda hosil bo‘layotgan chiqindi tarkibini tahlil qilish natijalari shuni ko‘rsatadiki, oziq-ovqat va o‘simlik chiqindilari chiqindilar oqimining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, taxminan 79% ni tashkil qiladi (1.5-rasm). Bundan ko‘rinadiki, yangi(barra) oziq-ovqat iste‘mol qilish odati shaharda keng tarqalgan va muhimdir. Shu sababli, yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan ekologik xavflarni kamaytirish uchun har kuni (manbalardan) yig‘ish va hosil bo‘lgan QMCHni (poligonda) yo‘q qilish kerak.



1.5-rasm. Xulna shahridagi qattiq maishiy chiqindilarning fizik tarkibi.

O'tkazilgan tadqiqot natijasida shahardagi qattiq maishiy chiqindilarning hosil bo'lishi, manbada saqlash, yig'ish, joyida saqlash, tashish va ochiq tashlab yuborish kabi mavjud darajalarning holati aniqlangan. Aniqlangan holat bo'yicha Xulna shahrida qattiq maishiy chiqindilar bilan ishlashning joriy senariysi qoniqarli emas degan umumiy xulosaga kelingan.

Prakash Awasthi va boshq. [5] Nepalning Kirtipur munitsipaliteti 10-bo'limida uy xo'jaliklari qattiq chiqindilarining haqiqiy holatini bilish uchun o'tkazilgan bo'lib, tadqiqot qattiq maishiy chiqindilar bilan bog'liq vaziyat, uning tarkibi, muammolarini o'rganish va ularni bartaraf etish yo'llarini topishga qaratilgan edi. Ma'lumot to'plash uchun 2022 yil noyabr oyida 75 ta xonadon tadqiqot uchun namuna sifatida tanlab olinib, uy xo'jaliklari so'rovi o'tkazilgan. Barcha xonadonlardan yig'ilgan chiqindilar ajratilib, og'irligi o'lchangan. Unga ko'ra, qattiq maishiy chiqindilar (QMCH) yettita toifadagi chiqindilardan iborat bo'lib, organik chiqindilar eng ko'p miqdorda (44%), plastmassa (13%), qog'oz (11%), shisha (10%), rezina (9%), boshqalar (7%) va xavfli chiqindilar (6%) dan tashkil topganligi aniqlandi (1.6-rasm).

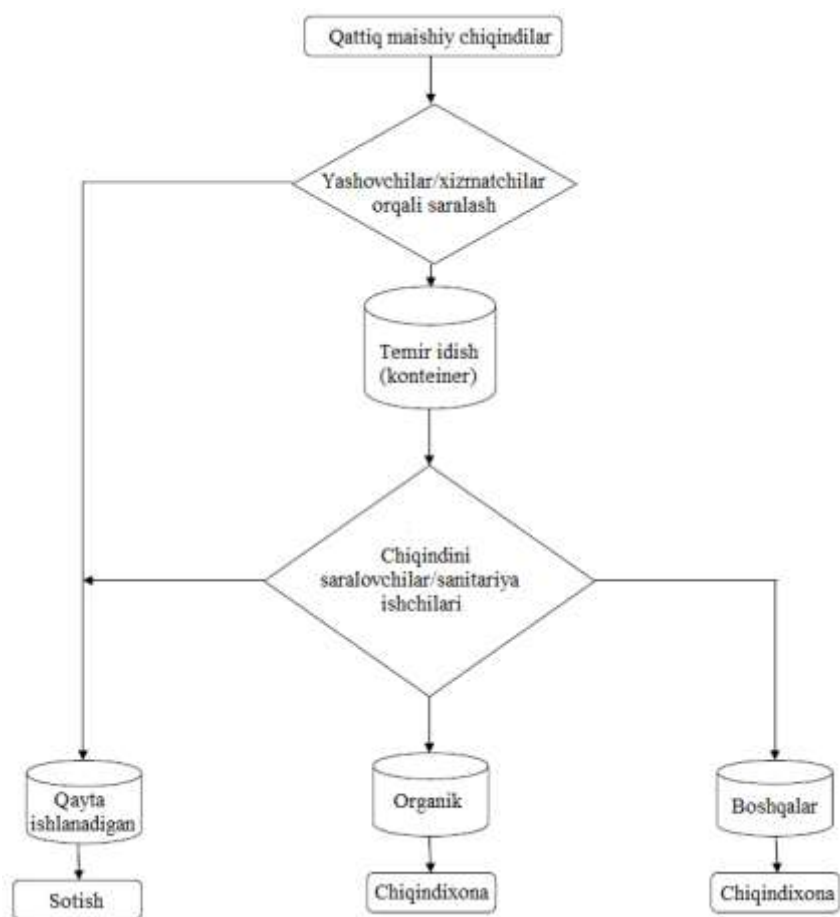


1.6-rasm. Kirtipur shahridagi qattiq maishiy chiqindilar tarkibi.

Ishlab chiqarilgan chiqindilar tarkibidan kelib chiqsak, maishiy darajada chiqindilarni kompostlash muammoning barqaror yechimi bo‘lishi mumkinligini aytish mumkin. Kirtipurdagi qattiq maishiy chiqindilarni boshqarish tizimi samaradorligi past va u yaxshilashga muhtoj. Tadqiqotda aholi jon boshiga kuniga o‘rtacha chiqindilar miqdori 0,0347 kg/kishi/kun. Bir xonadondan kuniga o‘rtacha chiqindi hosil bo‘lishi 0,1059 kg, bir kunda hosil bo‘lgan chiqindilarning umumiy miqdori 338.217 kg ni tashkil qiladi. Deyarli barcha aholi chiqindilarni yig‘ishning o‘xshash usuliga amal qilishadi, keyinchalik ular shahar transportida yig‘iladi va olib tashlanadi.

Ushbu tadqiqot so‘ngida muallif chiqindilarni samarali boshqarish orqali uy xo‘jaliklari holatini yaxshilashga shuningdek, tegishli idoralarga chiqindilarni boshqarish siyosatini isloh qilish va takomillashtirishda hamda ijtimoiy-iqtisodiy ahvolni yaxshilashga yordam beradi degan xulosaga kelishgan.

Ali Kamran va boshq. [6] Pokistonning Lahor shahridagi qattiq maishiy chiqindilar holatini o‘rganishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishini olib borishgan.



1.7-rasm. Shalimar shahrida qattiq maishiy chiqindilarni yig‘ishning asosiy sxemasi.

Pokiston kabi kambag‘al mamlakatlarda chiqindilarni yig‘ish mamlakatda yashovchi kambag‘al aholi uchun daromad manbai hisoblanadi. Shunday qilib, Shalimar shahrida mavjud qattiq maishiy chiqindilarni yig‘ish tizimini yuqoridagi 1.7-rasmda ko‘rsatilgan sxematik oqim jadvali yordamida qisqartirish mumkin.

Lahor aholi soni va maydoni bo‘yicha Pokistonning ikkinchi yirik shahri hisoblanadi. Lahor shahrida fasllar to‘rtga, ya’ni musson yoki yomg‘irli/nam (iyul, avgust va sentyabr), qish (noyabr, dekabr va yanvar), bahor (fevral, mart va aprel) va yoz (may, iyun va oktyabr) ga bo‘linadi. Lahor to‘qqizta ma’muriy shaharga bo‘lingan bo‘lib, ulardan biri aholisi 1.344.000 kishini tashkil qiladigan Shalimar shahri hisoblanadi.

Tadqiqotda hammasi bo‘lib, barcha fasllar uchun har uch ijtimoiy-iqtisodiy darajadan umumiy hajmi 8400 kg ni tashkil etadigan 84 ta namunalar to‘plangan. 1.4-jadvalda keltirilgan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, qattiq maishiy

chiqindilarni hosil bo'lish darajasi bahor faslidan musson (yomg'irli) mavsumga qadar maksimal qiymatlar bilan oshadi, keyin qish mavsumiga qadar bir tekisda pasayish kuzatiladi.

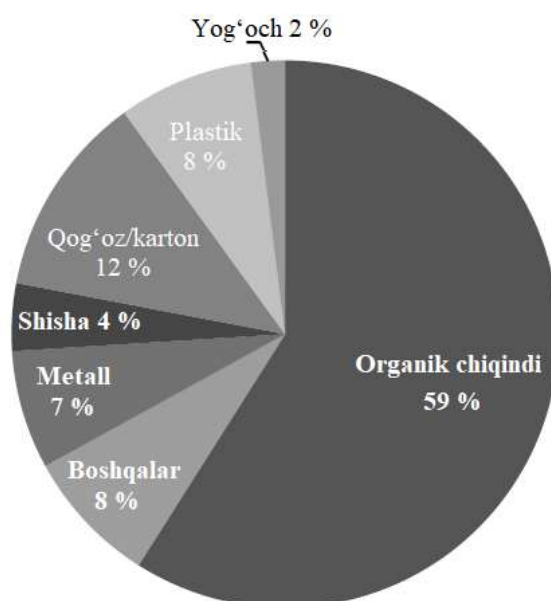
QMCHning batafsil tarkibi dastlab 48 turdan foydalangan holda tahlil qilingan, ammo qayta ishlangan chiqindilarning ko'p qismi aholi va xizmatchilar tomonidan manbada ajratilganligi sababli namunalar yig'ish 13 turga qisqartirildi. Iqtisodiy faol hududlarda chiqindilar hosil bo'lish tendensiyasi o'rganilayotgan hududda ham yaqqol namoyon bo'lib, bu yerdagi yuqori daromadli guruh shaharda hosil bo'ladigan umumiy chiqindilarning 43 foizini ishlab chiqaradi.

Yig'ilgan chiqindilarni tarkibi va mavsumiy o'zgarishlari bo'yicha taqqoslash shuni ko'rsatadiki, barcha uch ijtimoiy-iqtisodiy darajada organik chiqindilarning turli fraktsiyalari orasida kichik farqlar mavjud. Masalan, qish mavsumida tagliklardan foydalanish ko'payadi. Barcha fasllar va o'rganilgan iqtisodiy darajalar uchun bahor, yoz va nam/yomg'irli mavsumlarga nisbatan qish mavsumida minimal miqdorda chiqindilar hosil bo'ladi.

Shuningdek, QMCHni miqdoriy baholash va xususiyatlarini monitoring qilishda yaxshi natijaga erishish uchun olimlar tajribalarni turli fasllarda o'tkazishni taklif qilishadi. Bundan tashqari, uy xo'jaliklari va namuna olish joylarini tanlashda aholi zichligi, uy xo'jaliklarining daromadlari va urbanizatsiya darajasi kabi turli omillarni hisobga olgan holda ehtiyotkorlik bilan tanlanishi kerak.

Tarek A. Hamad va boshq. [7] Liviyada qattiq chiqindilarni qayta tiklanuvchi energiya manbai sifatida foydalanishning hozirgi holati va kelajakdagi imkoniyatlarini o'rganishgan. Ushbu tadqiqot Liviyada bioenergiya manbai sifatida ishlatilishi mumkin bo'lgan qattiq chiqindilar, jumladan, biomassa manbalari sifatida QMCH, sanoat qattiq chiqindilari va sog'liqni saqlash chiqindilari haqida umumiy ma'lumot beradi.

Qattiq chiqindilar Liviyada biomassa manbai sifatida eng katta salohiyatga ega. Sanoatning jadal rivojlanishi urbanizatsiya va aholi sonining ko'payishiga olib keldi. Bu omillar Liviyada hosil bo'ladigan QMCH (qattiq maishiy chiqindilar) miqdorini keskin oshirdi. Biroq qattiq maishiy chiqindilarni ekologik jihatdan oqilona boshqarish, jumladan, chiqindilarni kamaytirish va qayta ishlash bilan bog'liq masalalar yetarli darajada hal etilmagan. Qattiq chiqindilarni boshqarish va valorizatsiya qilish qattiq maishiy chiqindilarning tarkibi hamda fizik-kimyoviy xususiyatlarini tushunishga asoslanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, chiqindilarning 59 % organik moddalar, undan keyin qog'oz va karton 12 %, plastmassa 8 %, boshqa 8 %, metallar 7 %, shisha 4 % va yog'och 2 % tashkil qiladi (1.8-rasm). Tashlandiq qattiq chiqindilardan energiya oladigan va elektr yoki isitish uchun bug' ishlab chiqaradigan WTE (Waste-to-energy) (yoqish) texnologiyasi Liviyada qayta tiklanuvchi energiya manbai sifatida tan olingan hamda qattiq chiqindilarni boshqarishda tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda.



1.8-rasm. Liviyadagi qattiq chiqindilar tarkibi.

Liviya kuniga 6301 tonna yoki aholi jon boshiga o‘rtacha 1,12 kg/kun chiqindi ishlab chiqaradi. Qattiq maishiy chiqindilarning tarkibi iqtisodiy rivojlanish darajasi va aholining turmush tarzi bilan chambarchas bog‘liq. Qattiq maishiy chiqindilarning tarkibi hududga qarab o‘zgaradi. Umuman olganda, Liviyadagi qattiq chiqindilar organik moddalar, qog‘oz, karton, plastmassa, shisha, metallar va boshqalar kabi oltita asosiy toifadagi chiqindilarni o‘z ichiga olishi aniqlandi (1.5-jadval).

1.5-jadval

Chiqindilarning tarkibiy tuzilishi

Chiqindilar toifasi	Chiqindilarning tarkibiy qismlari
Organik moddalar	oziq-ovqat chiqindilari (masalan, oziq-ovqat va sabzavot qoldiqlari, meva qobig‘i, yashil poya, makkajo‘xori boshloqlari, barglar, o‘t va go‘ng)
Qog‘oz/karton	qog‘oz, qog‘oz qoplar, karton, gofrokarton, gazeta qog‘ozi, jurnallar, salftkalar, ofis qog‘ozlari va aralash qog‘ozlar (masalan, boshqa toifalarga kirmaydigan barcha turdagi qog‘ozlar)
Plastik	qadoqlash plyonkasi, plastik qoplar, polietilen, plastik butilkalar, plastik shlanglar, plastik arqonlar va boshqalar.
Shisha	shishalar, shisha idishlar, lampochkalar, keramika va boshqalar.
Metall	qora va rangli metallar, shu jumladan qutilar, simlar, panjaralar, pichoqlar, shisha qopqoqlari, alyuminiy qutilar va boshqa alyuminiy materiallar (masalan, folga, kostryulkalar va bimetal)
Yog‘och	yog‘och mahsulotlari (masalan, stol va kursilar).
Boshqa	Teri, kauchuk, tola, to‘qimachilik, tuproq va boshqalardan tashkil topgan materiallar (masalan, bog‘ chiqindilari, shinalar, akkumulyatorlar, yirik maishiy jihozlar, tagliklar/gigiena vositalari, tibbiy chiqindilar va boshqalar)

Buzish va qurilish chiqindilari nazorat qilinmaydigan ochiq maydonlarga tashlanganligi sababli hisobga olinmadi. Meva va sabzavotlarni ko'p iste'mol qilinishi Liviya chiqindilarida organik moddalarning ustunligini tushuntirishi mumkin.

Shuningdek, qo'shni Qozog'iston poytaxti Nur-Sulton (Astana) shahrida qattiq chiqindilarning batafsil/kengaytirilgan tavsifini o'rganish bo'yicha Bexultan Abylkhani va boshq. [8] tadqiqot o'tkazishgan. Shahar poligonida 1 yil davomida (2018–2019) uchta namuna olish kampaniyasi (har birining davomiyligi 1 haftadan) o'tkazilgan va tanlangan chiqindilar komponentlari hamda kichik komponentlarining batafsil tavsifi aniqlangan. Qattiq maishiy chiqindilarning asosiy qismini organik (46,3 %), plastmassa (15,2 %), qog'oz (12,8 %) va tagliklar (5,9 %) tashkil etdi (1.6-jadval). Tarkibni batafsil tahlil qilish asosan, plastik qoplardan (4,5 %), shaffof shishadan (3,2 %), farmatsevtikadan (0,4 %) va nozik (ya'ni < 12 mm) organik fraktsiyadan (29 %) iborat LDPE (zichligi past polietilen) ning yuqori miqdori(5,5 %)ni ko'rsatdi.

O'tkazilgan tadqiqotlar va adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, Nur-Sultonda qattiq maishiy chiqindilarning hosil bo'lish darajasi kuniga jon boshiga 1,47 kg ni tashkil qiladi. Nur-Sulton va Markaziy Osiyoning boshqa shaharlarida QMCH tarkibidagi organik moddalarning yuqori ulushi tufayli chiqindilarni samarali boshqarishda kompostlash usuli tavsiya etiladi. QMCH hosil bo'lishining umumiy xususiyatlari uning tarkibiy qismlarining odatiy taqsimlanishi bo'yicha o'rtacha daromadli mamlakatlar bilan o'xshashligini ko'rsatadi: oziq-ovqat chiqindilari asosiy chiqindilar ulushi hisoblanadi, boshqa chiqindilarning fraktsiyalari esa kam daromadli mamlakatlarga nisbatan boyroq iste'mol xususiyatlarini (masalan, qog'oz, shisha va to'qimachilik) ko'rsatadi. Bu 2000 yildan 2017 yilgacha yalpi ichki mahsulotning 18,3 milliard dollardan 163 milliard dollargacha tez o'sishini ko'rsatgan Qozog'istonning iqtisodiy holatiga mos keladi.

1.6-jadval

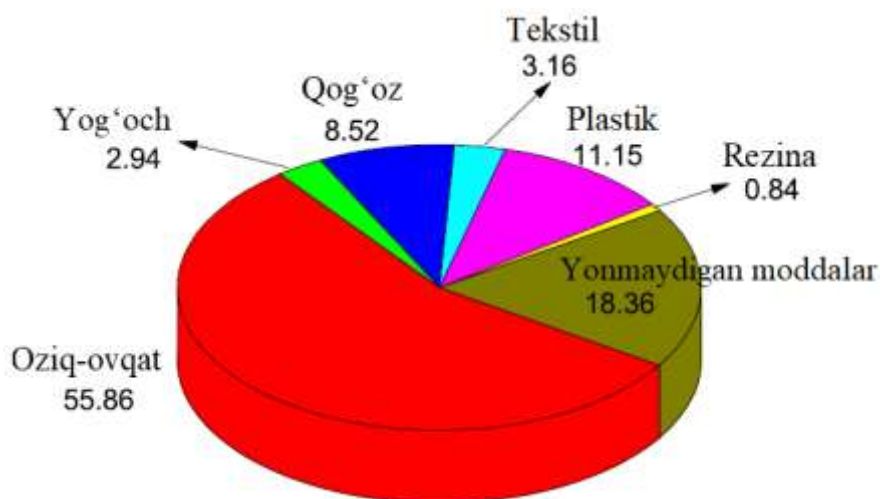
Nur-Sulton uchun uchta kompaniyadan yil davomida olingan namunalar asosida QMCHning o'rtacha tarkibi (%)

QMCH fraksiyasi	Yoz (2018), %	Qish (2019), %	Yoz (2019), %	O'rtacha, %
Organik	48,1	44,5	46,3	46,3
Plastik	15,5	15,7	14,3	15,2
Qog'oz	14,1	15,1	9,1	12,8
Tagliklar	5,8	7,2	4,7	5,9
Shisha	5,1	5,0	4,6	4,9
To'qimachilik va teri	2,7	3,5	5,0	3,7
Boshqa nozik fraksiya (< 12 mm)	3,0	5,2	2,3	3,5
Qurilish va buzish	1,4	0,6	7,6	3,2
Metall	1,8	1,3	2,7	1,9
Boshqalar	0,8	0,4	1,8	1,0
Yog'och	1,0	0,6	0,8	0,8
Elektr va elektronika qurilmalari chiqindisi	0,6	0,8	0,6	0,7

Aholi soni 1 milliondan oshadigan (2017-yil) Nur-Sulton shahri Markaziy Osiyodagi eng boy va tez rivojlanayotgan shaharlardan biri hisoblanadi. Atrofdagi mintaqaning keskin kontinental iqlimga egaligi va qish faslining uzoq davom etishi yillik meva hamda sabzavotlarni iste'mol qilishning o'zgarishi kabi iste'mol odatlariga ta'sir qiladi. Chiqindilarni qayta ishlash korxonasi "Clean City" qattiq maishiy chiqindilarni shaharning uchta tumanidan (haftada bir marta) yig'ib, to'g'ridan-to'g'ri shahardagi yagona chiqindi tozalash inshootiga yetkazib beradi. Chiqindilarni manbada ajratish yoki yig'ish bo'yicha qonun bilan belgilangan va davlat tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan tizim mavjud emasligidan yig'ilgan chiqindilar aralash holatda tashlanadi. Chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilish zavodining bir qismi bo'lgan mexanik saralash zavodining ishlashi natijasida poligonda to'plangan chiqindilar bir qismini chiqarib yuborishga ozgina bo'lsada

hissa qo‘shadi. Dastlab MBT zavodi yiliga 300 000 tonnadan ortiq chiqindilarni qayta ishlash va 20% chiqindini chiqarib yuborishga mo‘ljallangan edi. Aralash chiqindilardan qayta tiklanadigan materiallarga talabning pastligi (manbadan ajratilgan chiqindilardan olinadigan materiallarga nisbatan sifatsizligi uchun), natijada kam foyda va muassasalarda saqlash joyining yetishmasligi tufayli haqiqiy qayta tiklash darajasi taxminan 6 % ni tashkil qiladi. Qattiq chiqindilar oqimidagi asosiy qayta ishlanadigan materiallarning (qog‘oz, plastmassa, shisha va metallar) ulushi 34,8 % ni tashkil etdi va bu qayta ishlash salohiyatining yaxshiligidan dalolat beradi.

Hui Zhou va boshq. [9] bugungi kunda dunyoning rivojlangan va iqtisodiy qudratli davlatlaridan biri hisoblangan Xitoydagi qattiq maishiy chiqindilar bilan bog‘liq holat, ularning tarkibiy tuzilishini aniqlash bo‘yicha tadqiqot natijalari quyidagi 1.9-rasmda tasvirlangan.

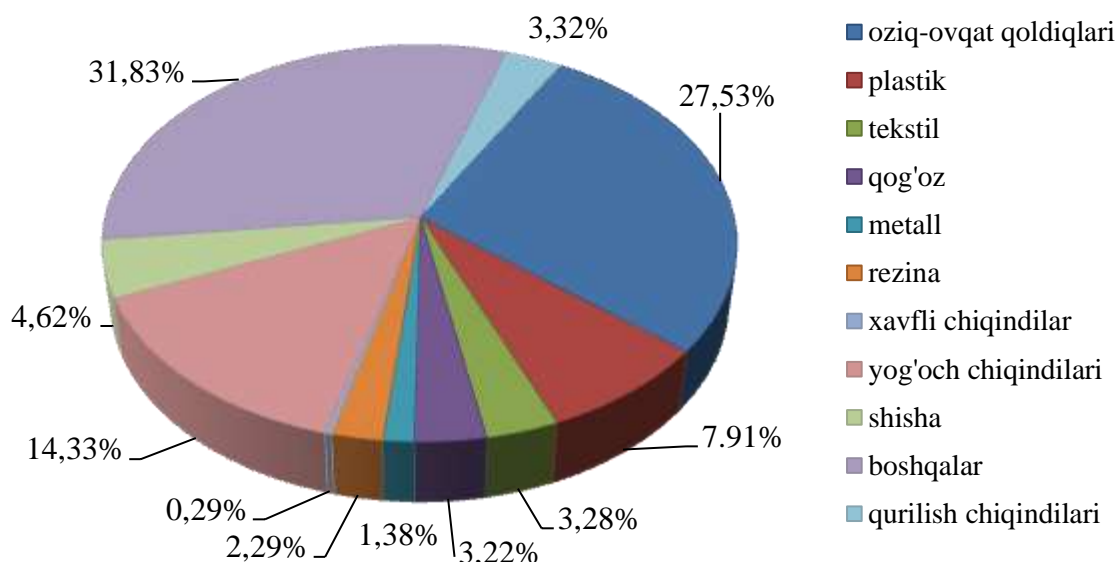


1.9-rasm. QMCHning o‘rtacha fizik tarkibi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, QMCHning o‘rtacha fizik tarkibidagi yonuvchan va yonmaydigan fraktsiyalari mos ravishda 81,64 % va 18,36 % ni tashkil etdi. Yonuvchan QMCHda oziq-ovqat qoldiqlari, plastmassalar, qog‘oz, to‘qimachilik, yog‘och chiqindilari va kauchukning kamayishi tartibida 55,86 %, 11,15 %, 8,52 %, 3,16 %, 2,94 % va 0,84 % ni tashkil etdi.

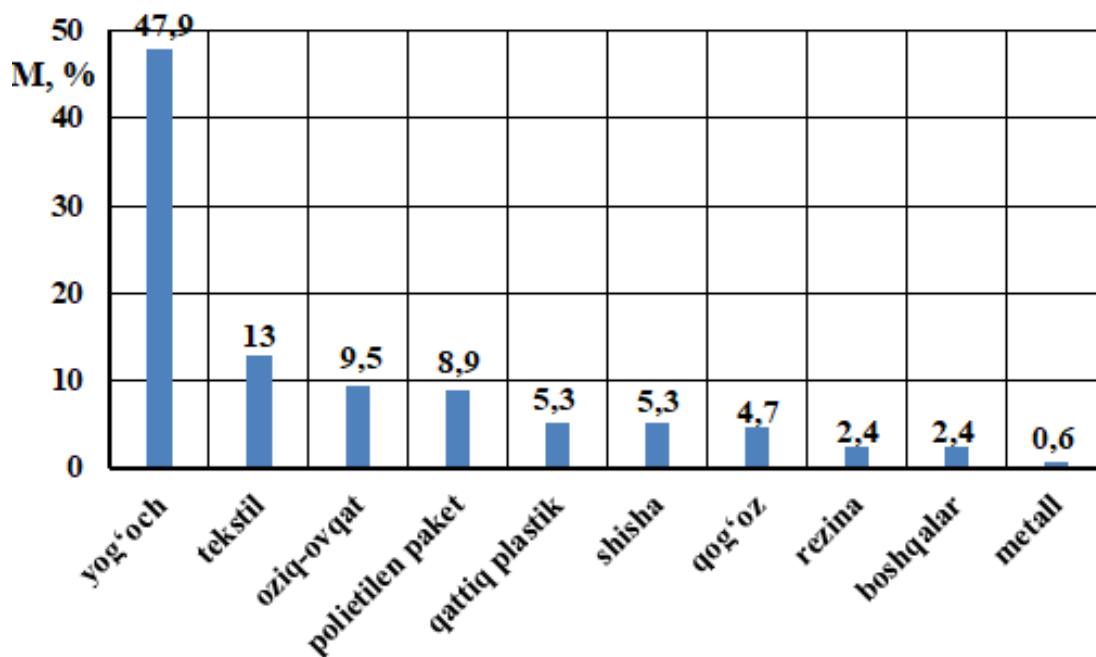
2017-2018-yillar davomida o‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, O‘zbekiston Respublikasidagi chiqindilar tarkibi quyidagicha ko‘rinish olgan:

oziq-ovqat qoldiqlari, plastik, tekstil, qog‘oz, yog‘och qoldiqlari, rezina, shisha, metall, xavfli maishiy chiqindilar, qurilish chiqindilari va boshqa turdagi chiqindilar. Quyidagi 1.10-rasmda 2017-2018-yillarda yurtimizdagi qattiq maishiy chiqindining tarkibiy tuzilishi keltirilgan.



1.10-rasm. 2017-2018-yillarda O‘zbekistondagi chiqindi tarkibi.

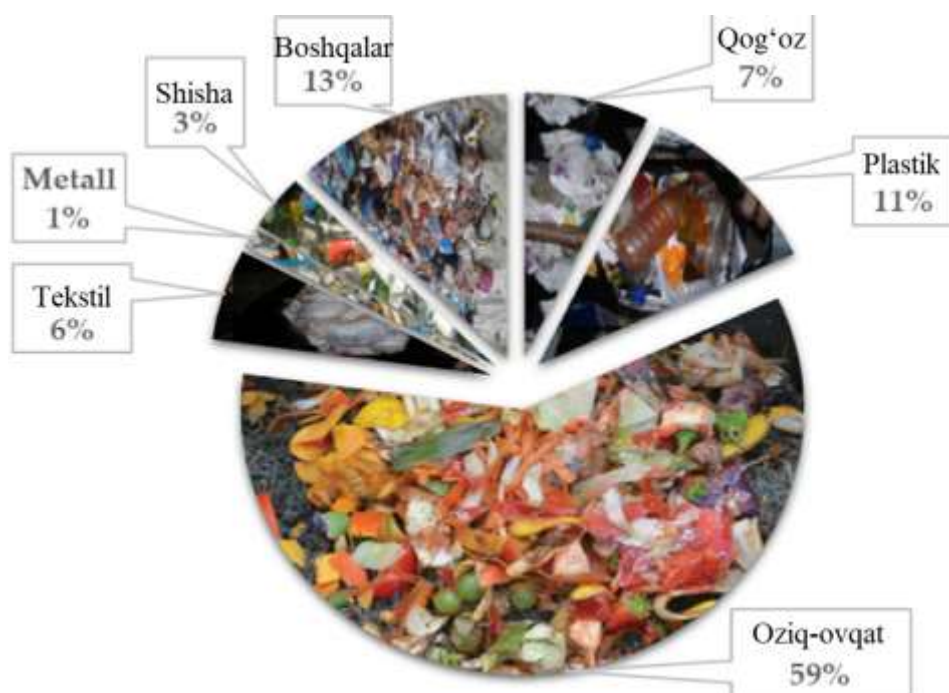
So‘nggi yillarda ham yurtimizning turli hududlarida kichikroq masshtablarda chiqindi tarkibini o‘rganish va ularni samarali boshqarish usullarini ishlab chiqish bo‘yicha bir qancha ilmiy-amaliy tadqiqotlar amalga oshirib kelinmoqda. Jumladan, N.Abdug‘aniyev va O.Tursunov Toshkent viloyatidagi chiqindi to‘plash poligonidagi qattiq maishiy chiqindi tarkibi o‘rganilgan[10].



1.11-rasm. Toshkent viloyatidagi 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 aniqlangan (1.11-rasm).

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 namunalarni 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 etdi.



1.12-rasm. Toshkent shahar Uchtepa tumanidagi umumiy chiqindi tarkibi va miqdorlari.

O.Tursunov va I.Karimov [11] tomonidan Toshkent shahri Uchtepa tumanida o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, oziq-ovqat chiqindilari, plastmassa, qog'oz va boshqa turdagi maishiy chiqindilar fraksiyalari orasida ulushlari mos ravishda 59 % yoki 30,875 kg, 11 % yoki 5,695 kg, 7 % yoki 3,78 kg va 13 % yoki 6,605 kg ulushga ega bo'lgan to'rtta asosiy chiqindilar hisoblanadi (1.12-rasm). Ular orasida oziq-ovqat chiqindilari deyarli 60 foizni tashkil etadi va bu umumiy chiqindi tarkibida ustunlik qiladi. Buning sababi, uning doimiy iste'moli va yuqori namlik miqdori yuqori hajm hamda massani ta'minlashida.

1.2-§ Jahon energetika sohasida biomassa energiyasining roli.

Bioenergetika sohasini rivojlantirish nafaqat ekologik muammolar, balki i) energiya xavfsizligini ta'minlash, ya'ni energiya manbalarini diversifikatsiya qilish va import qilinuvchi qazilma yoqilg'ilarga qaramlikni kamaytirish, ii) tabiiy resurslardan barqaror va samarali foydalanish hamda iii) qishloq hududlari iqtisodiyotini jonlantirish imkoniyatlarini yaratishi bilan ham dolzarb masala hisoblanadi. Shunga ko'ra, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushini oshirish nafaqat issiqxona gazlari (IG) chiqindilarini kamaytirish, balki yuqorida

qayd etilgan tizimli muammolarni bartaraf etish nuqtai nazaridan ham energetika tizimi uchun muhim yo‘nalish sanaladi.

Bugungi kunda chiqindilardan energiya olish konsepsiyasi energetika sektorida barqaror rivojlanish yo‘lidagi muhim yo‘nalish sifatida faol ilgari surilmoqda. Xususan, o‘rmon va qishloq xo‘jaligi chiqindilari, shuningdek, boshqa biomassa chiqindilaridan (qishloq xo‘jaligi va sanoat faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan) bioenergiya, asosan elektr va issiqlik energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalanish energetika tizimida muhim rol o‘ynamoqda va yaqin yillarda ushbu ulushning ortishi kutilmoqda. Biroq biomassaning notekis vaqti-vaqti bilan mavjudligi, texnik xizmat ko‘rsatish va logistika bilan bog‘liq nisbatan yuqori xarajatlar biomassa asosida elektr energiyasi ishlab chiqarish bilan bog‘liq yuqori xarajatlar hisoblanadi. Shu sababli, butun jarayonni iqtisodiy jihatdan samarali va raqobatbardosh qilish maqsadida bir qator chora-tadbirlar ko‘rilmoqda.

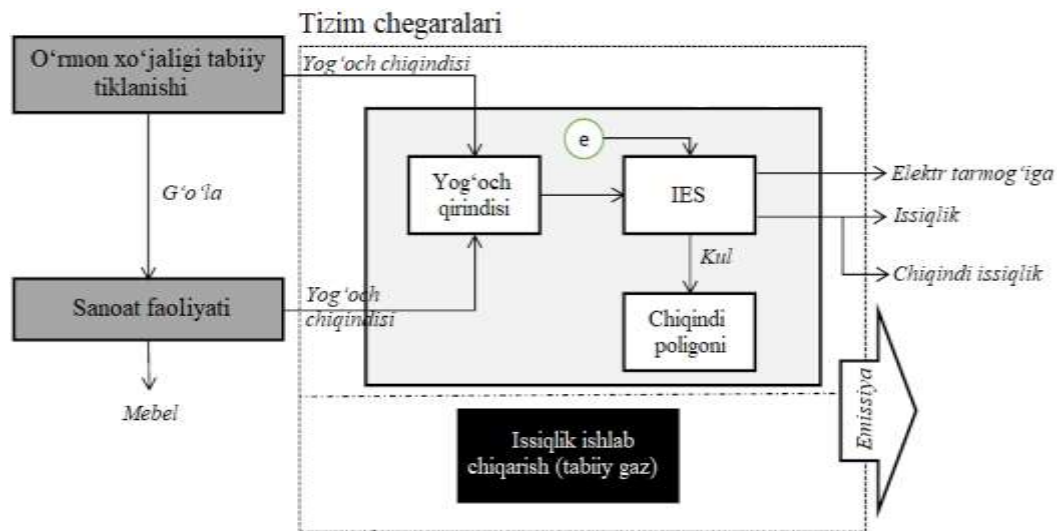
O‘rmon yoki qishloq xo‘jaligi faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan yog‘och chiqindilaridan issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish energetika xavfsizligini sezilarli darajada oshirishi, issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirishi hamda chiqindilarning qiymatini oshirishi mumkin. Portugaliya va Uganda kabi mamlakatlarda o‘tkazilgan turli tadqiqotlarda energiya ishlab chiqarish uchun mavjud o‘rmon biomassasi qoldiqlari miqdori baholangan. Ushbu tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, faqat kogeneratsiya (bir vaqtning o‘zida issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish) texnologiyalarini joriy etish orqali yog‘och yoqilg‘isi resurslari talab qilinadigan quvvat ehtiyojini qondirish uchun yetarli bo‘lishi mumkin. Shuningdek, biomassa yetkazib berish sohasidagi raqobatga, xususan, xalqaro bozor uchun energetik maqsadlarda, asosan yog‘och chiqindilaridan ishlab chiqariladigan qattiq biomassa mahsulotlarining eng yirik turlaridan biri bo‘lgan granulalar (pelletlar) ishlab chiqarish bilan bog‘liq raqobatga alohida e‘tibor qaratish zarur.

Sara González-García va Jacopo Bacenetti [12] lar Italiyada o‘rmon hamda qishloq xo‘jaligi faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan yog‘och biomassasidan elektr va issiqlik energiyasi ishlab chiqarishni turli ishlab chiqarish ssenariylari hamda

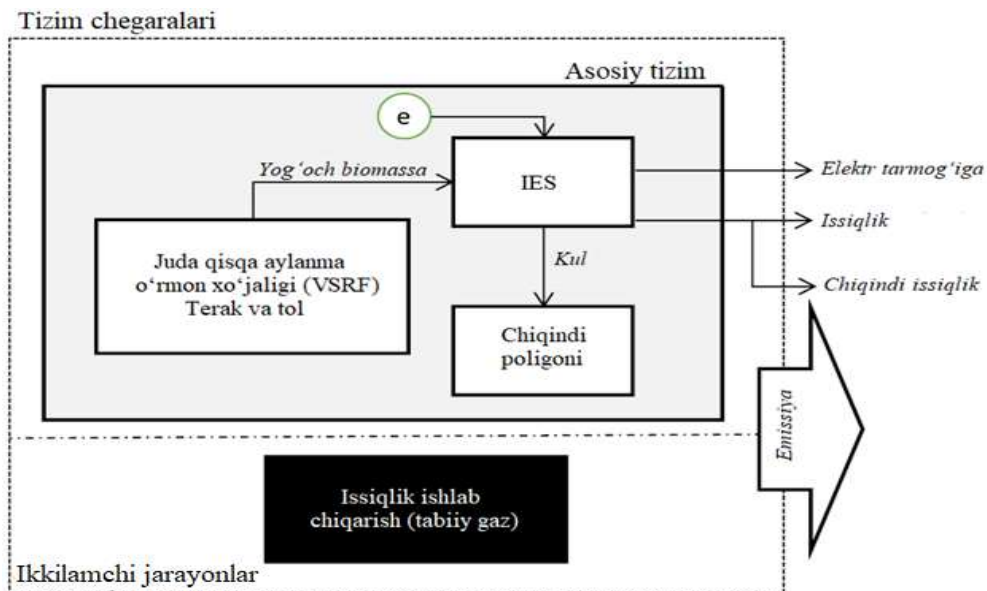
yakuniy foydalanish turlarini inobatga olgan holda tahlil qilishgan. Chunki mamlakatda o'rmon xo'jaligi umumiy maydoni 10 467 000 gektarni tashkil etib, bu Italiya hududining taxminan 34,7 foizini qamrab oladi. Mavjud bo'lgan turli o'rmon boshqaruv tizimlari orasida himoya kesish (yuqori o'rmon) va tabiiy qayta tiklanishni birlashtirgan tizim keng tarqalgan. Ushbu hollarda o'rmonlarni kesish jarayonida hosil bo'ladigan yog'och chiqindilari (asosan shox-shabba va uchlari) bioenergiya ishlab chiqarishda foydalanish uchun salohiyatga ega. Shunga ko'ra, tadqiqotning asosiy maqsadi Italiyada kichik quvvatli biomassa yoqilg'isi asosidagi issiqlik energiyasi ishlab chiqarish qurilmalarini kengaytirish orqali qazilma yoqilg'ilarga bo'lgan ehtiyojni kamaytirishga qaratilgan. Tahlilda intensiv tez o'suvchi energiya o'simliklari qatoriga kiruvchi tol va terak plantatsiyalaridan, shuningdek, tabiiy o'rmonlardan hamda an'anaviy terak plantatsiyalaridan olingan biomassaning energetik salohiyati baholangan. Tadqiqot natijalari Italiyadagi an'anaviy energiya ishlab chiqarish ssenariysi, ya'ni tabiiy gaz asosida elektr va issiqlik energiyasi ishlab chiqarish profili bilan solishtirildi.

Ushbu tadqiqotda ekologik profilni baholash uchun tanlangan funksional birlik — bu organik Rankin sikli (ORC) asosida ishlovchi kogeneratsiya (issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi) qurilmasida ishlab chiqarilgan 1 kVt·soat elektr energiyasidir. ORC tizimida elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligi 20%, qozonning issiqlik samaradorligi esa 85% deb qabul qilingan bo'lib, bu qiymatlar biomassa manbaidan qat'i nazar bir xil bo'lib qoladi. Ko'rib chiqilgan kogeneratsiya (issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish) tizimi asosan ikki asosiy bo'limdan: yog'och biomassasi yoqiladigan qozon (issiqlik quvvati 6,047 MVt) va ORC asosida ishlovchi turbina (elektr quvvati 1 MVt) dan iborat bo'lib, u an'anaviy bug' turbinasiga o'xshash tarzda, issiqlik energiyasini avval mexanik, so'ngra esa elektr energiyasiga aylantiruvchi turbogenerator orqali ishlaydi. Biroq, ORC tizimida suv o'rniga yuqori molekulyar massaga ega bo'lgan organik suyuqlik (masalan, HCFC-123, molekulyar massasi 152,9 g·mol⁻¹) ishlatiladi. Bu esa turbinaning sekinroq aylanish tezligi, pastroq bosimda ishlashi, shuningdek, metall qismlar va parraklarning eroziyaga uchramasligini ta'minlaydi.

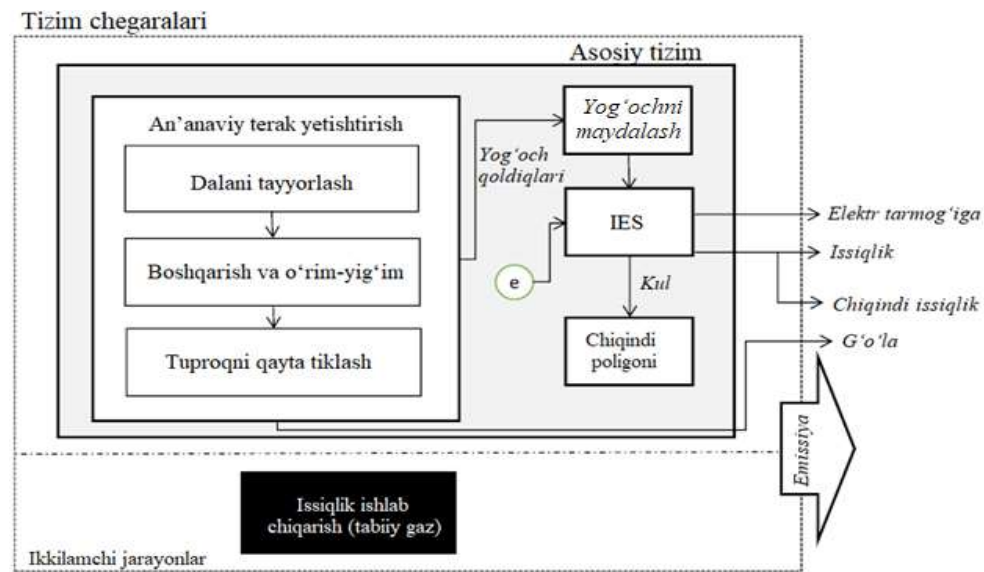
Issiqlik elektr stansiyasida (IES) biomassa qayta ishlash orqali hosil bo'lgan issiqlik diatermik moy (310–315 °C va 6 bar) orqali ORC tizimiga uzatiladi, bu yerda issiqlik mexanik energiyaga aylantiriladi va elektr generatori orqali elektr energiyasiga o'zgaradi. Ya'ni, organik suyuqlikdan olingan bug' turbinani aylantiradi, u esa to'g'ridan-to'g'ri elektr generatoriga ulangan. Shundan so'ng, ishlatilgan bug' regenerator orqali o'tib, kondensatorga yo'naltiriladi va sovutish konturi yordamida sovutiladi. Markazlashtirilgan issiqlik ta'minoti tizimida foydalanilgan issiqlik kondensatorida qayta tiklanadi. Ko'rib chiqilayotgan markazlashtirilgan issiqlik ta'minoti tarmog'ining uzunligi taxminan 1,5 km bo'lib, xizmat muddati 30 yilni tashkil etadi.



a



b



c

1.13-rasm. Bir xil miqdorda bio-energiya (issiqlik va elektr energiyasi) ishlab chiqaruvchi modellashtirilgan bio-energiya tizimlarining chegaralari.

Yuqoridagi 1.13-rasmda bazaviy tadqiqotlar sifatida ko'rib chiqilgan to'rtta ssenariyga mos keluvchi oldingi bosqich tizim chegaralari ko'rsatilgan. Ishlab chiqarilgan butun elektr energiyasi to'g'ridan-to'g'ri Italiya milliy tarmog'iga uzatilsa, ishlab chiqarilgan umumiy issiqlikning atigi 16 foizi yaqin atrofdagi kasalxona va maktabning isitish ehtiyojlarini qondirish uchun yetkazib beriladi. Qolgan 84 foiz issiqlik esa qayta tiklanmaydigan chiqindi sifatida baholanadi.

1-ssenariy (Sc 1) tabiiy o'rmon xo'jaligi va sanoat faoliyati natijasida hosil bo'ladigan qoldiqlarning xom-ashyo sifatida foydalanilishini o'z ichiga oladi (1.13 a-rasm). Ushbu ssenariyda olinadigan biomassa asosan mebel sanoati uchun xom-ashyo (yumaloq yog'och) sifatida yo'naltiriladi. Yog'ochni yig'ib olish jarayonida hosil bo'ladigan yog'och qoldiqlari, jumladan uchlari va shox-shabballari yig'ib olinadi hamda butun plantatsiya davrida ushbu jarayon davom ettiriladi. Shu bilan birga, bu ssenariy doirasida ushbu yog'och qoldiqlari bioenergetika ishlab chiqarishida xom-ashyo sifatida baholanadi. Dastlab yog'och qoldiqlari o'rmon xo'jaligida o'z-o'zini harakatlantiruvchi maydalagich yordamida maydalab olinadi va bioenergetika qurilmasiga tashiladi. Shuningdek, mebel ishlab chiqarish faoliyati natijasida hosil bo'lgan qoldiqlar ham inobatga olinadi va zavodda maydalab tayyorlanadi. Ushbu ssenariyda ko'p funksiyali jarayonning barcha ekologik yuklari (faqat o'rmonni yig'ib olish amaliyotidan kelib chiqadigan) asosiy mahsulot (yumaloq yog'och)ga taqsimlanadi. Shu bois, yog'och qoldiqlari chiqindi sifatida baholanadi va ularga faqat o'rmon chiqindilarini maydalash hamda yog'och qirindilarini tashish bosqichlari doirasida ekologik yuk yuklanadi.

2-ssenariy (Sc 2) va **3-ssenariy (Sc 3)** mos ravishda VSRF (tez o'sadigan daraxt turlari) terak va tol plantatsiyalaridan olingan biomassa asosida issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarishni ko'rib chiqadi (1.13 b-rasm). VSRF plantatsiyalarini boshqarish tizim chegaralari doirasida baholangan bo'lib, bu jarayon plantatsiyalarni tayyorlash va boshqarish, hosilni yig'ib olish hamda plantatsiya davri (taxminan 10 yil har ikkala tur uchun) yakunida maydonlarni tiklash kabi barcha bosqichlarni o'z ichiga oladi. Shuni alohida ta'kidlash joizki, sanoat maqsadlari uchun yumaloq yog'och ishlab chiqarishga mo'ljallangan

o‘rmon plantatsiyalaridan farqli ravishda, ushbu ssenariylarda barcha ishlab chiqarilgan biomassa (shu jumladan shoxlar va barglar kabi yog‘och qoldiqlari) to‘liq yig‘ib olinadi va bioenergetika ishlab chiqarishiga yo‘naltiriladi. Butun plantatsiyadagi daraxtlar maxsus moslashtirilgan o‘rim mashinalari yordamida to‘liq kesiladi va bevosita maydonda maydalab tayyorlanadi.

4-ssenariy (Sc 4) an’anaviy terak plantatsiyalaridan olingan o‘rmon chiqindilarini qiymatlash (valorizatsiya) konsepsiyasiga asoslangan bo‘lib, bu plantatsiyalar asosan sellyuloza va mebel ishlab chiqarish uchun yumaloq yog‘och yetishtirishga mo‘ljallangan. Yog‘och qoldiqlari 1-ssenariy (Sc 1) dagi kabi qayta ishlanadi, ya’ni ular elektr stansiyasida maydalab tayyorlanib, issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi (IES) blokida yoqiladi. Plantatsiyalarda amalga oshiriladigan barcha o‘rmon ishlari tizim chegaralari doirasida hisobga olingan (1.13 c-rasm). Shu tarzda, organik o‘g‘itlash, yer haydash, boronalash va ko‘chat ekish plantatsiya maydonlarini tayyorlash jarayonlari tarkibiga kiritilgan. Shuningdek, begona o‘tlarga va zararkunandalarga qarshi kimyoviy kurash, mexanik ravishda begona o‘tlarni yo‘q qilish, ob-havo sharoitlariga qarab sug‘orish ishlari hamda 12 yillik hayotiy davr oxirida hosilni yig‘ib olish jarayoni plantatsiyani boshqarish va yig‘im-terim bosqichiga qo‘shilgan. Nihoyat, hosil yig‘ib olingandan so‘ng plantatsiya maydonini tiklash ham o‘rmon maydalagichi yordamida amalga oshiriladi.

Har bir ssenariyda, shuningdek, oldini olingan jarayonlar (avoided processes) ham inobatga olingan, chunki biomassa yoqilishi natijasida issiqlik ishlab chiqarishda tabiiy gaz sarfini tejash mumkin deb hisoblangan. Shu sababli, yakuniy iste’molchilar (yaqin atrofdagi kasalxona va maktab)ga yetkazib beriladigan issiqlik miqdori, maishiy qozonda tabiiy gaz yoqilishi orqali ishlab chiqarilgan issiqlik bilan solishtirilgan.

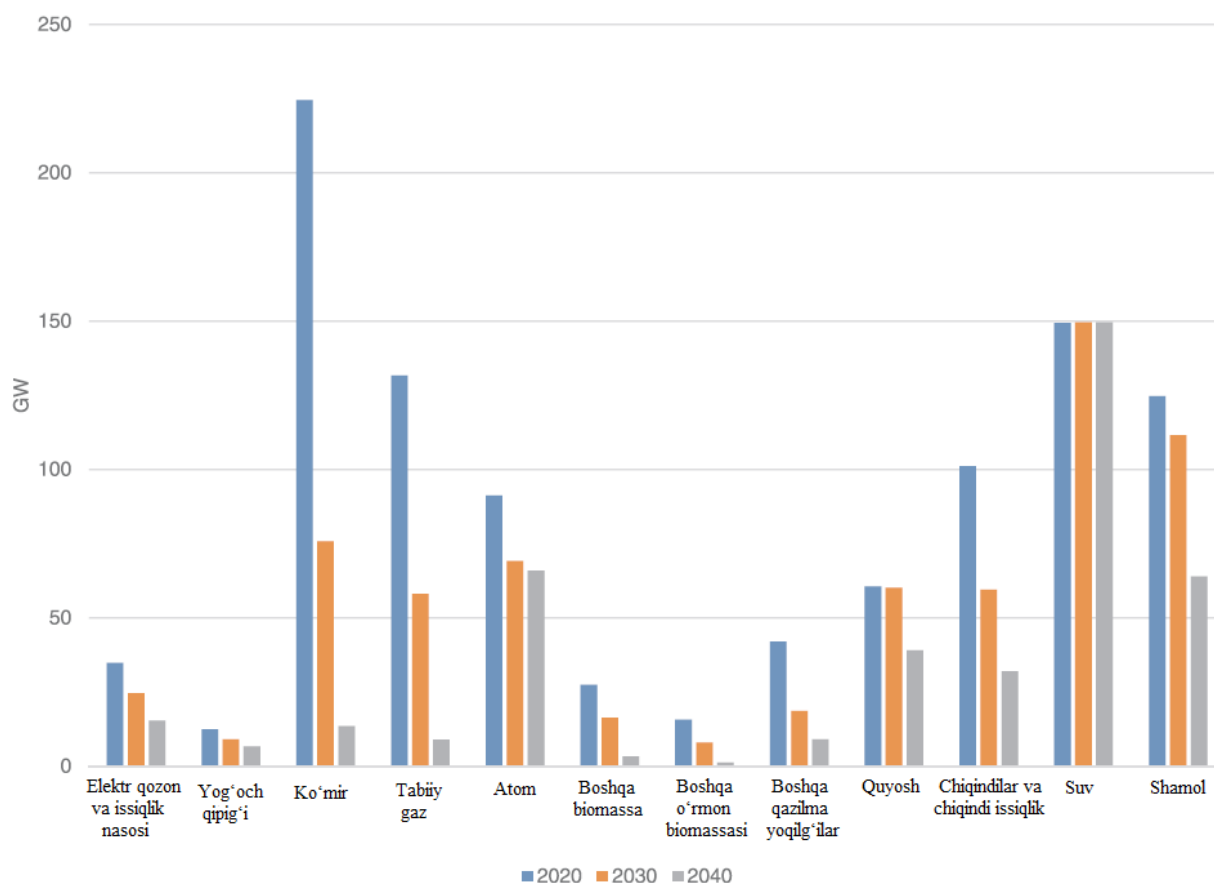
Mazkur tadqiqotning asosiy xulosalariga ko‘ra, LCA (Life Cycle Assessment – hayotiy siklni baholash) metodologiyasi atrof-muhitga oid yondashuv asosida qaror qabul qilish strategiyalarini qo‘llab-quvvatlashda qimmatli va foydali vosita bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Biroq, to‘liq manzara hosil qilish maqsadida faqat

ekologik barqarorlik emas, balki ijtimoiy va iqtisodiy ustunliklarni ham qamrab olgan qo‘shimcha tadqiqotlar o‘tkazish lozim. Bundan tashqari, jamoatchilik muhokamasida ko‘proq e‘tibor qaratiladigan iqlim o‘zgarishi va qazilma yoqilg‘i tanqisligi kabi omillar bilan bir qatorda, biomassa yonishidan kelib chiqadigan havo ifloslantiruvchi moddalar emissiyasi bilan bevosita bog‘liq bo‘lgan boshqa toifalarga ham alohida e‘tibor qaratish zarur, ayniqsa maxsus energiya ekinlari ko‘rib chiqilganda.

Eirik Ogner Jåstad va boshq. [13] tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda Shimoliy Yevropaning (Norvegiya, Shvetsiya, Finlyandiya, Daniya, Boltiqbo‘yi davlatlari, Polsha va Germaniya) markazlashgan issiqlik va elektr energiyasi bozorini qamrab oluvchi qisman muvozanat (Balmorel) modelidan foydalanilgan. Mazkur model issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarish hamda yetkazib berish xarajatlarini soatlik vaqt aniqligida minimallashtirishga qaratilgan. Tadqiqotda turli uglerod narxlari ssenariylari doirasida yog‘och biomassasidan energiya ishlab chiqarishda foydalanishning roliga e‘tibor qaratilgan. Yog‘och biomassasidan foydalanish natijasida yuzaga keladigan emissiya ta‘sirini baholash uchun eng past xarajatli biomassa joriy etilishi sharoitida qazilma yoqilg‘ilardan kelib chiqadigan emissiyalar biomassa elektr va issiqlik ishlab chiqarishda umuman ishlatilmaydigan holat bilan solishtirilgan. Shundan so‘ng, yog‘och biomassasidan issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarishdagi emissiya kamaytirish ta‘siri xuddi shu miqdordagi biomassaning transport sektorida qazilma yoqilg‘ilarni almashtirish uchun qo‘llanilgandagi ta‘siri bilan solishtirilgan.

Balmorel modelida energiya ishlab chiqarish jarayoni ekzogen yoki endogen tarzda belgilangan ishlab chiqarish quvvatlarining yuqori chegaralari doirasida amalga oshiriladi. Eksploatatsiyaga kiritiladigan yoki chiqarib yuboriladigan rejadagi quvvatlar modelga ekzogen tarzda kiritilgan, holbuki, kelajakdagi investitsion imkoniyatlar model tomonidan endogen tarzda tanlanadi — bunda bozor narxlari kapital xarajatlari va o‘zgaruvchan ishlab chiqarish xarajatlarini qoplagan taqdirda investitsiya qarori qabul qilinadi. Ekzogen tarzda belgilangan quvvatlar 1.14-rasmda ko‘rsatilgan; vaqt o‘tishi bilan barcha texnologiyalar uchun

bu quvvatlar pasayib boradi, faqat gidroenergetika texnologiyalari bundan mustasno. Amaldagi quvvatlarning ekspluatatsiyadan chiqarilishi belgilangan bosqichma-bosqich chiqarish strategiyalari va kutilayotgan texnik-iqtisodiy xizmat muddatlariga muvofiq amalga oshiriladi. Xususan, Belgiyada va Germaniyada atom elektr stansiyalarining 2020-2030 yillar oralig'ida to'liq ekspluatatsiyadan chiqarilishi nazarda tutilgan.



1.14-rasm. Yoqilg'i va texnologiya turlari bo'yicha elektr energiyasi hamda issiqlik ishlab chiqarishning ekzogen o'rnatilgan quvvatlari (GVt).

Mavjud elektr stansiyalarining ekspluatatsiyadan chiqarilishi natijasida Balmorel modeliga iste'molni qondirish uchun yangi ishlab chiqarish quvvatlariga investitsiya kiritish zarur bo'ladi. Ushbu iste'mol hajmlari 1.7-jadvalda ko'rsatilgan. Optimallashtirish modeli esa talabni qondirish uchun mavjud bo'lgan eng samarali va iqtisodiy jihatdan foydali texnologiyalar asosida investitsiyalarni baholaydi. Shuni ta'kidlash joizki, 1.7-jadvalda keltirilgan issiqlik va elektr

energiyasining yakuniy iste'moli barcha stsenariylar uchun bir xil deb qabul qilingan.

1.7-jadval

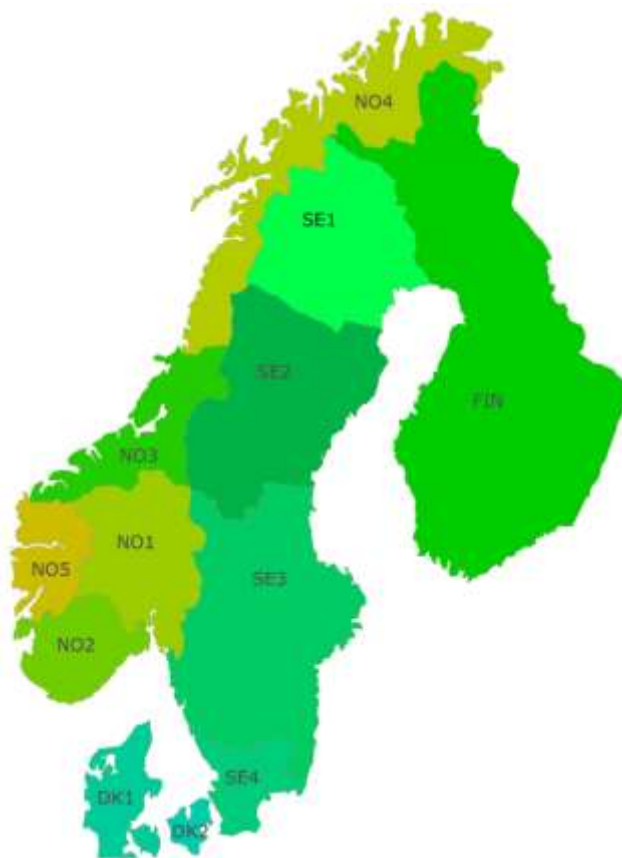
Taxminiy issiqlik va elektr energiyasi iste'moli (TW·soat/yil).

	Elektr energiyasiga talab 2020–2040	Issiqlik energiyasiga talab 2020–2040
Germaniya	530	116
Daniya	32	33
Estoniya	7.7	5.0
Finlandiya	82	79-76
Litva	6.5	7.7-6.0
Latviya	11	6.0
Polsha	144	66-88
Shvetsiya	131	90-85
Norvegiya	121	13-15
Belgiya	83	
Fransiya	448	
Niderlandiya	111	Issiqlik sektori kiritilmagan
Buyuk Britaniya	311	
Umumiy	2018	415-428

Ushbu jadvalda issiqlik va elektr energiyasi iste'molining prognoz qilinayotgan miqdorlari keltirilgan. Elektr energiyasiga bo'lgan talab barcha yillarda doimiy bo'lib qoladi, issiqlik energiyasiga bo'lgan talab esa ayrim mamlakatlar uchun ma'lum diapazonda ortib borishi ko'zda tutilmoqda.

Ushbu tadqiqotda qo'llanilgan model versiyasi Norvegiya, Shvetsiya, Finlyandiya, Daniya, Estoniya, Latviya, Litva, Germaniya va Polshada markazlashgan issiqlik ta'minoti va elektr energiyasi bo'yicha taklif va talabni, shuningdek, Belgiya, Fransiya, Niderlandiya va Buyuk Britaniyada elektr energiyasi bo'yicha taklif va talabni qamrab oladi. Har bir mamlakat bir yoki bir nechta mintaqalardan iborat. Mazkur model versiyasida umumiy hisobda 24 ta elektr ta'minoti mintaqalari mavjud bo'lib, ularning chegaralari NordPool

hududlari bilan mos keladi [14]. Shimoliy Yevropa mamlakatlari bo'yicha hududiy bo'linish 1.15-rasmda ko'rsatilgan.



1.15-rasm. Skandinaviya mamlakatlaridagi hududlar, bundan tashqari, Germaniya 4 ta hududga, Estoniya, Latviya, Litva, Polsha, Belgiya, Fransiya, Niderlandiya va Buyuk Britaniya esa bittadan mintaqaga bo'lingan.

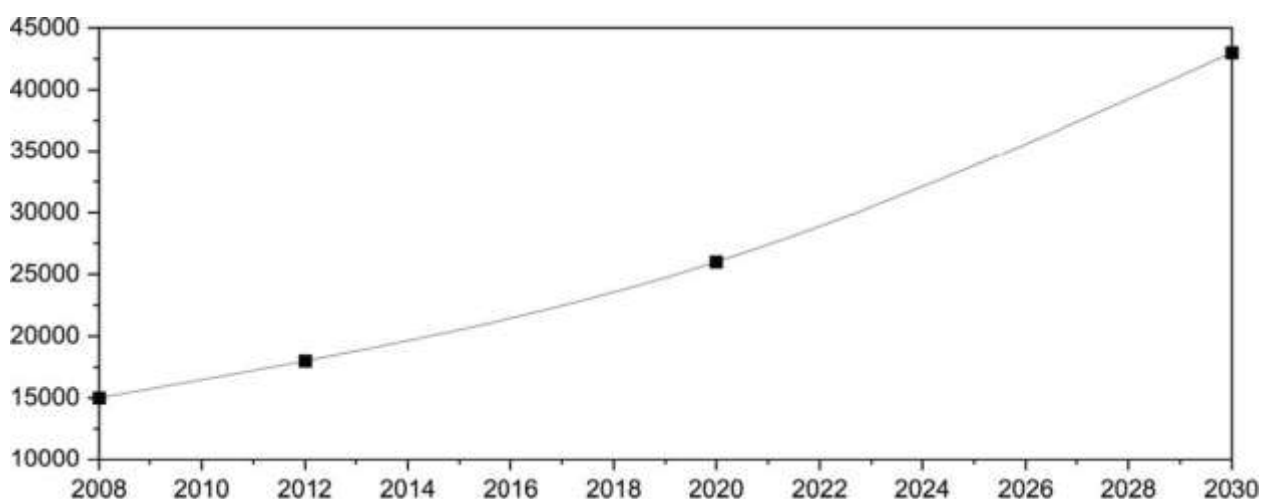
Shuningdek, mazkur tadqiqotda Balmorel modelining xarajatlarni minimallashtirish versiyasi qo'llanilgan bo'lib, unda belgilangan energiya iste'molini eng past xarajatlar bilan qondirish maqsad qilib olingan. Modelning maqsadli funksiyasi quyidagi xarajat komponentlarini o'z ichiga oladi: yoqilg'i xarajatlari, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari, gidroakkumulyatsiya uchun suv omborlari va ishlash xarajatlari, uzatish xarajatlari, elektr va issiqlik energiyasi ishlab chiqarish, uzatish va saqlash quvvatlarini oshirish uchun investitsion annuitet xarajatlari hamda soliqlar. Balmorel modelidagi eng muhim cheklov energiya balansi cheklovidir. Bu cheklov har bir vaqt bosqichi va subregionda energiya iste'moli, ishlab chiqarish, uzatish, yo'qotishlar va saqlashning yig'indisi nolga teng bo'lishini ta'minlaydi.

Elektr energiyasi va isitish tizimlarining batafsil modellashtirilishi asosida tadqiqotchilar yog‘och biomassasidan issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarishda foydalanish, avvalo, 2040 yilga kelib tabiiy gaz asosida elektr energiyasi ishlab chiqarishni kamaytirishga yordam beradi degan xulosaga kelishgan. Bundan tashqari, barcha o‘rganilgan uglerod narxlari ssenariylarida biomassa issiqlik va elektr energiyasi ta‘minotida muhim rol o‘ynashda davom etadi. Agar yog‘och qipig‘i issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarishda yoqilg‘i sifatida chiqarib tashlansa, umumiy tizim xarajatlari 0,2–0,7% ga oshadi, 2030 yilga kelib esa issiqlik narxlari o‘rtacha 8–20% ga ko‘tariladi. Issiqlik narxlariga ta‘sir ba‘zi mamlakatlarda unchalik katta bo‘lmasa-da, Shvetsiya va Finlyandiya kabi mamlakatlarda sezilarli darajada yuqori bo‘ladi. Biomassadan foydalanish, ma‘lum darajada, shamol energiyasi, ko‘mir va markazlashgan issiqlik ta‘minoti tizimlarida elektr energiyasi iste‘molini almashtiradi. Shunday qilib, yog‘och qipig‘i yordamida elektr va issiqlik ishlab chiqarish qazilma yoqilg‘idan kelib chiqadigan chiqindilarni kamaytiradi, ammo modellashtirish natijalari shuni ko‘rsatadiki, chiqindilarni kamaytirish miqdori uglerod narxi va issiqlik va elektr sektorlaridagi texnologik tarkibga bog‘liq. Biomassa o‘rnini bosuvchi effektlar uglerod narxining oshishi bilan kamayadi va 2040-yilda 2030-yilga nisbatan pastroq bo‘ladi. Bu esa 2040-yilda energetika tizimida qazilma yoqilg‘i ulushi umumiy kamayishi bilan bog‘liq. Shimoliy Yevropa energetika tizimi (Polsha, Germaniya, Skandinaviya va Boltiqbo‘yi mamlakatlari) uchun yog‘och qipig‘i optimallashtirilgan holda ishlatilsa, 2030 yilda qazilma uglerod chiqindilari 7–19 million tonna CO₂eq ga (4–27% ga) qisqaradi. 2040 yilda esa mos ravishda 10–17 million tonna CO₂eq ga (7–43% ga) qisqarishi kuzatiladi. Agar modellashtirish ssenariylarida yog‘och qipig‘i yoqilg‘i varianti sifatida ko‘rib chiqilmasa, issiqlik saqlash quvvatidan foydalanish biomassa qo‘shilgan ssenariyga nisbatan 24% ga oshadi.

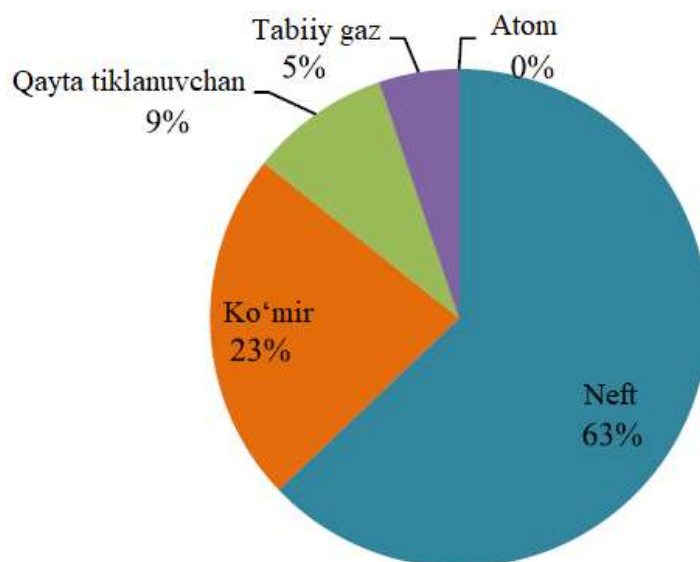
Marokashda bioqoldiqlarning katta miqdori mavjudligi sababli, biomassa energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqarish mazkur muammolarni yumshatishi va quyoshli, yomg‘irli hamda shamolsiz davrlarda shamol va quyosh energiyasi

ishlab chiqarishining pasayishini qoplash imkonini beradi. Shu munosabat bilan, Meisam Mahdavi va boshqalar [15] tomonidan Marokashning Tazuta qishlog‘i hamda Fes shahri qishloq hududlarida biomassa, shamol va quyosh energiyasidan foydalanilgan gibril elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyati baholangan.

Yaqin Sharq va Shimoliy Afrika mintaqasidagi ayrim davlatlardan farqli o‘laroq, Marokash cheklangan qazilma yoqilg‘i resurslariga ega bo‘lgani sababli energiya bo‘yicha to‘liq importga tayanadi. 1.16-rasmda ko‘rsatilganidek, Marokash o‘zining birlamchi energiyaga bo‘lgan ortib borayotgan ehtiyojining 90% dan ortig‘ini qondirish uchun tashqi energiya manbalariga qat‘iy ehtiyoj sezmoqda. Ushbu ehtiyoj 2002 yildan 2020 yilgacha yillik o‘rtacha 6,5% ga oshib borgan. Ayni vaqtda, mamlakatning birlamchi energiya iste‘molining taxminan 88% qismini ko‘mir, neft va tabiiy gaz kabi qazilma yoqilg‘ilar tashkil etmoqda, bu holat 1.17-rasmda aniq tasvirlangan.

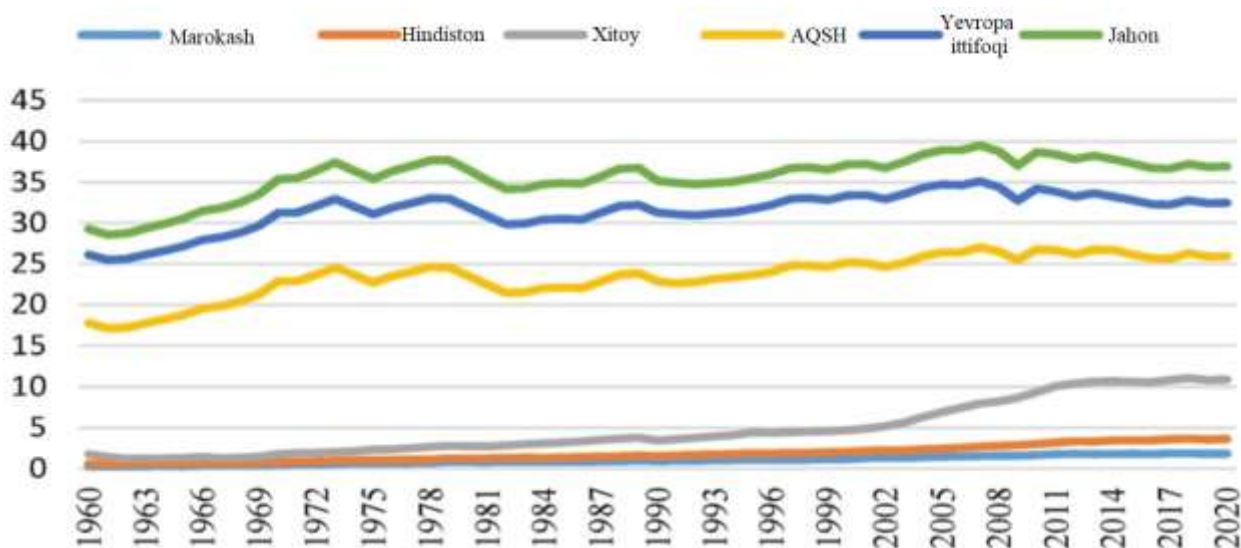


1.16-rasm. Marokashning birlamchi energiyaga bo‘lgan ehtiyoji (megatonnalarda).



1.17-rasm. Marokashda energiya iste'moli.

Energiya importi uchun to'lanayotgan yuqori xarajatlar, neft narxlarining o'sish tendensiyasi va mamlakatda iqtisodiy rivojlanish, sanoatlashtirish, aholining o'sishi, urbanizatsiya hamda yashash darajasining oshishi kabi omillar Marokashni qayta tiklanuvchi energiya manbalarini muqobil energiya manbasi sifatida keng joriy etishga undamoqda.

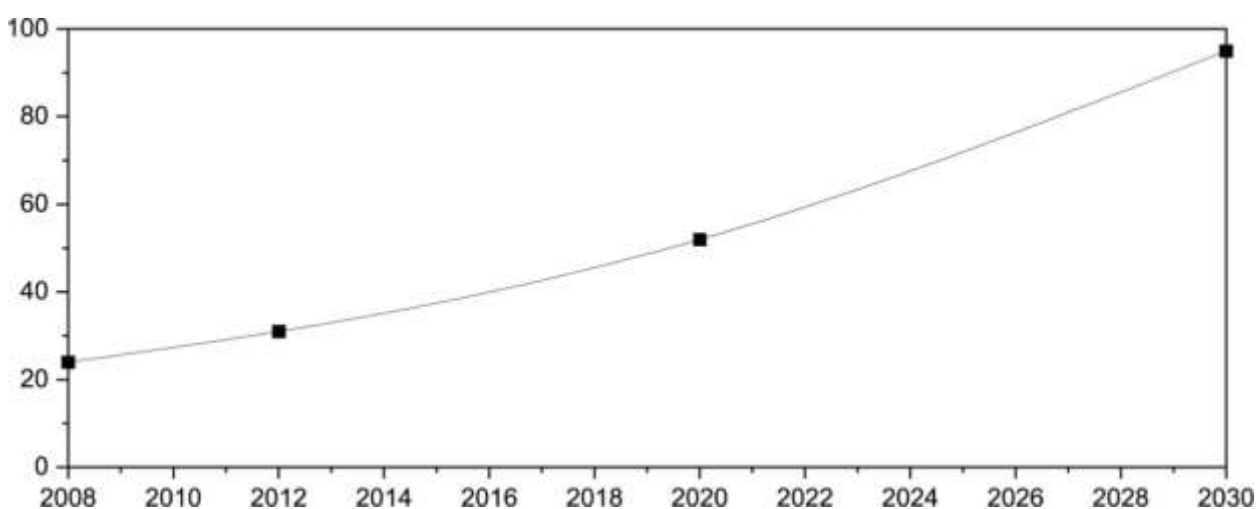


1.18-rasm. Marokash va dunyoning eng yirik karbon chiqindilari chiqaruvchi davlatlarida aholi boshiga to'g'ri keladigan CO₂ emissiyalari.

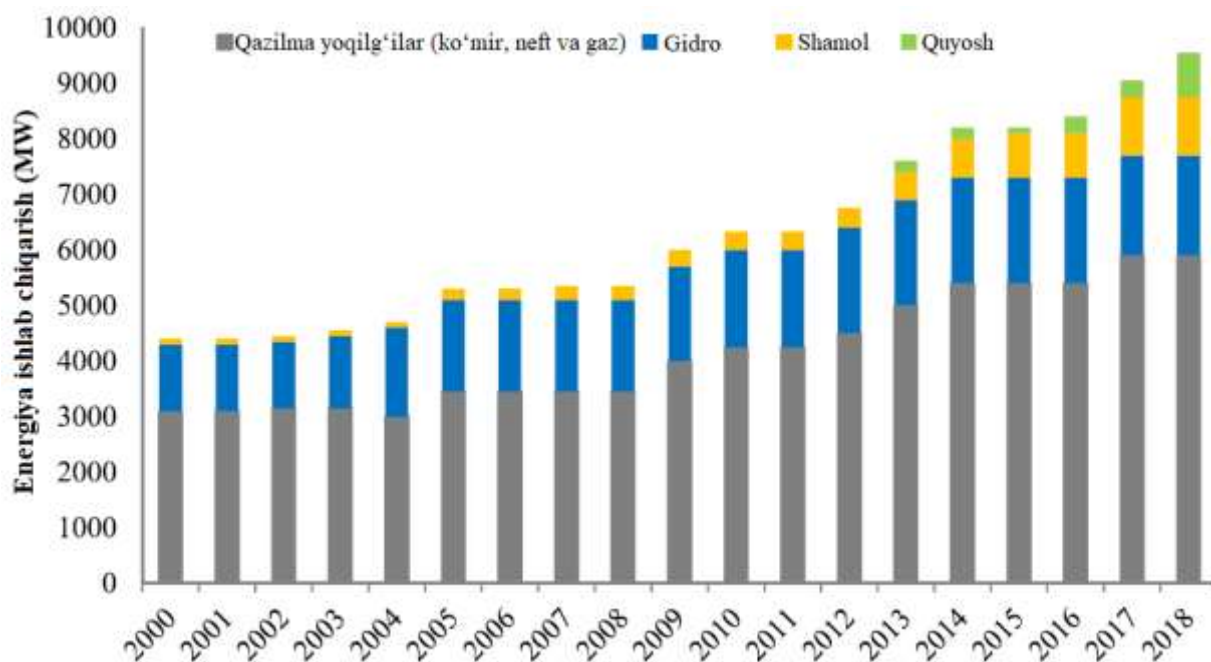
Yuqoridagi 1.18-rasmga ko'ra, Marokashning global karbon chiqindilari miqdoridagi ulushi Yevropa, AQSh, Xitoy va Hindiston kabi asosiy CO₂ emissiya manbalariga nisbatan juda kichik bo'lsa-da, qayta tiklanuvchi energiya

manbalaridan keng foydalanish qisqa muddat ichida mamlakatni deyarli nol darajadagi sof karbon chiqindilariga ega davlatga aylantirishi mumkin.

Elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojning boshqa energiya turlariga nisbatan tezroq o‘sishi, shuningdek, barcha marokashliklarni elektr energiyasi bilan ta’minlash maqsadida qishloq hududlarini elektrlashtirish jarayonining tezlashishi natijasida, Marokashda tarqoq qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan elektr energiyasi ishlab chiqarish toza energiya ishlab chiqarish sohasida muhim rol o‘ynamoqda. Marokashda elektr energiyasiga bo‘lgan talab yiliga 7–8,5% ga oshib borishi kutilmoqda (1.19-rasm).



1.19-rasm. Marokashda elektr energiyasi iste'moli TW·soat.

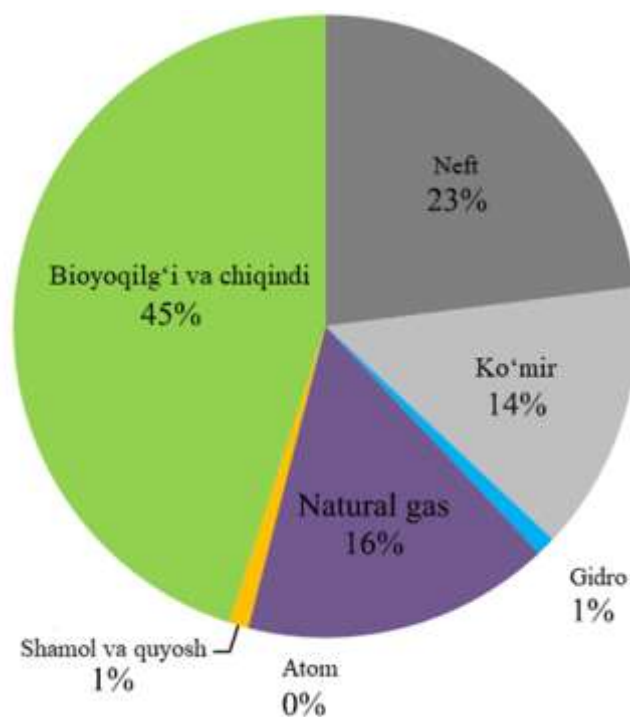


1.20-rasm. Marokashda o'rnatilgan elektr energiya quvvati.

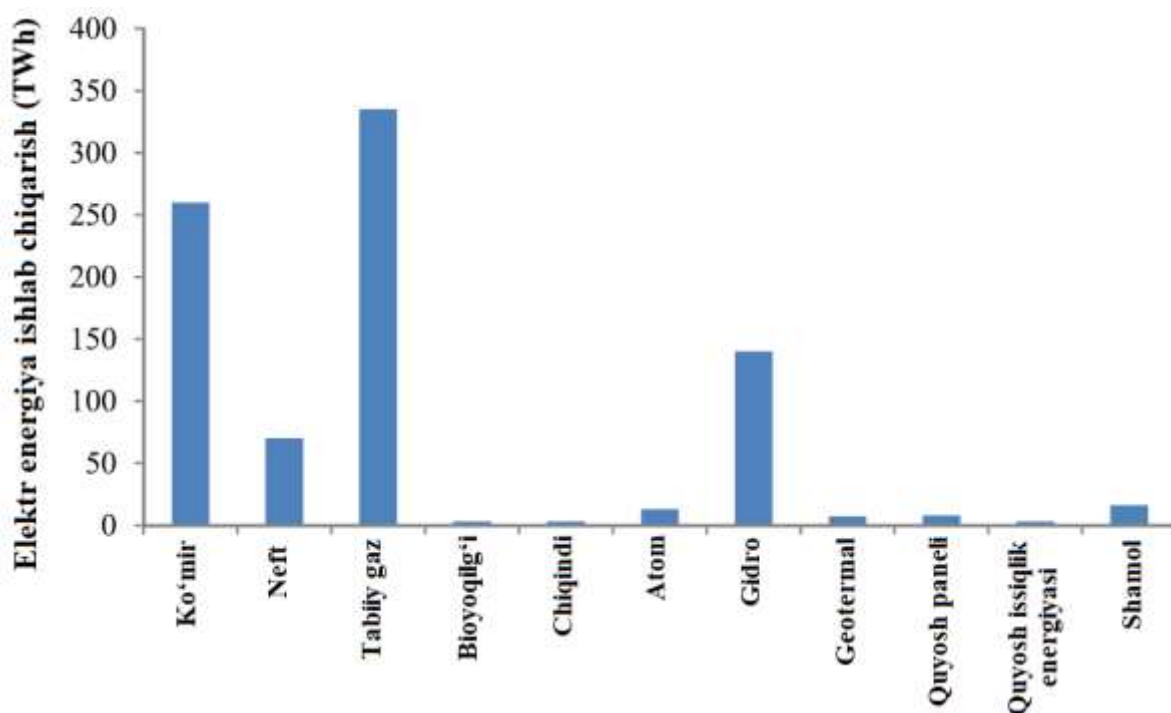
Yuqoridagi 1.20-rasmda so‘nggi yillarda Marokash elektr energiyasi ishlab chiqarish sektorida shamol va quyosh elektr stansiyalarining o‘sishi gidroenergetikaga nisbatan ancha yuqori bo‘lganligi tasvirlangan. Unga ko‘ra, elektr energiyasi ishlab chiqarishdagi qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushi, xususan, shamol va quyosh energiyasi 2000 yildagi 28% dan 2018 yilda 37% gacha oshgan hamda 2030 yilga kelib ushbu ulush 52% ga yetishi rejalashtirilmoqda (quyosh energiyasi: 20% (4560 MVt), shamol energiyasi: 20% (4200 MVt) va gidroenergetika: 12% (1330 MVt)).

Quyosh va shamol elektr stansiyalarida elektr energiyasi ishlab chiqarish darajasi juda o‘zgaruvchan bo‘lib, bu energiya tizimining barqarorligini pasaytiradi. Shu bois, ushbu qayta tiklanuvchi manbalar bilan birgalikda biomassa asosidagi ayrim energiya resurslarining integratsiyalashuvi energiya tizimini barqarorlashtirishda muhim ahamiyat kasb etishi mumkin.

Biomassadan to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr va issiqlik energiyasi olish mumkin bo‘lib, bu odatiy yoqish usuli orqali amalga oshiriladi yoki bilvosita gazifikatsiya, anaerobik parchalanish hamda fermentatsiya kabi jarayonlar orqali bio-yoqilg‘i ishlab chiqarishda foydalanilishi mumkin. 1.21-rasmda Afrikada, ayniqsa bio-yoqilg‘iga bo‘lgan yuqori talab aks ettirilgan, biroq ushbu energiya manbasi orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish darajasi hali ham past bo‘lib qolmoqda (1.22-rasmga qarang).



1.21-rasm. Afrikaning energiyaga bo'lgan ehtiyoji.



1.22-rasm. Afrikada elektr energiyasi ishlab chiqarish sektorida energiya manbalarining ulushi.

Marokash esa o'zining ulkan qishloq xo'jaligi, chorvachilik va maishiy chiqindilari tufayli biomassa asosida energiya ishlab chiqarishda yuqori salohiyatga ega (1.8-jadval). Prognozlarga ko'ra, mamlakatda qattiq biomassa va bio-yoqilg'ilar, shu jumladan biogazlardan umumiy yillik energiya ishlab chiqarish

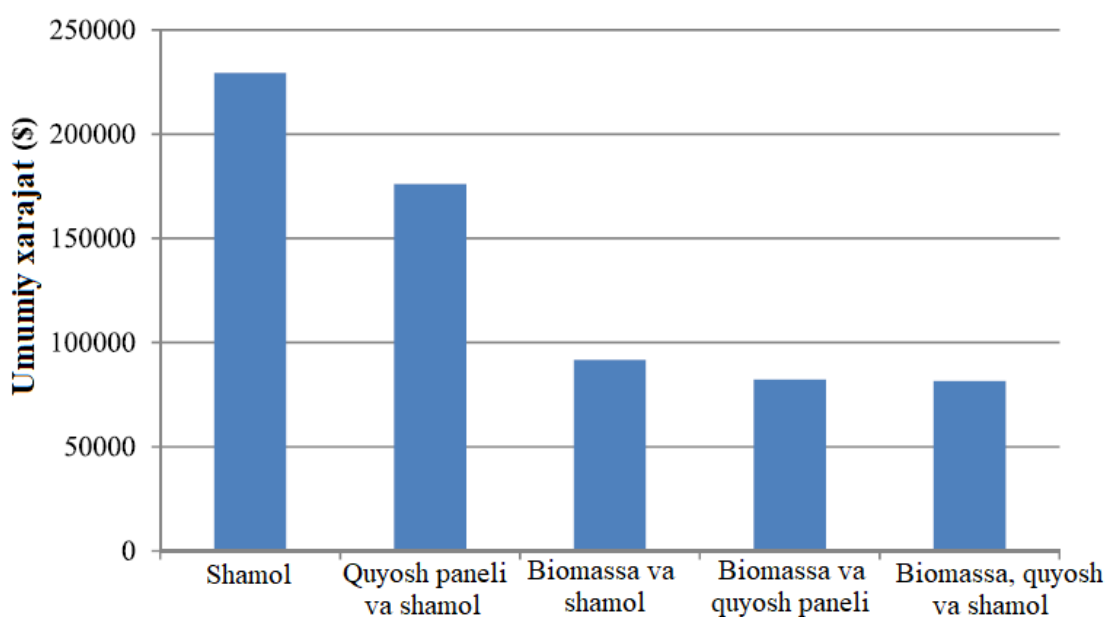
salohiyati mos ravishda 2568 GVt·soat hamda 13 055 GVt·soatga teng bo'lishi kutilmoqda.

1.8-jadval

Marokashdagi biomassa salohiyati.

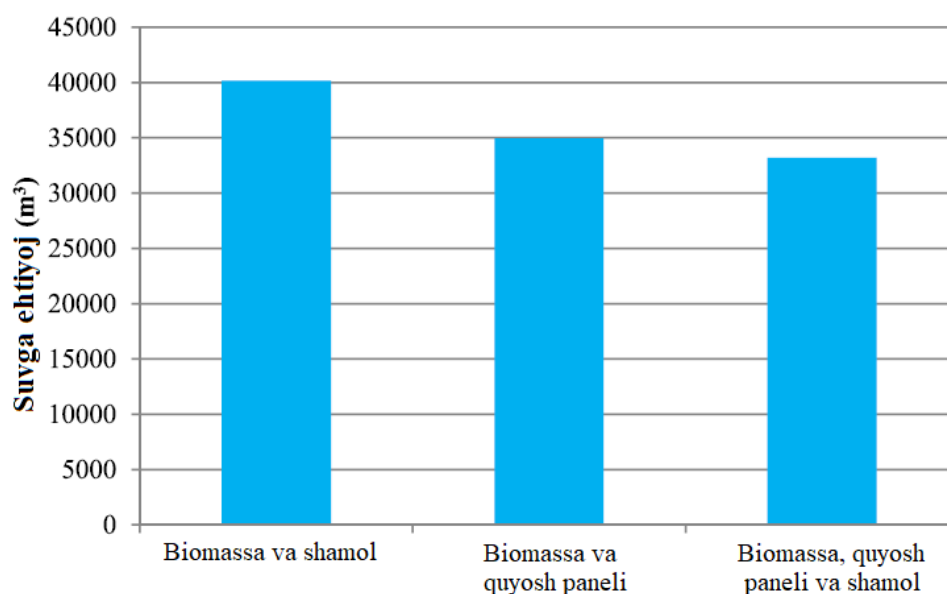
Biomassa resurslari	Xususiyati va salohiyati
Qishloq xo'jaligi qoldiqlari	To'qqiz million gektar qishloq xo'jaligi yerlari Yarim milliondan ortiq fermer xo'jaligi
Maishiy chiqindilar	Yiliga 4,700 million m ³ biogaz va 4,2 MVt energiya ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan yiliga besh yarim million tonna maishiy chiqindilar.
Chiqindi suvlari	Yillik 230 million m ³ biogaz salohiyati bilan, yiliga 1,376 million MVt/soatga teng.
O'rmon biomassasi	Marokashning o'rmon maydoni qariyb to'qqiz million gektarni tashkil qiladi.

Quyidagi rasmlarda turli elektr energiyasi ishlab chiqarish usullarining umumiy xarajatlari solishtiriladi(1.23-rasm), biomassadan energiya generatsiyasi uchun zarur bo'lgan suv miqdori(1.24-rasm) va barcha energiya generatsiya usullari uchun CO₂ chiqindilari hajmi(1.25-rasm) tasvirlangan.

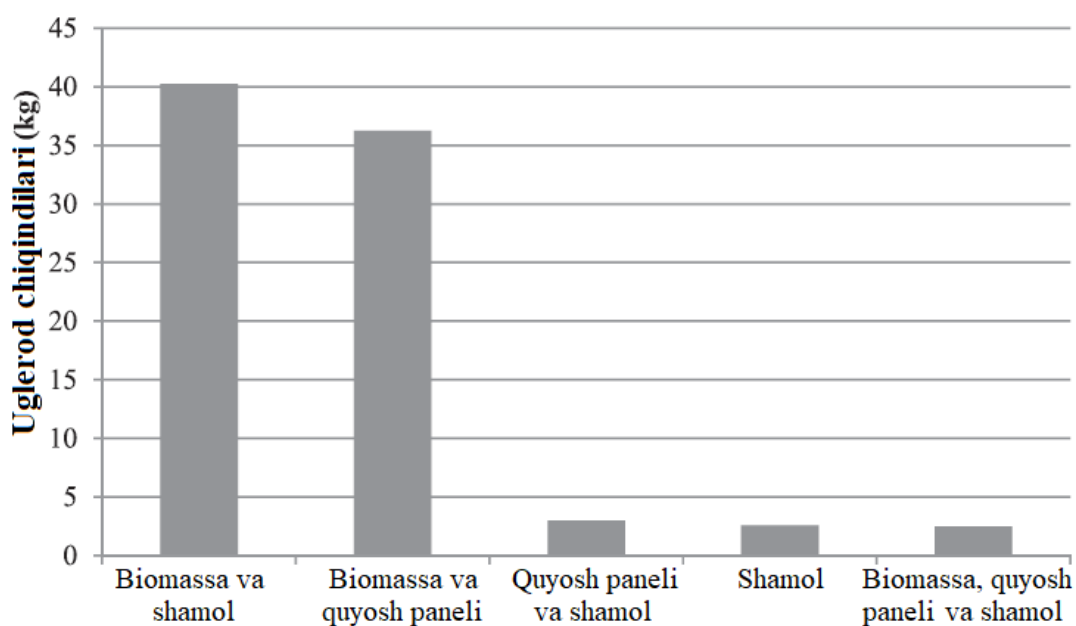


1.23-rasm. Turli ishlab chiqarish texnologiyalarining umumiy narxi.

Yuqoridagi 1.23-rasmdan ko‘rinib turibdiki, elektr energiyasini biomassa elektr stansiyalarini boshqa qayta tiklanadigan energiya texnologiyalari bilan birlashtirib ishlab chiqarish faqat shamol turbinalari yoki fotoelektrik va shamol energiyasining gibrid tizimidan foydalanishga qaraganda iqtisodiy jihatdan foydaliroqdir. Buning asosiy sababi biomassadan energiya ishlab chiqarishda batareyalar va konvertorlarni o‘rnatish talab qilinmasligi, holbuki shamol va fotoelektrik tizimlarda bunday uskunalar zarur bo‘lib, bu qo‘shimcha xarajatlarga olib keladi.



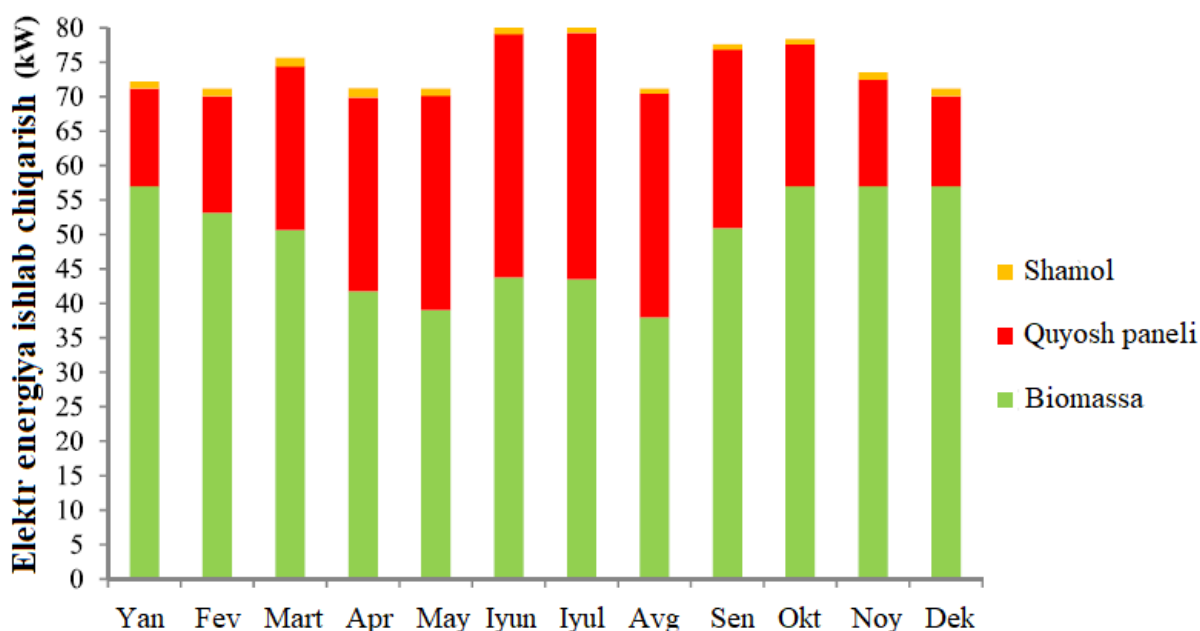
1.24-rasm. Turli ishlab chiqarish usullari, jumladan, biomassa uchun suv talablari.



1.25-rasm. Barcha ishlab chiqarish usullaridan chiqadigan uglerod chiqindilari.

Yuqoridagi 1.24-rasm va 1.25-rasm mos ravishda ko'rsatadiki, biomassa, quyosh va shamol energiyalarining gibril generatsiyasida suv iste'moli hamda karbonat angidrid (CO₂) chiqindilari biomassa ishtirokidagi boshqa elektr energiyasi ishlab chiqarish usullariga nisbatan ancha pastdir. Bu natijalar shuni anglatadiki, mazkur uch manbali gibril tizim suv resurslari va atrof-muhitga eng kam zarar yetkazuvchi, barqarorroq elektr energiyasi ishlab chiqarish variantidir.

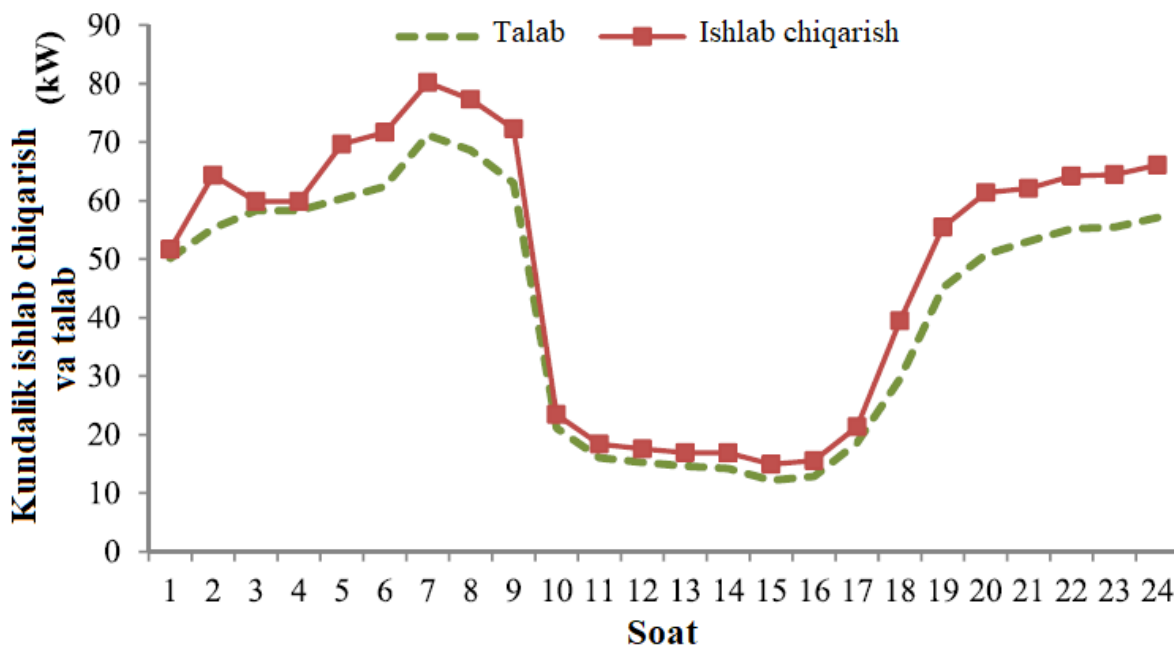
Quyidagi 1.26-rasm biomassa, fotoelektrik va shamol energiyasi tizimlari birgalikda ishlaganda har bir texnologiyaning ikki hududdagi umumiy yuklamani qoplashdagi ulushini ko'rsatadi. Bundan tashqari, 1.27-rasm esa taklif etilgan tizim umumiy kunlik yuklamani qanday qondirishini grafik tarzda tasvirlaydi.



1.26-rasm. Yil davomida elektr energiyasi ishlab chiqarish.

Yuqoridagi 1.26-rasmdan ko'rinib turibdiki, biomassadan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi oylik elektr energiyasiga bo'lgan talabning katta qismini qoplaydi. Buning sababi shundaki, shamol energiyasi ishlab chiqarish jarayoni shamol tezligiga kuchli bog'liq bo'lib, bu parametr nafaqat yil davomida, balki oy, hafta va hatto kun mobaynida ham o'zgaruvchan xususiyatga ega. Bundan tashqari, fotoelektrik energiya ishlab chiqarishda ham ba'zi qisqarishlar kuzatiladi, ayniqsa yanvar, fevral, noyabr va dekabr oylarida yomg'irli mavsumlar tufayli, bu

davrda quyosh nurlanishining pastligi yomg'irli va bulutli ob-havo sharoitlari bilan bog'liq.



1.27-rasm. Umumiy kunlik yuklamaga qarab kunlik ishlab chiqarish ko'rsatkichlari.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Marokashning Tazuta qishlog'ida va Fesning qishloq hududida biomassa elektr stansiyalari, shamol turbinlari hamda fotoelektrik qurilmalarning gibrid ishlatilishi faqat shamol turbinlarining ishlashiga va boshqa gibrid ishlab chiqarish senariyalariga nisbatan arzonroq elektr energiyasi ishlab chiqarish hamda havoga chiqindilarni kamaytiradi. Biomassa va fotoelektrik modullarining elektr stansiyalarini qurish gibrid ishlash holatida qimmat shamol turbinalarining sonini kamaytiradi. Shu sababli, biomassa energiya ishlab chiqarish Tazuta va Fes hududlaridagi umumiy energiya talabining deyarli uchdan ikki qismini qondirishi mumkin. Bu esa fotoelektrik va shamol qurilmalarining mos ravishda 33% va 2% ga nisbatan yuqori. Biomassa elektr stansiyalari iste'molchilarga yil davomida quyosh nurining va shamolning yo'qligi davrlarida barqaror energiya taqdim etishi mumkin. Biomassa qurilmalarini shamol va quyosh qurilmalari bilan birgalikda ishlatish doimiy hamda uzluksiz elektr ta'minotini ta'minlash uchun zarur.

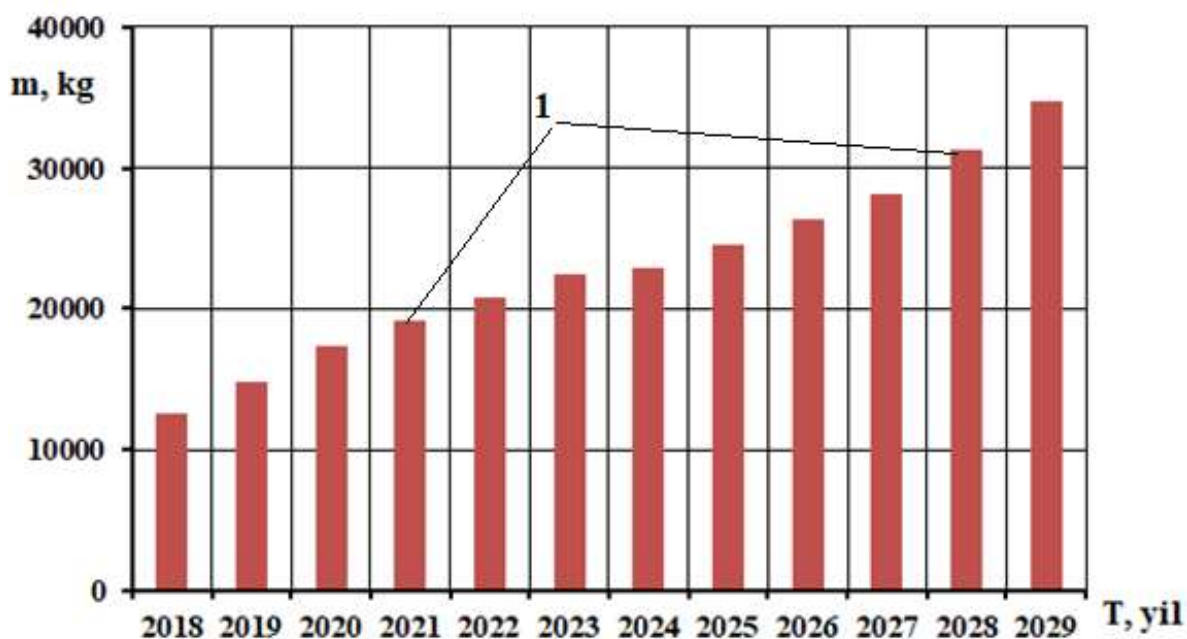
1.3-§ Qattiq chiqindilarni utilizatsiya qilishning O‘zbekistondagi bugungi holati

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. m³ 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.

Makroiqtisodiyot va prognozlash instituti ma’lumotlariga ko‘ra aholi sonining o‘sish 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 (1.28- 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 sogʻligʻiga xavf tugʻdirmoqda. Shuning uchun hosil boʻlayotgan chiqindilarni toʻplash, tashish, ularni saqlash, koʻmish, yoʻq qilish, turlarga ajratish va qayta ishlash masalalari muhim vazifalardan biri hisoblanadi.



1 – kunlik chiqindi hosil boʻlish miqdori

1.28-rasm. Oʻzbekistonda chiqindilarning shakllanish prognozi.

Respublikada chiqindilar bilan bogʻliq munosabatlarni amalga oshirish sohasini tartibga solish va chiqindilarni boshqarishga oid davlat siyosatini yuritish maqsadida 2002 yil 5-aprelda “Chiqindilar toʻgʻrisida”gi Oʻzbekiston Respublikasi Qonuni [16] qabul qilingan. Chiqindilarning fuqarolar hayoti va sogʻligʻiga, atrof-muhitga zararli taʼsirining oldini olish hamda chiqindilar vujudga kelishini kamaytirish qonunning asosiy vazifalari hisoblanadi. Bundan tashqari, qattiq va suyuq maishiy chiqindilarni toʻplash hamda ularni olib chiqib ketish xizmatlarini koʻrsatish qoidalari Oʻzbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 15-iyuldagi 194-son qarori [17] bilan tasdiqlangan. Shu bilan bir qatorda respublikada chiqindilar bilan bogʻliq munosabatlar Oʻzbekiston Respublikasi Adliya vazirligida 2014-yil 12-noyabrda 2625-son bilan roʻyxatga olingan “Oʻzkommunxizmat” 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.

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[18]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.

Bugungi kunda respublikada chiqindilardan olingan ikkilamchi xom-ashyoni qayta ishlovchi 183 ta korxonada 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.

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.

II BOB. BIOMASSAGA DASTLABKI ISHLOV BERISH VA UNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYALARI

2.1-§ Biomassa o'lchamini kichraytirish uchun umumiy mexanik dastlabki ishlov berish usullari va qurilmalari.

Lignosellulozali biomassa (LSB) bioyoqilg'ilar ishlab chiqarishda eng keng qo'llaniladigan xom ashyo hisoblanadi. Shu bois, u energiya, kimyoviy mahsulotlar va bioplastiklarni qazilma yoqilg'ilarga nisbatan atrof-muhitga kamroq zarar yetkazuvchi usulda ishlab chiqarish imkonini beruvchi ekologik toza manba sifatida katta qiziqish uyg'otmoqda. Bundan tashqari, u atrof-muhit uchun ijobiy ta'sir ko'rsatadi. LSB o'rmon xo'jaligi, qishloq xo'jaligi yoki ishlab chiqarish chiqindilari sifatida olinishi mumkin bo'lgan barcha turdagi o'simliklar

va daraxtlarni o'z ichiga oladi. Ushbu biomassa asosan selluloza, gemiselluloza va lignindan tashkil topgan. Bundan tashqari, u qayta tiklanuvchi, biologik parchalanadigan va keng tarqalgan manba hisoblanadi. Shuningdek, LSB nol darajadagi sof CO₂ chiqindilariga ega bo'lishi mumkin, chunki o'simliklar va daraxtlar atmosferadagi CO₂ ni yutuvchi tabiiy absorbentlar vazifasini bajaradi.

Dastlabki ishlov turlari harakatlantiruvchi omiliga qarab kimyoviy, issiqlik (termik), mexanik va biologik jarayonlarga bo'linadi. Bundan tashqari ularni kombinatsiyalangan holda qo'llash ham mumkin. Bu usullar o'zaro farqli bo'lishiga qaramay, ularning asosiy maqsadi biomassa tuzilmasini buzish, ya'ni selluloza va gemisellulozani ochib berish hamda ligninni ajratib tashlashdir. Kimyoviy ishlov ligninni eritish va selluloza-lignin orasidagi bog'larni uzish orqali olib tashlaydi. Biroq, bu jarayon natijasida zarur bo'lmagan mahsulotlar hosil bo'lishi mumkin, ular esa keyingi biologik yoki fermentativ bosqichlarning samaradorligini pasaytiradi. Issiqlik ishlovi esa kimyoviy moddalar ishlatilmasligi sababli atrof-muhitga nisbatan xavfsizroq hisoblanadi. Shunga qaramay, bu usulda ham ingibitor (to'suvchi) moddalar hosil bo'lishi va yuqori energiya sarfi talab etilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan barcha tozalash usullari mexanik ishlovni dastlabki texnologik bosqich sifatida o'z ichiga oladi. Ushbu dastlabki mexanik ishlov birlamchi hujayra devorini fizik kuch yordamida buzadi, natijada selluloza keyingi jarayonlar uchun osonroq kirish mumkin bo'lgan holatga keladi. Buning natijasida sirtning solishtirma maydoni ortadi va kristallik darajasi (CrI indeksi orqali o'lchanadi) kamayadi, bu esa yakuniy jarayon samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Bundan tashqari, bu usullar kiruvchi va chiquvchi massa oqimi orasidagi yuqori chiqish koeffitsienti bilan tavsiflanadi. Mazkur usul lignin miqdori past bo'lgan o'tsimon o'simliklar bilan eng samarali ishlaydi; biroq uni yog'ochli biomateriallar va boshqa lignosellulozali materiallar, masalan selluloza massasi bilan ham qo'llash mumkin. Ushbu texnologiyaning asosiy kamchiligi - bu yuqori energiya sarfi va past selektivlik. Shunga qaramay, mexanik ishlov usullari o'tsimon o'simliklarga nisbatan juda samarali bo'lib, ular odatda qishloq xo'jaligi

yoki ishlab chiqarish chiqindilaridan olinadi. Shu sababli, bu usullarni biologik qayta ishlash asosida aylanma iqtisodiyot (circular economy) doirasida muqobil texnologiya sifatida qo'llash mumkin. Bu esa lignosellulozali biomassa bilan bog'liq eng muhim muammolardan biri - ishlov beriladigan yer maydonlaridan foydalanish zaruriyatini kamaytirishga yordam beradi. Ushbu muammoni, shuningdek, mikro suv o'tlarini energiya manbai sifatida qo'llash orqali ham bartaraf etish mumkin.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda ushbu bo'lim laboratoriya sharoitida qo'llaniladigan turli mexanik maydalash uskunalari haqidagi ma'lumotlarga bag'ishlangan. Shuningdek, ularning zarrachalar o'lchamiga ta'siri va keyingi qayta ishlov jarayonlarini yaxshilashdagi roli ko'rsatib berilgan. Keltirilgan ma'lumotlar material turi, zarrachalarning talab etiladigan yakuniy o'lchami va valorizatsiya (qiymatga ega mahsulotga aylantirish) maqsadiga qarab tegirmon turini tanlashda yordam beradi.

Mexanik ishlov turlari biomassaga tashqi kuch ta'sirida amalga oshiriladigan maydalash mexanizmi asosida tasniflanadi. Lignosellulozali biomassa (LSB)ga nisbatan asosiy maydalash mexanizmlari quyidagilardir:

– kesish: bu mexanizm maydalovchi uskunaning o'tkir uchli ishchi qismi mavjud bo'lganda yuzaga keladi. U biomassa tolalarini kesuvchi kuch ta'sirida bo'laklarga ajratadi;

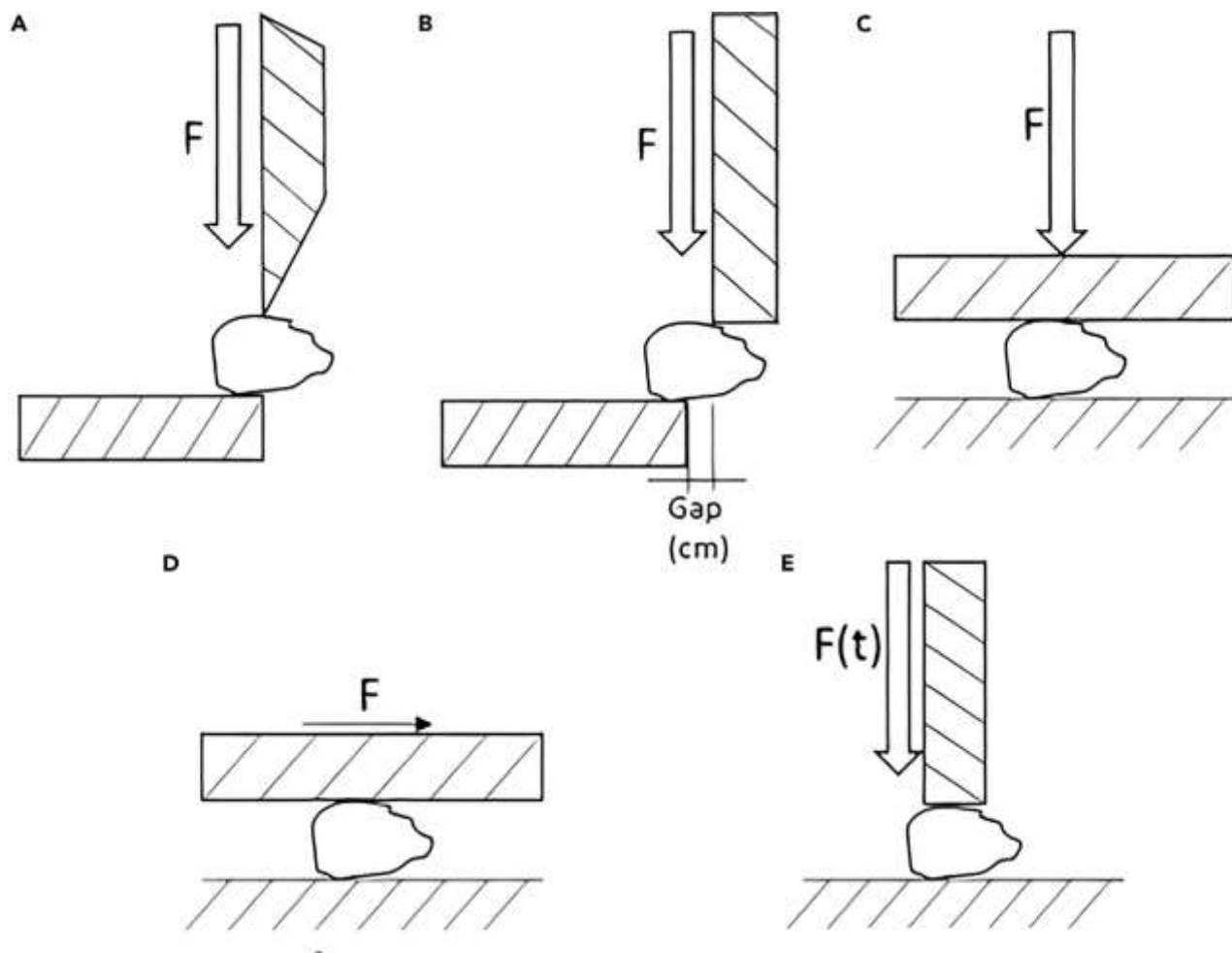
– sirg'alish (siljitish): bu jarayon ikki tekis sirt orasida sodir bo'ladi: ulardan biri harakatsiz, ikkinchisi esa harakatlanuvchi bo'ladi. Odatda, ularning orasida ma'lum masofa (bo'shliq) saqlanadi, shuning uchun biomassa zarrachalari kerakli o'lchamga yetmaguncha bu oraliqdan o'ta olmaydi;

– siqish: bu usulda material vertikal yo'nalishdagi uzluksiz kuch yordamida eziladi. Siqish mexanizmi mo'rt (oson sinadigan) materiallar uchun eng maqbul hisoblanadi;

– yirtish (uzish): bu jarayon harakatlanuvchi qismning gorizontal sirg'alish harakati natijasida yuzaga keladi, bunda u biomassa (LSB) yuzasidan o'tib, harakatsiz qismga tegadi va tolalarni ajratib yuboradi;

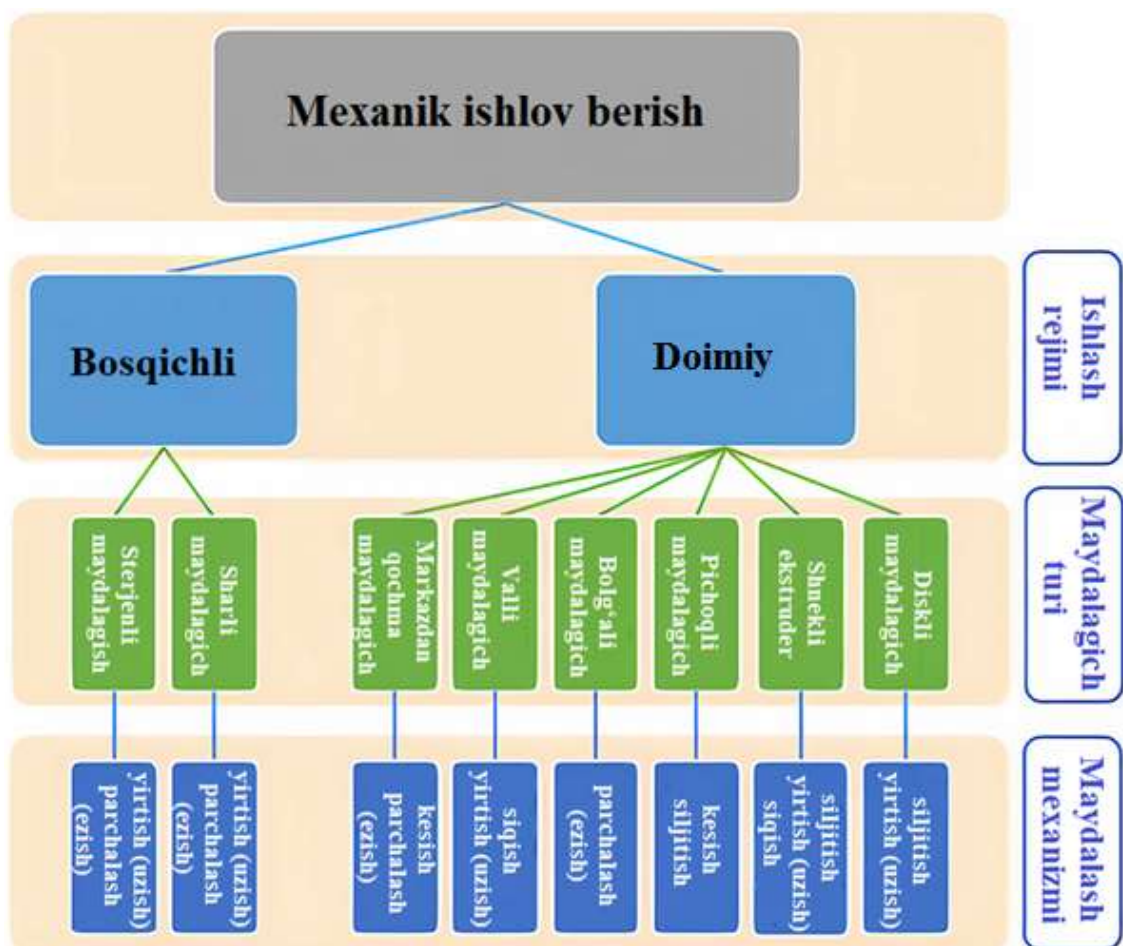
– parchalash (ezish): bu jarayonda dinamik siqish kuchi qo‘llanilib, biomassa mayda bo‘laklarga parchalanadi.

Turli mexanik ta‘sir mexanizmlarining sxematik tasviri quyidagi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm. Zarra o‘lchamini kichraytirishning turli mexanizmlarini tasvirlovchi sxema (A–E): (A) — kesish, (B) — sirg‘alish (siljitish), (C) — siqish, (D) — yirtish (uzish), (E) — parchalash (ezish).

Quyidagi 2.2-rasmda tadqiqotlarda foydalanilgan turli xil maydalagich turlarining tasnifi keltirilgan.



2.2-rasm. Tadqiqotda keltirilgan turli xil maydalagich turlarining tasnifi.

Doimiy maydalash jarayoni uchun mo'ljallangan uskunalar

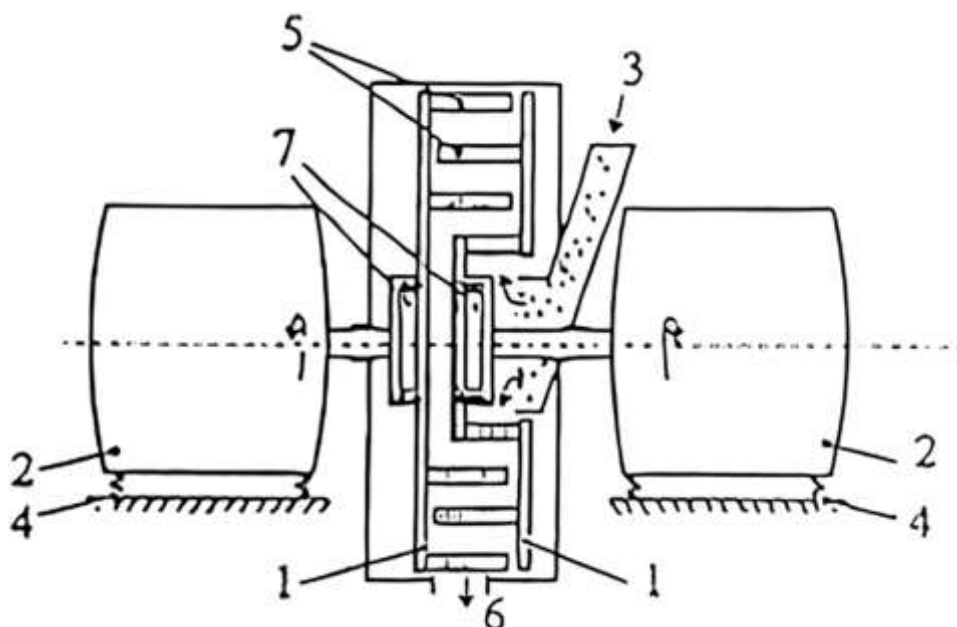
Ushbu rejimda ishlovchi maydalagichlar materialning maydalash kamerasi orqali uzluksiz ravishda o'tishini ta'minlaydi. Bu esa ko'proq miqdordagi xomashyoni maydalash imkonini berib, natijada vaqt va energiyani tejashga xizmat qiladi. Quyida ushbu rejimda ishlaydigan maydalagichlarning turlari tavsiflanadi.

Diskli maydalagich.

Diskli maydalagichda ishlatiladigan uskuna ikki tishli diskdan iborat. Disklardan biri harakatsiz, ikkinchisi esa rotor bilan ulangan. Har ikkala disk tishli yoki maxsus shakllantirilgan faol maydalash elementlari (asboblari) bilan jihozlangan. Yakuniy zarracha o'lchamini boshqaruvchi asosiy o'zgaruvchilar - diskning aylanish tezligi va disklar orasidagi masofa hisoblanadi. Skinner va hammualliflar [19] ushbu texnologiyani (bosim qo'llagan holda) bug'doy somonini oldindan ishlov berish va keyingi fermentativ gidroliz jarayonida qo'llagan.

Biomassa disklarning markaziga uzatiladi. Markazdan periferiyaga yo‘nalgan tezlashtiruvchi kuch biomassa harakatini ta’minlaydi. Disklar orasidagi radial yo‘nalishda harakatlanayotgan biomassa faol ishchi elementlar orasida siljish va uzilish ta’sirida mexanik tarzda maydalangan. Teshik (yoki disklar oralig‘i) qanchalik tor bo‘lsa, biomassa zarralari shunchalik intensiv maydalangan bo‘ladi.

Shunga qaramay, energiyaning yuqori darajada tarqalish tezligi mavjudligi odatda e’tirof etiladi, bu esa biomassa tarkibiy qismlarining termik parchalanishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, tolali va nam materiallarni maydalash jarayonida disklar orasidagi oraliq ko‘pincha tiqilib qoladi. Shu sababli, bunday maydalagich asosan quruq biomassa uchun mos hisoblanadi. Quyidagi 2.3-rasmda diskli maydalagich namunasi keltirilgan [20].



(1) profilli rotorlar, (2) quvvat uzatish tizimlari (yoki yuritma mexanizmlari), (3) materialni uzatish (yoki berish) moslamasi, (4) elastik tayanchlar, (5) maydalash elementlari, (6) chiqish qismi, (7) adaptiv boshqaruv tizimi (yoki adaptiv kontroller).

2.3-rasm. Diskli maydalagich.

Diskli maydalagich yordamida amalga oshirilgan oldindan ishlov berish natijasida oz miqdorda sirka kislotasi ajralib chiqishi va shakar miqdorining ortishi kuzatilgan. Ma va hammualliflar [21] esa diskli maydalagichni makkajo‘xori

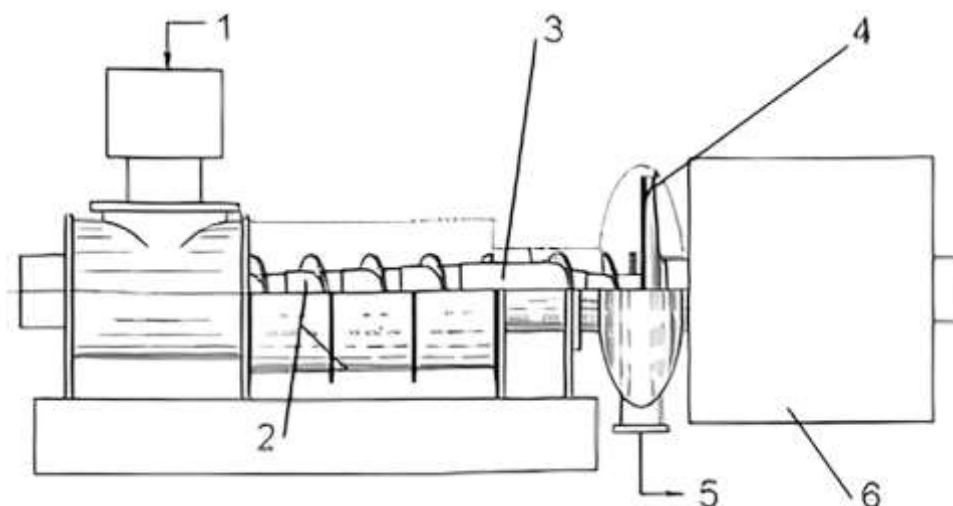
somonidan biometan olish jarayonida oldindan ishlov berish bosqichi sifatida qoʻllanganlar. Maydalash jarayoni biometan chiqishini 175,63 dan 193,12 l/kg gacha oshirgan.

Shnekli ekstruder (aylanuvchi vint mexanizmi asosida ishlaydigan siqish va shakllantirish qurilmasi)

Diskli maydalagichga nisbatan, shnekli ekstruder nam biomassani qayta ishlash uchun jozibador texnologiya hisoblanadi. Nam biomassa shnek zonasiga uzatiladi va shnekning qarama-qarshi qismiga tomon harakatlanadi. Biomassa rotor va stator orasidagi oraliqda yoki yakuniy bosqichda, yaʼni ekstruziya bosh qismida siljish va uzilish taʼsirida mexanik tarzda maydalanadi. Ishqalanish kuchlari harorat oshishi bilan ortadi; natijada namlik miqdori kamayadi va bu zarrachalarning aglomeratsiyasi (birikib yiriklash jarayoni) ga, yaʼni ularning oʻrtacha oʻlchamining kattalashishiga olib keladi. Shnek uzunligi boʻylab kimyoviy moddalar yoki boshqa ishlov berish jarayonlarini qoʻllash va oldindan ishlov berish samaradorligini oshirish maqsadida teshiklar joylashtirilishi mumkin. Quyidagi 2.4-rasmda ekstruder namunasi keltirilgan [20].

Pichoqli maydalagich

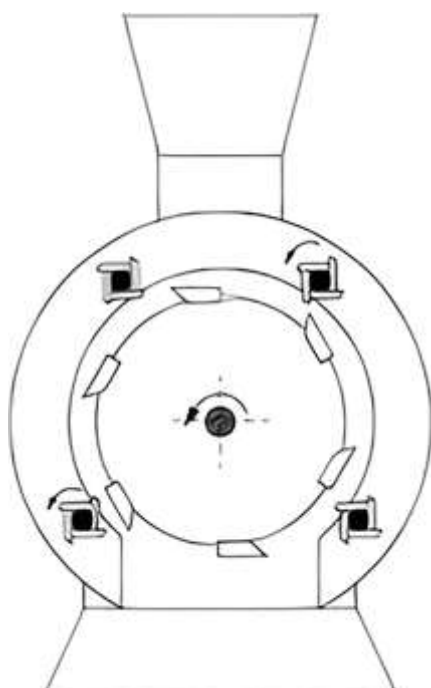
Pichoqli maydalagich – bu quruq biomassani maydalash uchun keng qoʻllaniladigan uskuna hisoblanadi. Biomassa uzluksiz ravishda statsionar (harakatsiz) va aylanma pichoqlar juftligi hosil qilgan maydalash zonalariga uzatiladi. Harakatsiz va aylanuvchi pichoqlar orasiga tushgan material kesish va siljish taʼsirida maydalangan holda parchalanadi. Maydalangan biomassa zarralari tarmoqsimon filtr orqali yigʻuvchi rezervuarga tushadi. Biomassa qanchalik quruq va moʻrt boʻlsa, shunchalik kesish taʼsiri ustunlik qiladi. Namlik ortishi bilan biomassa yanada elastik tus oladi. Shu bois, kesish taʼsirining ustunligi kamayadi va maydalash jarayonida siljish effekti asosiy rol oʻynay boshlaydi.



- (1) kirish qismi, (2) vintli press (shnek mexanizmi), (3) dekompressiya zonasi, (4) kolloid tegirmon (yuqori darajada mayda dispersli aralashmalar tayyorlash uchun ishlatiladigan uskuna), (5) chiqish qismi, (6) yuritma (privod).

2.4-rasm. Ekstruder.

Bundan tashqari, namlik biomassa yuzasini yopishqoq holatga keltiradi. Natijada, tarmoqsimon filtrning tiqilib qolishi sababli maydalash samaradorligi pasayadi. Shunga qaramay, ushbu turdagi maydalagich ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan qo‘llanilishiga sabab u yuqori unumdorlikda ishlash imkonini beradi va foydalanishda sodda hisoblanadi. 2.5-rasmda pichoqli maydalagichning maydalash kamerasi tuzilishi keltirilgan [20].



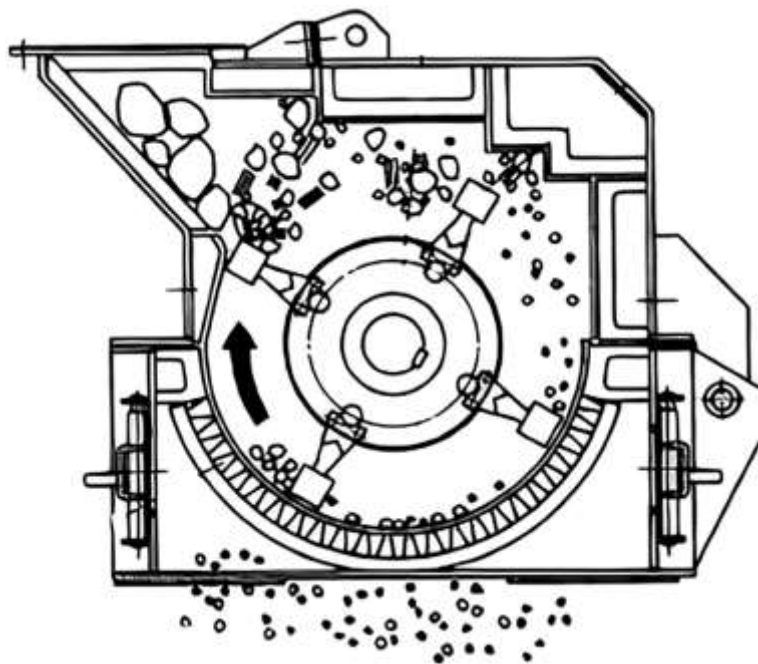
2.5-rasm. Pichoqli maydalagichning maydalash kamerasi.

Garuti va hammualliflar [22] metan ishlab chiqarish uchun aralash urug'larga oldindan ishlov berish maqsadida pichoqli maydalash usulidan foydalanganlar. Tadqiqot natijalariga ko'ra, 5 mm dan katta bo'lgan zarrachalarning 99 % i maydalashdan so'ng mayda holga keltirilgan. Shuningdek, 13 % miqdorida metan chiqishi qayd etilgan. Chuetor va hammualliflar [23] NaOH ishlovini qo'llagan holda pichoqli maydalash jarayonini sholini poyasiga nisbatan qo'llab, selluloza konsentratsiyasini 34,57 % dan 66,83 % gacha (mg/g quruq massa) oshirishga erishgan. Pichoqli maydalash sholi poyasini keyingi ishlov berish uchun yaroqli holga keltirgan hamda uning sirt maydoni birligini oshirgan. Bianchini va hammualliflar [24] pichoqli maydalashni xomashyoni CH₄ (metan) ga qayta ishlashdan oldingi tayyorlov bosqichi sifatida qo'llaganlar. Mazkur tadqiqotda mualliflar biogaz ishlab chiqarish uchun eng maqbul zarracha o'lchamini olish maqsadida qo'shimcha maydalash uskunasi ham foydalanganlar. Tadqiqot natijalariga ko'ra, mayda fraksiya (< 300 mkm) eng yuqori chiqish va CH₄ tozaligini ta'minlagan. Pichoqli maydalashdan keyingi zarrachalarning yakuniy o'lchami o'rnatilgan elak turiga bog'liq bo'lib, mavjud manbalarga ko'ra, bu o'lcham 100 mkm gacha kamaytirilishi mumkin.

Bolg'ali maydalagich

Bolg'ali maydalagichda biomassa rotorning bolg'alariga tangensial yo'nalishda uzatiladi. Bu jarayonda biomassa sirpanish impulsi va dinamik bosim kuchi ta'siriga uchrab, zarba plastinasiga yo'naltiriladi hamda shu yerda maydalanadi. Shunday qilib, asosiy maydalash mexanizmi — zarbaviy maydalash hisoblanadi. Maydalangan biomassa doimiy ravishda elak orqali o'tadi, bunda chiqishdagi zarracha o'lchami elak teshiklarining diametriga bog'liq bo'ladi. Namlikning mavjudligi bolg'ali maydalash samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bu holat pichoqli maydalagichlardagiga o'xshash, biroq bolg'ali maydalagichlarda maydalash mexanizmi zarbaga asoslanganligi uchun bu ta'sir yanada kuchliroqdir. Namlik biomassa yuzasini yopishqoq holga keltirib, maydalagich devorlariga yopishishiga sabab bo'lganligi natijasida maydalash samaradorligi kamayadi. Shu bois, bolg'ali maydalagichlar quruq va mo'rt xomashyolarni maydalash uchun eng

maqsadga muvofiq hisoblanadi. Quyidagi 2.6-rasmda bolg‘ali maydalagichning maydalash kamerasi tasvirlangan [18].



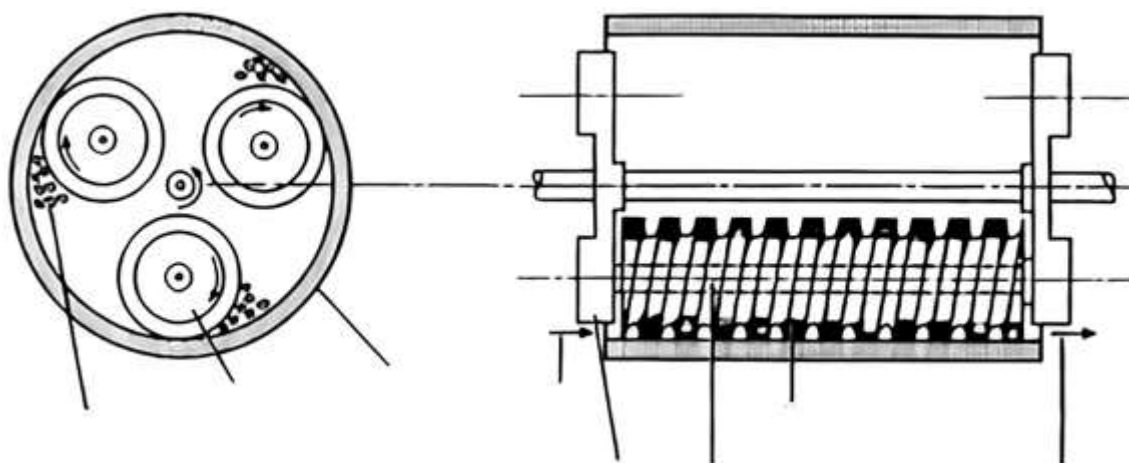
2.6-rasm. Bolg‘ali maydalagich

Biomassa zarracha o‘lchamining metan hosil bo‘lishiga ta‘sirini o‘rganishda bolg‘ali maydalagich texnologiyasidan Luo va boshq. [25] foydalangan tadqiqot natijalariga ko‘ra, 3 mm li elak (zarrachalarning asosiy qismi 0,6–0,25 mm diapazonda bo‘lgan) anaerob parchalanish jarayoni uchun eng maqbul zarracha o‘lchami ekanligi aniqlangan. Bu holatda metan chiqishi eng yuqori darajada bo‘lmasada (teshik o‘lchami 1 mm va 3 mm li elak uchun metan chiqishi mos ravishda 176,47 NL/Kg·VS hamda 166,07 NL/Kg·VS ni tashkil etgan), energiyani iste‘mol qilish nuqtayi nazaridan eng samarali variant sifatida qayd etilgan. Bundan tashqari, zarracha o‘lchamini kamaytirish biomassa kristallik darajasining 24,65% dan 15,31% gacha pasayishiga olib kelgan. Al Afif va Pfeifer [26] paxta poyalari biomassasida o‘tkazgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, biogaz chiqishi 211 dan 236 nL/kg gacha, metan chiqishi esa 113,9 dan 127,4 nL/kg gacha oshgani aniqlangan. Mazkur maydalagichlarda zarracha o‘lchami pichoqli maydalagichlardagiga o‘xshash bo‘lib, o‘rnatilgan elak diametriga bog‘liq. Bolg‘ali maydalagichlarda maydalashdan so‘ng biomassaning minimal o‘lchami

0,6 mm ni tashkil etgan bo'lsada, eng ko'p uchraydigan yakuniy zarracha o'lchamlari 500 dan 250 mm gacha bo'lgan.

Valli maydalagich

Valli maydalagich asosan un ishlab chiqarishda qo'llanilsada, fermentativ qayta ishlashdan oldin biomassani dastlabki mexanik oldindan ishlov berish uchun ham ishlatilishi mumkin. Valli maydalagich bir-biriga qarama-qarshi joylashgan silliq yoki tish sirtli silindrlardan tashkil topgan bo'lib, biomassa uzluksiz ravishda valiklar orasiga beriladi va siqilish hamda yirtilish kuchlari ta'sirida maydalanadi. Bu turdagi maydalagich faqat mo'rt yoki tolali biomassani maydalash uchun mos keladi, chunki nam biomassa yopishqoq bo'lib, ko'pincha valiklarning sirtiga yopishib qoladi. Valiklar qarama-qarshi yo'nalishlarda doimiy aylanishda bo'ladi va biomassa ular orasidagi bo'shliqlardan o'tgan holda mexanik tarzda eziladi. Ba'zi tadqiqotchilar valli maydalagichning o'ziga xos modifikatsiyasi bo'lgan Szego maydalagichini qo'llashgan. Bu maydalagich an'anaviy valli maydalagichga o'xshash bo'lib, harakatlanuvchi va statsionar qismlardan iborat. Harakatlanuvchi qismi vint (shnek) shaklida bo'lsa, statsionar qismi korpus sifatida xizmat qiladi. Korpus ichida o'z o'qi va baraban o'qi atrofida aylanadigan bir nechta vint shaklidagi silindrlar joylashgan (2.7-rasm).



2.7-rasm. Szego maydalagichining sxemasi

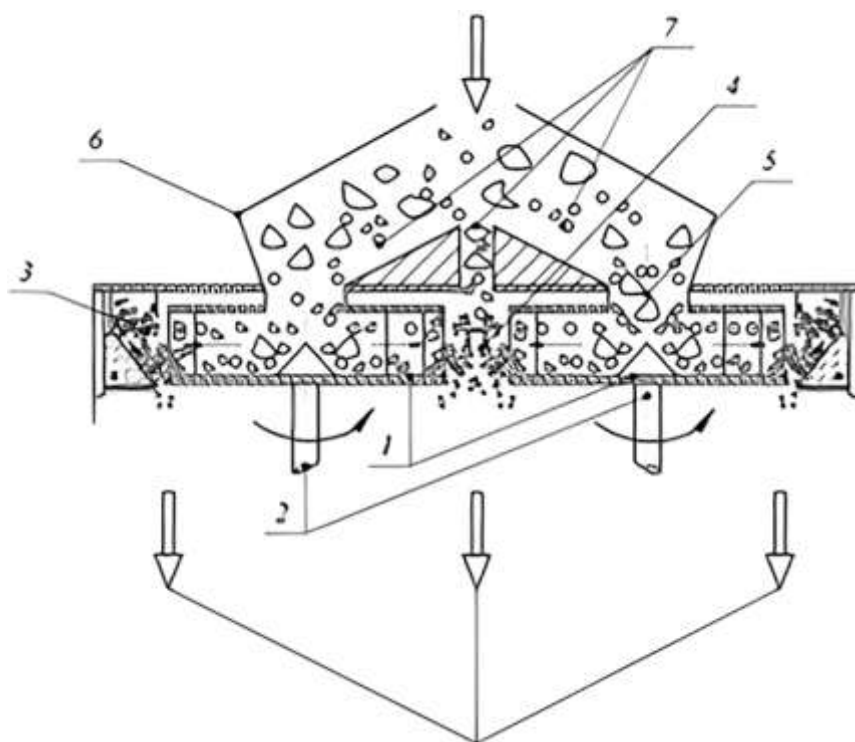
Raud va hammualliflar [27] ushbu texnologiyani arpa somoniga dastlabki ishlov berish uchun uch xil usulda (quruq, nam va suyuq azot yordamida maydalash) qo'llaganlar. Quruq maydalash usuli eng yuqori biometan

hosildorligini (269 dan 292 LCH₄/kg gacha) bergan bo'lsada, eng yuqori ishlab chiqarish samaradorligi suyuq azot ishlatilgan holatda kuzatilgan. Adabiyotlar tahliliga ko'ra, Szego maydalagichidan olingan eng kichik zarracha o'lchami 17,25 mm ni tashkil etgan.

Bojanić va hammualliflar [28] bug'doy unini ishlab chiqarish jarayonida valli maydalashni hosildorlik va energiya sarfi nuqtayi nazaridan o'rganib, optimallashtirdilar. Biroq, ushbu texnologiya nafaqat bug'doy mahsulotlarini ishlab chiqarishda, balki biomassani biotexnologik qayta ishlash imkoniyatlarini kengaytirish maqsadida ham qo'llanilgan. Masalan, Victorin va boshq. [29] valli maydalashni bug'doy somonining zarracha o'lchamini kamaytirish uchun ishlatgan va bu biomassaning biogaz hosil qilish salohiyatini oshirgan. Natijada, biokimyoviy metan potentsiali 237 dan 287 nml CH₄/g VS gacha oshgan. Bundan tashqari, Tsapekos va boshq. [30] valli maydalagich silindrlaridan birining sirt tuzilmasini o'zgartirish orqali o't biomassasidan biogaz ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga erishishgan. Ya'ni, CH₄ hosildorligi birinchi konfiguratsiyada 305 ml/g dan 367 ml/g gacha, ikkinchi konfiguratsiyada esa 297 ml/g dan 376 ml/g gacha oshgan.

Markazdan qochma maydalagich

Ushbu turdagi maydalagich yuqori aylanish tezligidan foydalangan holda materialni maydalaydi. Material maydalagichning yuqori qismidan kiritiladi. Maydalash kamerasining ichida pichoqli rotor joylashgan bo'lib, u yuqori tezlikda aylanish orqali biomassa zarrachalariga mexanik kuchlar — kesish va urilish ta'sirini o'tkazadi. Biomassa kamera ichiga kirgach, maydalagich pichoqlari materialni kesadi va hosil bo'lgan mayda zarrachalar markazdan qochma kuch ta'sirida maydalagich devorlariga otiladi. Maydalagich devori setkali tuzilishga ega bo'lib, u zarrachalarni ma'lum o'lchamga yetguncha ichkarida ushlab turadi. Maydalanish darajasi yetarli bo'lgan zarrachalar chiqishga yo'l oladi. Quyidagi 2.8-rasmda markazdan qochma maydalagichning sxematik ko'rinishi berilgan.



(1) rotor, (2) aylanma val, (3) maydalash kamerasi, (4) markaziy bo‘shliq, (5) yuklash kanali, (6) ko‘p kanalli yuklash moslamasi va (7) asosiy kanallar.

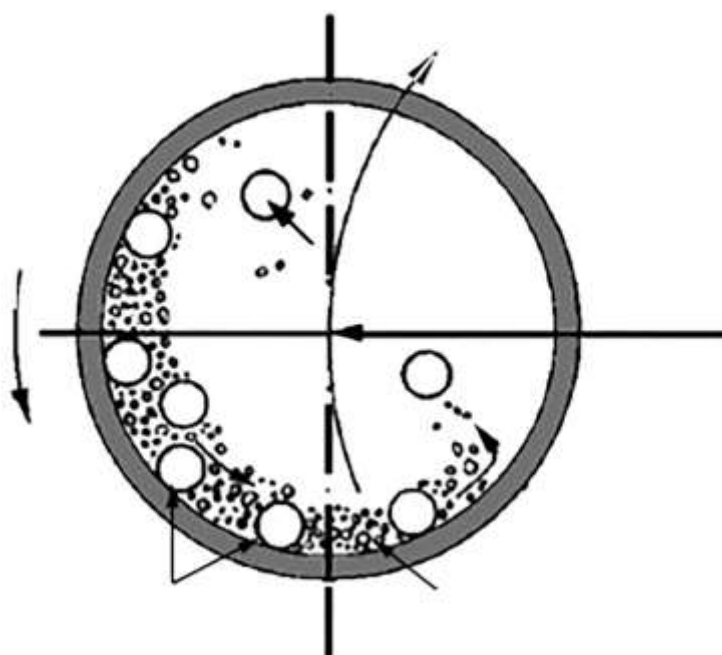
2.8-rasm. Markazdan qochma maydalagich.

Ivanchenko va hammualliflar [31] ushbu maydalash texnologiyasini biogaz ishlab chiqarish uchun o‘simlik chiqindilari va oqava suv cho‘kindilari aralashmasiga ishlov berish tadqiqot natijalariga ko‘ra, fermentatsiya muddati 25 kundan 12 kungacha qisqargan hamda biogaz ishlab chiqarish hajmi 41 % ga oshgan. Boshqa tadqiqotchilar esa ushbu jarayondan bioetanol ishlab chiqarishda biomassadagi qattiq zarrachalar miqdorini oshirish maqsadida foydalanganlar. Eng kichik zarracha o‘lchami ($\geq 2,5$ mm) qo‘llanilganda glyukoza hosildorligi 16,9 % ni tashkil etgan bo‘lib, bu katta zarrachalar ishlatilgan holatga nisbatan yuqoriroq natija bergan. Bundan tashqari, qattiq zarracha miqdorini 10 % dan 35 % gacha oshirish natijasida glyukoza konsentratsiyasi 460 % ga ortgani aniqlangan.

Bosqichli maydalash uskunalari

Erkin o‘rnatilgan maydalovchi elementlarga ega bo‘lgan maydalagichlar - bu bosqichli ishlaydigan mashinalar bo‘lib, ular biomassani namlik darajasidan qat‘iy nazar maydalash uchun qo‘llanilishi mumkin. Sharli kamera (baraban) bunday maydalagichlarning asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, unga ma‘lum miqdorda biomassa

va maydalovchi elementlar (odatda po‘lat sharlar yoki valikchalar) yuklanadi. Shundan so‘ng yopiq kamera aylana boshlaydi va sekin aylanayotgan silindr ichidagi maydalovchi elementlar biomassani yuqoridan pastga tushish jarayonida urilish hamda bosim kuchlari ta‘sirida maydalaydi. Shuningdek, biomassa elementlar orasidagi ishqalanish va elementlar bilan korpus orasidagi ishqalanish hisobiga ham maydalanadi. Bu turdagi maydalagichlar uzluksiz rejimda emas, balki bosqichli, ya‘ni tayyor mahsulot doimiy emas ma‘lum jarayon tugagandan so‘ng olinadi. 2.9-rasmda erkin elementli maydalash kamerasing sxemasi va jarayonda ishtirok etuvchi kuchlar keltirilgan.



2.9-rasm. Markazdan qochma maydalagich silindrlaridan birida begona zarra harakatlanish sxemasi: Maydalash kamerasing ichida qurilma elementlari va biomassa joylashgan. Katta strelkalar asosiy kuchlar va harakat yo‘nalishlarini ko‘rsatadi: chapda — maydalash silindrlarining aylanishi, markazda — tayanch disklarning aylanishi va o‘ngda — markazdan qochma kuchning ta‘siri.

Sharli maydalagich

Sharlar va xom-ashyo silindr ichiga ma‘lum nisbatda yuklangandan so‘ng silindr markaziy o‘qi atrofida aylana boshlaydi. Maydalash jarayoni silindr va sharlar orasidagi ishqalanish kuchlari, shuningdek, sharlarning o‘zaro to‘qnashuvi natijasida sodir bo‘ladi. Maydalash mexanizmi maydalagichning aylanish tezligiga

bog‘liq bo‘lib, past aylanish tezligida maydalanuvchi material silindr ichida dumalab harakatlanadi. Bu holatda asosiy maydalash mexanizmi sharlar, material va silindr devorlari orasidagi siqilish kuchlari hisoblanadi. Tezlik oshgani sayin markazdan qochma kuch ortadi va material silindr ichida yuqoriroq nuqtaga ko‘tarilib, so‘ng tortishish kuchi ta’sirida pastga qulagan paytda zarba orqali maydalash mexanizmi ham qo‘shiladi. Agar aylanish tezligi juda yuqori bo‘lsa, material devorga “yopishib” qoladi va pastga qulamaydi, natijada faqat nisbatan samarasiz hisoblangan ishqalanish (ishqalanma asosidagi maydalash) sodir bo‘ladi. Ushbu ta’sir yuqoridagi 2.9-rasmda ko‘rsatilgan.

So‘nggi yillarda sharli maydalagich biomassani qayta ishlash jarayonida oldindan mexanik tayyorlash bosqichi sifatida keng qo‘llanilmoqda. Buning sababi nafaqat uning oddiy ishlatilishi, balki mexanokimyoy usuli orqali kimyoviy moddalar bilan birgalikda qo‘llanilganda keyingi jarayonlarning samaradorligini oshirish imkoniyati bilan bog‘liq. Masalan, Xiao va boshq. [32] bambuk qoldiqlariga sharli maydalagich yordamida ishlov berib, fermentativ saxarifikatsiyani oshirishi natijasida biomassaning kristallik darajasi (CrI) 71,3% dan 9,5% gacha kamaygan. Qi va boshq. [33] esa mexanokimyoviy ishlov sifatida guruch somoni va shu somondan olingan “qora likyor” (black liquor) katalizatoridan foydalangan. Natijada glyukoza va ksiloz chiqimlari mos ravishda 52,1% va 66,5% ni tashkil qilgan. Lempiäinen va boshq. [34] esa sulfat kislotasi va sharli maydalagich kombinatsiyasini qo‘llab, tol (salix) biomassasidagi tuzilma o‘zgarishlarini o‘rganish natijasida qaytaruvchi shakarlar chiqimi 14,8% bo‘lib, mexanokimyoviy ishlovsiz variantdagi 1,9 % ga nisbatan sezilarli oshgan. Maydalashdan so‘nggi zarralar hajmi bo‘yicha ushbu texnologiya juda mayda zarrachalar hosil qilish imkonini beradi. Eng kichik o‘lcham 9,66 mm ni tashkil etgan bo‘lsada, odatda sharli maydalagich yordamida olingan zarra o‘lchamlari 20 mm atrofida bo‘lgan.

Sterjenli maydalagich

Ushbu turdagi maydalagichda erkin harakatlanuvchi elementlar sifatida sterjenlar (metall tayoqlar) ishlatiladi. Maydalash kamerasining aylanishi

jarayonida sterjenlar bir-biri bilan va material bilan to‘qnashadi. Natijada asosiy maydalash mexanizmlari — ishqalanish (surtish) va urilish (zarba) hisoblanadi. Biomassani fermentativ qayta ishlash uchun sterjenli maydalagichdan foydalanishga oid manbalar juda kam. Biroq Bai va boshq. [35] ushbu texnologiyani pirolizdan oldingi mexanik tayyorlash bosqichida qo‘llagan. Natijada torrefikatsiya+sterjenli maydalagich kombinatsiyasi biomazut (bioko‘mir) xossalarini, shuningdek, yoqilg‘ining morfologik va tarkibiy ko‘rsatkichlarini yaxshilashda eng samarali natijalarni bergan.

2.2-§ Organik biomassani anaerobik parchalash jarayoni.

Anaerob parchalanish — bu organik chiqindilarning kislorodsiz muhitda bakteriyalar tomonidan gazsimon yoqilg‘iga parchalanish jarayonidir. Jarayon bir necha bosqichda amalga oshib, organik moddalarni ketma-ket ravishda yanada sodda organik birikmalarga ajratadi. Yakuniy mahsulot biogaz bo‘lib, u metan, karbonat angidrid hamda oz miqdordagi is gazlar aralashmasidan iborat. Biogaz, shuningdek, botqoq gazi, kanalizatsiya gazi, yoqilg‘i gazi, nam gaz nomlari bilan ham ataladi. Hindistonda esa u ko‘pincha “gobar gas” deb yuritiladi. Quyidagi 2.1-jadvalda biogaz tarkibidagi asosiy gaz birikmalari va ularning miqdori keltirilgan.

2.1-jadval

Biogaz tarkibi

№	Tashkil etuvchilar	Formulasi	Ulushi, %
1	Metan	CH ₄	50-65
2	Karbonat angidrid	CO ₂	30-45
3	Vodorod	H ₂	1-3
4	Azot	N ₂	0-5
5	Kislorod	O ₂	0.01
6	Vodorod sulfid	H ₂ S	1-2

Anaerob sharoitda bakteriyalar va boshqa organizmlar yordamida ko‘p miqdorda organik moddalarni o‘z ichiga olgan har qanday kanalizatsiya

chiqindilari yoki boshqa chiqindilarni qayta ishlash odatda anaerob parchalash deb ataladi hamda jarayon quyidagi uch bosqichdan iborat:

- (i) gidroliz bosqichi;
- (ii) kislota hosil bo'lish bosqichi;
- (iii) metan ishlab chiqarish bosqichi.

Gidroliz

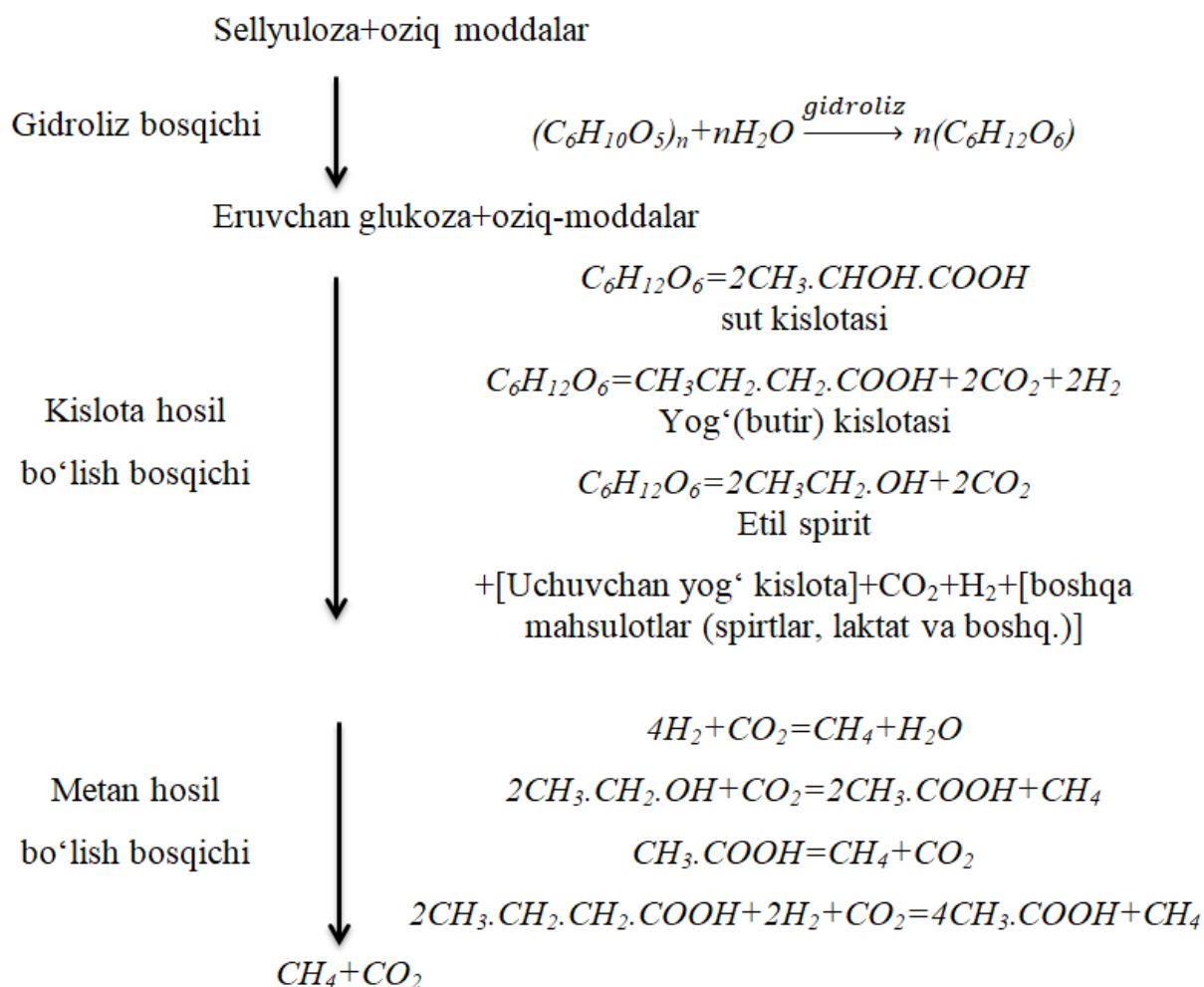
Katta molekulalar fermentlar tomonidan kichikroq molekulalarga bo'linadi, ular esa o'z navbatida bakteriyalar tomonidan parchalanadi. Polisaxaridlar, oqsillar va lipidlar kabi organik moddalar monosaxaridlarga, peptidlarga, aminokislotalarga va yog' kislotalariga aylanadi. Keyin ular atsetat, propionat va butirat kabi organik kislotalarga aylanadi. *Cellulytica* bakteriyalari zanjirning qisqarishi va tarmoqlanishiga yordam beradi. *Cellulytica* bakteriyalar ikki turga bo'linadi: mezofilik (30-40 °C) va termofilik (50-60 °C).

Kislota hosil bo'lishi

Kislota hosil bo'lish fazasi oddiy organik birikmalar uchuvchan yog' kislotalari kabi sodda kislotalarga aylanadigan faza. Sirka kislotasi yog'lar, kraxmallar va oqsillarni parchalashning keng tarqalgan ikkilamchi mahsulotidir. Metan ishlab chiqaruvchi bakteriyalar qat'iy anaeroblar bo'lib, metanni sirka kislotasini fermentatsiyalash orqali metan va karbonat angidrid hosil qilish yoki vodorod yordamida karbonat angidridni metanga qaytarish orqali ishlab chiqarishi mumkin. Sirka kislotasi metanogen bakteriyalar bilan reaksiyaga kirishishi natijasida metan hosil bo'ladi. Metan hosil bo'lishining 70 foizi sirka kislotasi hisobiga bo'ladi.

Metan hosil bo'lishi

Metanogen bakteriyalar sirka kislotasi, etanol, karbonat angidrid va vodorod bilan reaksiyaga kirishib metan hosil qiladi. Metan hosil qiluvchi bakteriyalar sekin ishlaydi — 25 °C da parchalash jarayonini taxminan 14 kun ichida yakunlaydi. Qolgan parchalanmaydigan modda esa “shlam” (slurry) deb ataladi.



2.10-rasm. Anaerobik parchalash jarayonining biokimyoviy tasnifi

Biogaz ishlab chiqarish parchalanishga moyil organik moddalarni energiyaga boy gazga aylantirish uchun turli fizik, kimyoviy va biologik jarayonlarni o'z ichiga oladi. Quyida jarayonga ta'sir etuvchi ayrim parametrlarga to'xtalib o'tamiz.

C/N nisbati

Xomashyoda mavjud bo'lgan uglerod va azot miqdorining nisbati C:N nisbati deb ataladi. Bu parchalash jarayoni uchun qulay muhitni saqlab turishda juda muhim omildir. Uglerod energiya manbai sifatida, azot esa hujayra tuzilmasini shakllantirish uchun ishlatiladi. Anaerob parchalanishning optimal sharoiti 20 dan 30:1 gacha bo'lgan C:N nisbatida kuzatiladi. Bu shuni anglatadiki, bakteriyalar azotga nisbatan uglerodni taxminan 20–30 barobar tezroq iste'mol qiladi.

Agar xom-ashyo tarkibida uglerod juda ko'p bo'lsa, avvalo azot sarflanib tugaydi va uglerod ortib qoladi. Bu esa parchalash jarayonining sekinlashishiga va oxir-oqibat to'xtab qolishiga olib keladi. Aksincha, agar azot miqdori haddan

tashqari ko'p bo'lsa, uglerod tezda tugaydi va fermentatsiya jarayoni to'xtaydi. Ortiqcha azot vodorod bilan birikib ammiak hosil qiladi. Bu esa bakteriyalarni, ayniqsa metan ishlab chiqaruvchi mikroorganizmlarni o'ldirishi yoki ularning o'sishini susaytirishi mumkin.

Harorat

Harorat parchalovchi qurilma (digester) ichida kechadigan reaksiyalar tezligiga bevosita ta'sir qiladi. Atrof-muhit haroratining ko'tarilishi reaksiyalar tezligini oshiradi va shu bilan biogaz ishlab chiqarish hajmi ham ortadi. Metan hosil qiluvchi bakteriyalar eng yaxshi 35-38 °C haroratda faoliyat ko'rsatadi. Gaz ishlab chiqarish 20 °C da kamayishni boshlaydi va 10 °C da to'liq to'xtaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, digester harorati 25 °C bo'lganida 4,25 m³ chorva go'ngidan har kuni 2,25 m³ gaz hosil bo'lgan. Harorat 28,3 °C ga ko'tarilganda esa gaz ishlab chiqarish 50 foizga oshib, kuniga 3,75 m³ ni tashkil etgan.

Saqlanish vaqti

Saqlanish vaqti — bu ma'lum hajmdagi xomashyo biogaz reaktorida qancha vaqt qolishini bildiradi. Boshqacha aytganda, bu vaqt material anaerob jarayon ta'sirida bo'lish muddatidir. Saqlanish vaqti reaktor hajmi/kunlik xom-ashyo miqdori bilan hisoblanadi va kunlarda ifodalanadi.

Anaerob parchalanish sekin kechadi, shuning uchun to'liq parchalanishi uchun materialni reaktorda uzoq vaqt ushlab turish kerak. Hindiston turidagi reaktorlarda xomashyo suv bilan suyultiriladi, shuning uchun qattiq va suyuq moddalar o'rtasida aniq ajratish bo'lmaydi. Bunda bakteriyalar oqava bilan tashqariga chiqadi, shuning uchun qattiq moddalar saqlanish vaqti va gidravlik saqlanish vaqti bir xil bo'ladi.

Yuklash darajasi

Yuklash darajasi — bu reaktor hajmining bir birligiga kunlik kiritilayotgan xom-ashyo miqdori sifatida ta'riflanadi. Agar reaktor ortiqcha yuklansa, kislotalarning to'planishi ortib, kunlik gaz ishlab chiqarishga salbiy ta'sir qiladi. Aksincha, agar reaktor yetarlicha yuklanmasa, bu reaktor dizayn qilingan gaz ishlab chiqarish hajmiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

pH yoki vodorod ionlari kontsentratsiyasi

Gaz ishlab chiqarishni barqaror saqlash uchun reaktorda mos pH oralig'ini ta'minlash zarur. Shlamning pH qiymati parchalsh jarayonining turli bosqichlarida o'zgaradi. Fermentatsiya jarayonining dastlabki kislotasi hosil bo'lish bosqichida pH taxminan 6 yoki undan past bo'ladi va ko'p miqdorda CO₂ ajraladi. Keyingi 2–3 hafta ichida, o'zgaruvchan kislotalar va azot birikmalari parchalanib, CH₄ hosil bo'lgan sari pH oshadi.

Reaktor odatda pH 6,5–7,5 oralig'ida bo'lsa, mikroorganizmlar juda faol bo'ladi va parchalsh jarayoni samarali kechadi. Agar pH 4–6 oralig'ida bo'lsa, bu kislotali deb ataladi; agar pH 9–10 oralig'ida bo'lsa, bu ishqoriy hisoblanadi. Ikkala holat ham metan hosil qiluvchi (metanogen) bakteriyalar uchun zararli hisoblanadi.

Umumiy qattiq modda miqdori

Chorva go'ngi 80–82 % namlikni o'z ichiga oladi. Qolgan 18-20 % esa umumiy qattiq modda deb ataladi. Chorva go'ngi odatda 1:1 nisbatda aralashtiriladi, shunda umumiy qattiq modda miqdori 8-10% ga tushiriladi. Umumiy qattiq modda miqdorini shu tarzda ta'minlash materiallarning tezroq parchalanishiga yordam beradi va biogaz reaktorida turli hosil qoldiqlarini xomashyo sifatida aralashtirishni belgilashga imkon beradi.

Quyidagi 2.2-jadvalda biogaz ishlab chiqarishda zaruriy parametrlarning optimal qiymatlari keltirilgan.

2.2-jadval

Biogaz ishlab chiqarishning optimal parametrlari

Parametrlar	Optimal qiymat
Harorat	30 – 35 °C
pH	6.8 – 7.5
C/N nisbat	20 – 30:1

Qattiq modda miqdori	8 – 10 %
Saqlanish vaqti	20 – 50

2.3-§ Termokimyoviy qayta ishlash texnologiyalari.

Termokimyoviy qayta ishlash bu yuqori haroratlarda sodir bo‘ladigan kimyoviy transformatsiya jarayoni bo‘lib, bog‘lanishlar va organik moddalarning biokarbon (qattiq modda), bioyoqilg‘i (suyuq modda) va sintez gazlariga parchalanishini o‘z ichiga oladi.



2.11-rasm. Biomassani termokimyoviy qayta ishlash texnologiyalari.

Termokimyoviy qayta ishlash jarayonlarining asosan uch turi mavjud: piroliz, gazlashtirish va yoqish (2.11-rasm).

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.

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

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

- 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;

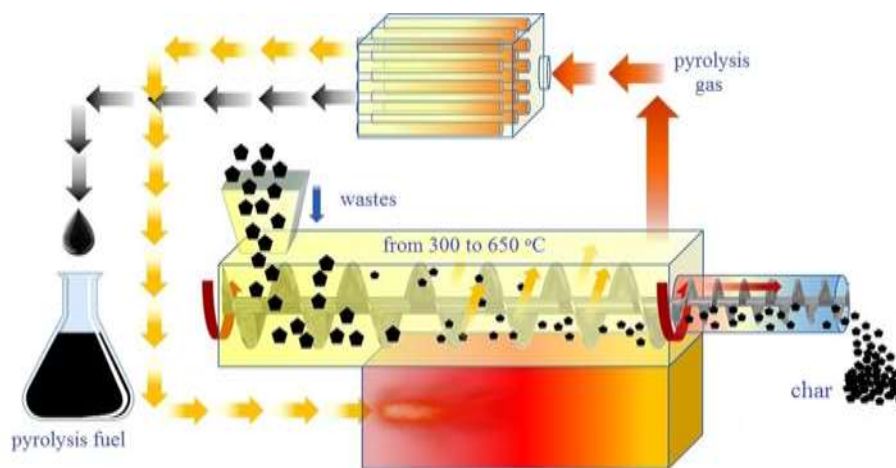
- tuproq va yer osti suvlariga zarar yetkazishi mumkin bo‘lgan xavfli chiqindilarni yo‘qotishda eng maqbul usullardan biri ekanligi;

- 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. 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. Ushbu muammoni hal etishda fizik, kimyoviy 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.

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(2.12-rasm). 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.



2.12-rasm. Piroliz jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi mahsulotlar.

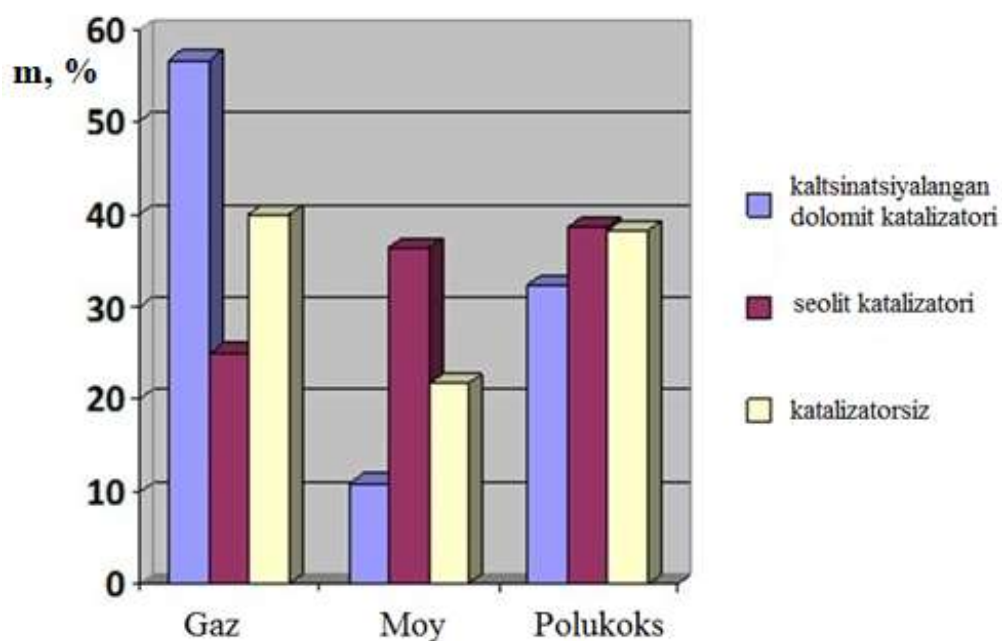
Piroliz odatda materialni/moddani, uning parchalanish haroratidan yuqori haroratda qizdirishdan, uning molekulalaridagi kimyoviy bog‘lanishlarni parchalashdan iborat. Parchalangan qismlar odatda kichikroq molekulalarga aylanadi, ammo yuqori molekulyar massali qoldiqlarni, hatto amorf kovalent qattiq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

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. 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 va dastlabki xom-ashyoni maydalash zaruriyati yo'qligi hisobiga qo'shimcha xarajatlarni talab etmasligi mikroto'lqinli pirolizning asosiy afzalliklari hisoblanadi.

Biroq piroliz(gazlashtirish) natijasida olingan gazdan to'g'ridan-to'g'ri foydalanish imkoniyatini pasaytiradigan sabablar sifatida uning tarkibida metan va boshqa organik birikmalarning mavjudligini keltirish mumkin. Mazkur kamchiliklarni bartaraf etish va jarayon natijasida olinadigan mahsulot miqdorini oshirish maqsadida ko'pgina olimlar turli katalizatorlarni ishlab chiqish ustida ilmiy-amaliy tajribalar olib borishmoqda.



2.13-rasm. Mahsulotlar(gaz, moy, polukoks) hajmini solishtirish diagrammasi[36].

Jumladan, O.Tursunov [36] kaltsinatsiyalangan dolomit va seolitdan katalizator sifatida foydalanib, maishiy chiqindilarni piroliz/gazlashtirish jarayonida ulardan olinadigan gaz miqdoriga ta'sirini o'rgangan. Tajribalar 200–750 °C harorat oralig'ida olib borilgan va natijada hosil bo'lgan 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 [36] o'z tajribasida qo'llagan katalizatorlar natijasida olingan mahsulot hajmining solishtirma diagrammasi yuqoridagi 2.13-rasmda keltirilgan.

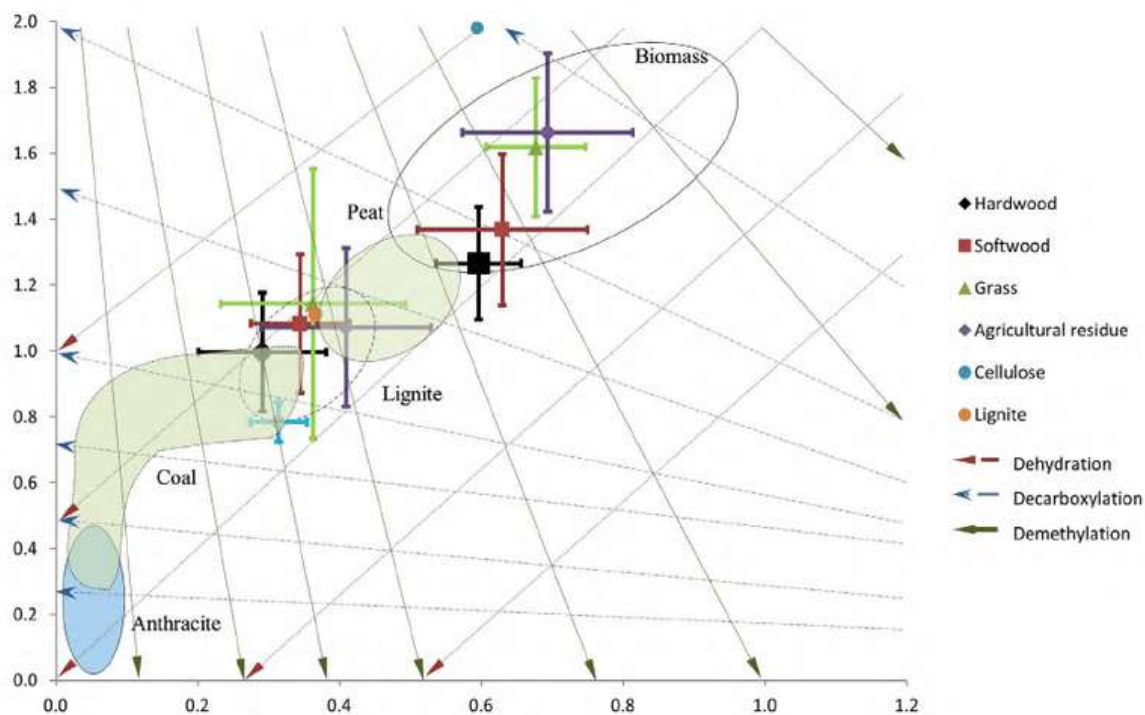
Binobarin, katalizatorlarni qo'llash uchun ular quyidagi afzalliklarga ega bo'lishi kerak:

- 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 zarur;

- 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. 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. 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 H₂O (bug' yoki suv)dan foydalanish kerakligini ko'rsatdi. 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 2.14-rasmda keltirilgan.



2.14-rasm. Turli xom-ashyolar qattiq yoqilg'ilarining asosiy reaksiya chiziq lari (Van Krevelen diagrammasi).

Termokimyoviy jarayonlar orasida gidrotermal ishlov berishning afzalligi nisbatan kichik haroratda biomassani qattiq moddaga aylantirishda yuqori samaradorlikka ega ekanligidir. Gidrotermal karbonizatsiya jarayoni natijasida qattiq gidrokarbonat(gidroko‘mir), suyuq fraksiya va kam miqdorda gaz hosil bo‘ladi. 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. 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.

Gidrotermal karbonizatsiya jarayonida kokos va guruch qipig‘i, qushlar axlati, kokos tolasi va evkalipt yaprog‘i kabi biomassa chiqindilari hamda inson najasi kabi xom-ashyolardan foydalanib bir qancha ilmiy-tadqiqot ishlari o‘tkazilgan. Masalan, R.Spitzer va hammualliflar [37] 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. Bundan tashqari, u energiya samarador texnologiya hisoblanadi.

Bugungi kunda maishiy chiqindilarni qayta ishlash sohasida ma'lum bo'lgan yoqish, kompostlash, piroliz/gazlashtirish va yuqorida keltirilgan gidrotermal karbonizatsiya kabi texnologiyalar bir qancha afzalliklar bilan bir qatorda ma'lum kamchiliklarga ham ega. Bizga ma'lumki, chiqindilar organik (oziq-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. 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. 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, tabiatda quyosh sirtida va chaqmoqda uchratish mumkin. B.Ruj va S.Ghosh [38] 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.

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 elektrodga 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. Elektrodlar orqali o'tayotgan katta tok metall elektrodning 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. 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.

Chiqindilarni utilizatsiya qilishda foydalanib kelinayotgan plazma qurilmalarida keltirilganidek, 2 xil konfiguratsiya(tuzilish)ga ega, ya'ni birinchi holatda gazli muhitda plazmaga aylanuvchi elektr yoyi gorelka 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.

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 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. Olingan energiya asosan plazma generatorlarini elektr energiya bilan ta'minlashda foydalaniladi. Chunki 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.

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;

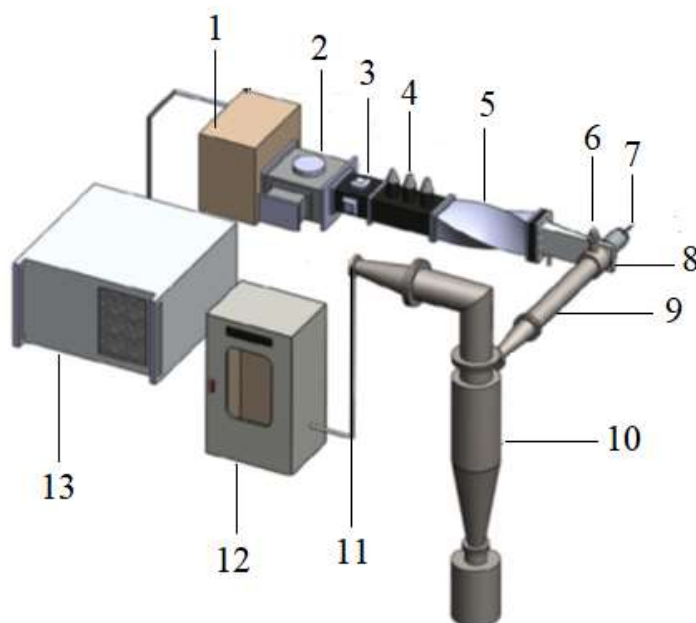
- plazma yordamida reaktorda hosil qilingan oqimning yuqori zichligi qurilmani ishga tushirish va o'chirish vaqtlarini samarali qisqartirish imkonini berishi;

- 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.

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. Masalan, Hong va boshqalar [39] o‘zlarining ilmiy-tadqiqot jarayonida qo‘llagan mikroto‘lqinli plazma gazlashtirishning eksperimental sxemasi quyidagi 2.15-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.

2.15-rasm. Mikroto‘lqinli plazma gazlashtirishning eksperimental sxemasi.

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 [40] 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 [41], S.Yoon va boshqalar [42], W.Tu va boshqalar [43], H.Huang va boshqalar [44] olib borgan tadqiqotlarda materialning sintez gazga aylanish koeffitsienti 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 [42] tadqiqot olib borishdi va shina qoldiqlarining o'lchami ortishi bilan gazlashtirish jarayonida unumdorlik pasayishini aniqlashdi.

P.Rutberg va hammualliflar [45] 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 [46] 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

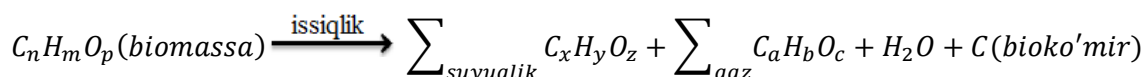
natijasiga yaqinligi va neft mahsuloti qoldiqlaridan olingan natija esa eng past ko'rsatkichga ega ekananligini qayd etishgan.

III BOB. PIROLIZ TEXNOLOGIYASI

3.1-§ Biomassani termokimyoviy qayta ishlashda piroliz texnologiyasidan foydalanish.

Avvalgi bobda ta'kidlanganidek, piroliz jarayoni 300 dan 650 °C gacha harorat oralig'ida sodir bo'lib, natijada biomassadan suyuq, qattiq hamda gaz ko'rinishidagi uch xil mahsulot olinadi.

Piroliz jarayonini quyidagi umumiy reaksiya formulasi orqali ifodalash mumkin:



Biomassa pirolizi jarayoni quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

- namlikning dastlabki bug'lanish jarayoni;
- birlamchi parchalanish;
- ikkilamchi reaksiyalar.

Odatda biomassalar birlamchi parchalanishi 200 – 400 °C harorat oralig'ida qattiq polukoks hosil bo'lishi bilan yuz beradi. Biomassaning asosiy komponentlari hisoblangan gemisellyuloza, sellyuloza va lignin mos ravishda 250 – 350 °C, 325 – 400 °C hamda 300 – 550 °C haroratlarda birlamchi parchalanish jarayoni sodir bo'lishi aniqlangan.

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.

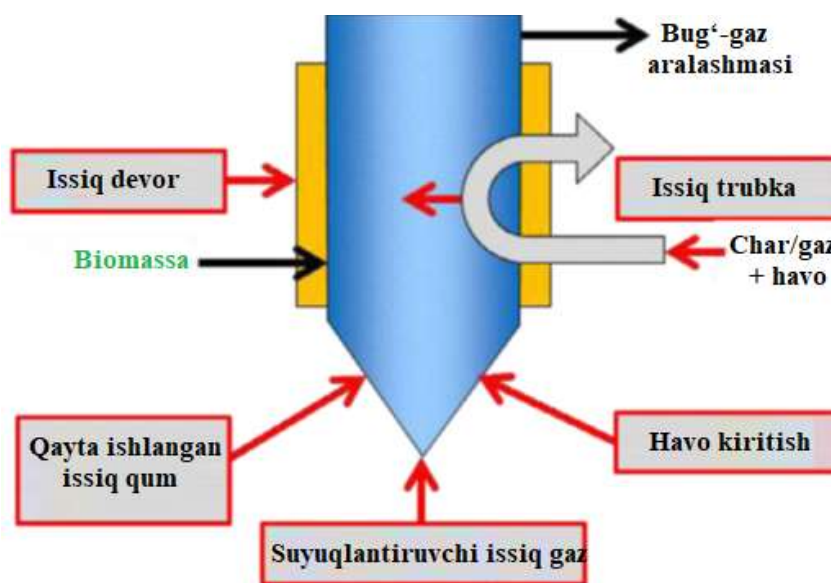
– 100 dan 500 °C gacha bo‘lgan haroratda ko‘plab odatiy organik molekulalar parchalanadi. Ko‘pgina shakarlar 160-180 °C da parchalana boshlaydi. Yog‘och, qog‘oz va paxta matolarining asosiy tarkibiy qismi bo‘lgan selluloza taxminan 350°C da parchalanadi. Yog‘ochning yana bir asosiy komponenti bo‘lgan 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 angidrid (CO₂), 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 NO₂ va N₂O₃ kabi azot oksidlariga aylanishi mumkin. Oltingugurt, 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.

3.2-§ Piroliz reaktori va uning turlari.

Reaktor har qanday piroliz jarayonining asosiy qismi hisoblanadi. Qizdirish tizimi texnologik qurilmaning muhim qismidir. Ushbu maqsadga erishish uchun, qizdirish usuliga qarab (3.1-rasm), so‘nggi ikki o‘n yillikda bir nechta reaktorlar ishlab chiqildi.

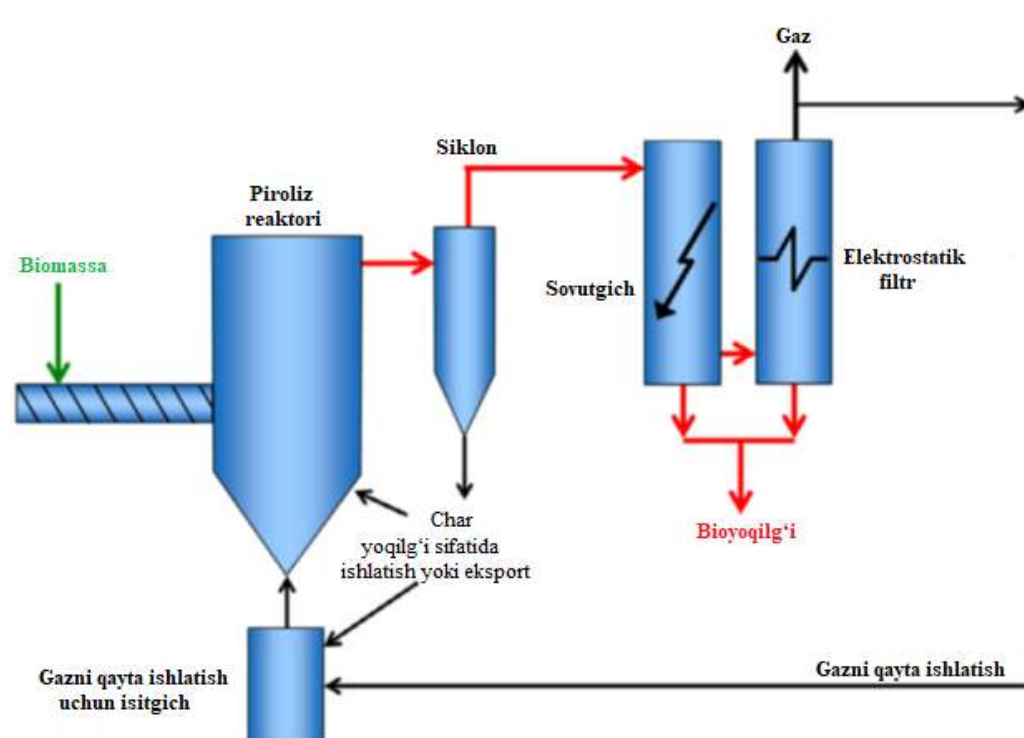


3.1-rasm. Piroliz reaktorlarida turli xil qizdirish usullari.

Pufakchali suyuq qatlamli reaktor

Pufakchali suyuq qatlamli reaktorlarning ishlashi yog‘och biomassasining dastlabki og‘irligidan kelib chiqqan holda, odatda 70-75 % suyuq yoqilg‘i hosil bo‘lishiga mos keladi. Biomassani yuqori qizdirish tezligiga erishish uchun biomassa zarrachalarining o‘lchamlari kichik va 2-3 mm dan kam bo‘lishi kerak. Suyuq qatlamli reaktorlarda zarrachalarning qizdirish tezligi odatda cheklovchi

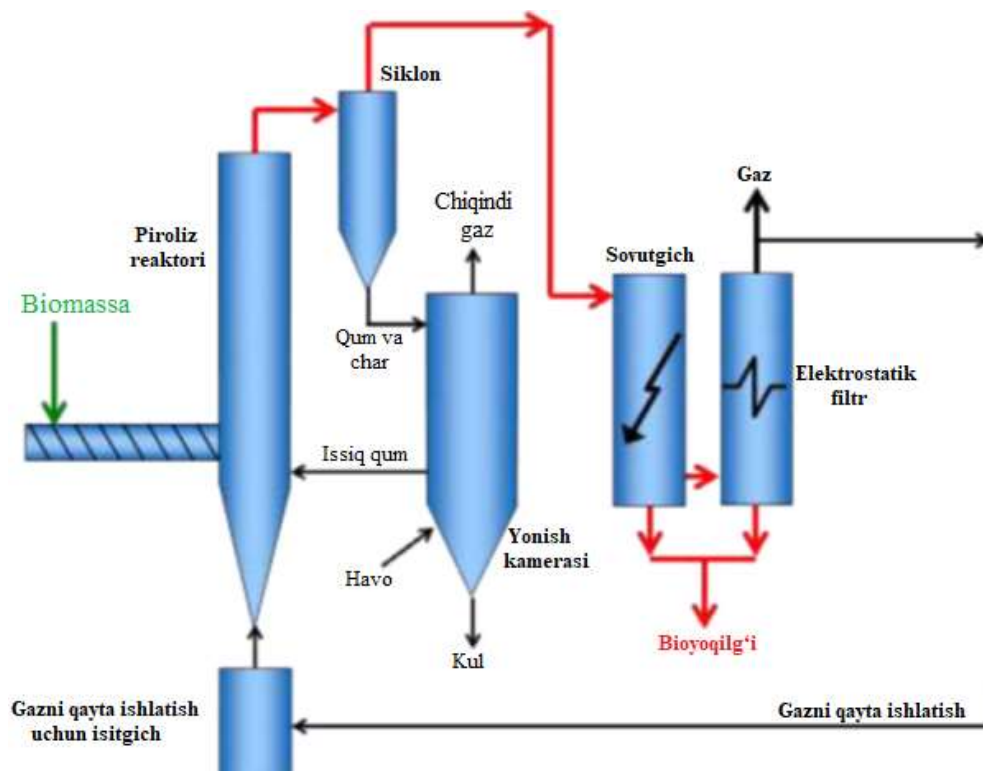
bosqich hisoblanadi. Suyuqlashtiruvchi gaz oqim tezligi qattiq moddalar va bug‘-gaz aralashmasining reaktor ichida qolish vaqtini boshqaradi. Pirolizdan so‘ng, hosil bo‘lgan bioko‘mir bioyoqilg‘idan ajratilishi kerak, chunki u samarali bug‘ parchalanishi katalizatori vazifasini bajaradi. Buning uchun odatda bir yoki bir nechta siklonlarda ajratishdan so‘ng chiqarish va kirish tizimi o‘rnatiladi. Pufakchali suyuq qatlamli reaktorning umumiy sxemasi 3.2-rasmda ko‘rsatilgan.



3.2-rasm. Pufakchali suyuq qatlamli reaktorning umumiy sxemasi.

Aylanma suyuq qatlamli reaktor

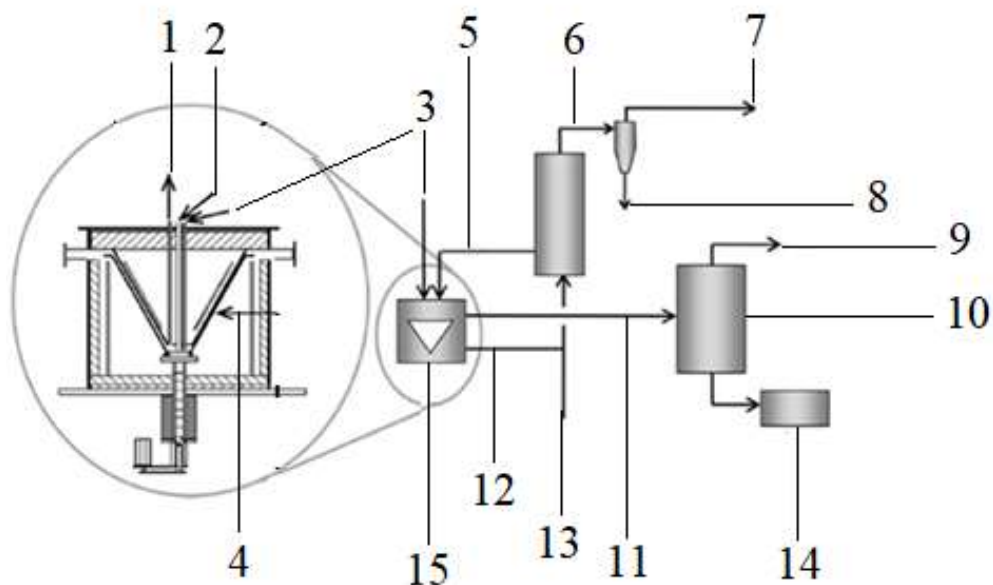
Aylanma suyuq qatlamli reaktor(3.3-rasm)ning ishlash prinsipi yuqorida tavsiflangan reaktornikiga o‘xshash bo‘lib, faqat ko‘mirning qolish vaqti bug‘ va gaz bilan deyarli bir xil. Bundan tashqari, suyuq qatlamli reaktor bilan taqqoslaganda, olingan bioyoqilg‘idagi ko‘mir miqdori yuqoriroq bo‘lishi mumkin. Aylanma suyuq qatlamli reaktorning afzalligi shundaki, u gidrodinamika murakkabroq bo‘lsa ham juda katta o‘tkazuvchanlik uchun mos keladi. Ushbu xususiyatlar tufayli u neft va neft-kimyosanoatida juda yuqori o‘tkazuvchanlikda keng qo‘llaniladi. Ikkilamchi ko‘mir yondirgichidan qizdirilgan qumning qayta aylanishi natijasida issiqlik ta‘minlanadi.



3.3-rasm. Aylanma suyuq qatlamli reaktorning umumiy sxemasi.

Aylanuvchi konus reaktori

Aylanuvchi konus reaktori Tvente universitetida biomassaning tez pirolizi uchun ishlab chiqilgan. Aylanuvchi konus reaktorining dizayni biomassa va issiq inert zarrachalarni intensiv aralashtirishga asoslangan bo'lib, bu biomassaga issiqlikni o'tkazishning eng samarali usuli hisoblanadi. Ushbu reaktordan farqli o'laroq suyuq qatlamli reaktorning issiqlik uzatishi juda ko'p samarasiz inert tashuvchi gazni talab qiladi. Aylanuvchi konus reaktori inert gazlarni talab qilmaydi, shu bilan birga reaktiv qismlari va moy kondensatori, gazni tozalash va boshqalar kabi periferik uskunalarni soddalashtiradi. 1989-yilda aylanuvchi konus reaktorining asl dizayni shunchaki ablativ printsipga asoslangan edi va inert qum ishlatilmasdi. Keyinchalik qum tashiladigan qatlamli aylanuvchi konus reaktori ishlab chiqildi. Pirolizdan so'ng, qum va ko'mir alohida suyuq qatlamga tashiladi hamda u yerda ko'mirning yonishi sodir bo'ladi. Aylanuvchi konus reaktorining sxemasi 3.4-rasmda ko'rsatilgan.

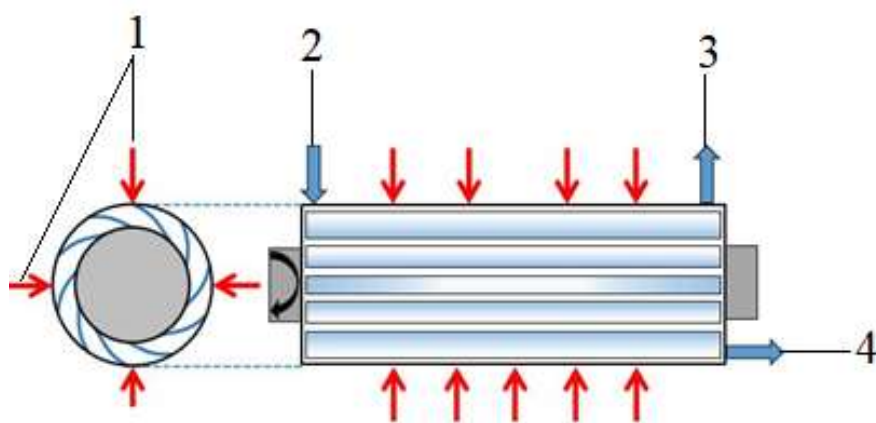


1 – piroliz gazlari va bug‘lari; 2 – qum; 3 – biomassa; 4 – aylanuvchi konus;
 5 – issiq qum; 6 – bioko‘mirli yonish kamerasi; 7 – tutun gaz; 8 – kul; 9 – gaz;
 10 – kondensat; 11 – bug‘lanish; 12 – qum va char; 13 – havo; 14 – bioyoqilg‘i;
 15 – reaktor.

3.4-rasm. Biomassa pirolizi uchun aylanadigan konusli reaktorning sxemasi.

Ablativ reaktor

Ablativ reaktor yuqori hosildorlikdagi bioyoqilg‘i ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Uning ishlash prinsipi biomassaning issiq sirt yuza bo‘ylab ishqalanishi hisobiga issiqlik uzatilishiga bog‘liq (3.5-rasm). Ablativ reaktordagi reaksiya cheklovi biomassa zarrachalari orqali issiqlik uzatish tezligi hisoblanadi. Bosim, issiqlik almashinuvchi yuzasidagi yog‘ochning nisbiy tezligi va harorat reaksiya tezligini boshqaradi. Ablativ reaktordagi pirolizning asosiy xususiyatlari issiq reaktor devoridagi zarrachaning yuqori bosimi, zarracha va reaktor devori orasidagi yuqori nisbiy harakat hamda reaktor devorining harorati hisoblanadi. Bundan tashqari, ushbu reaktorlarda inert gaz talab qilinmaydi.

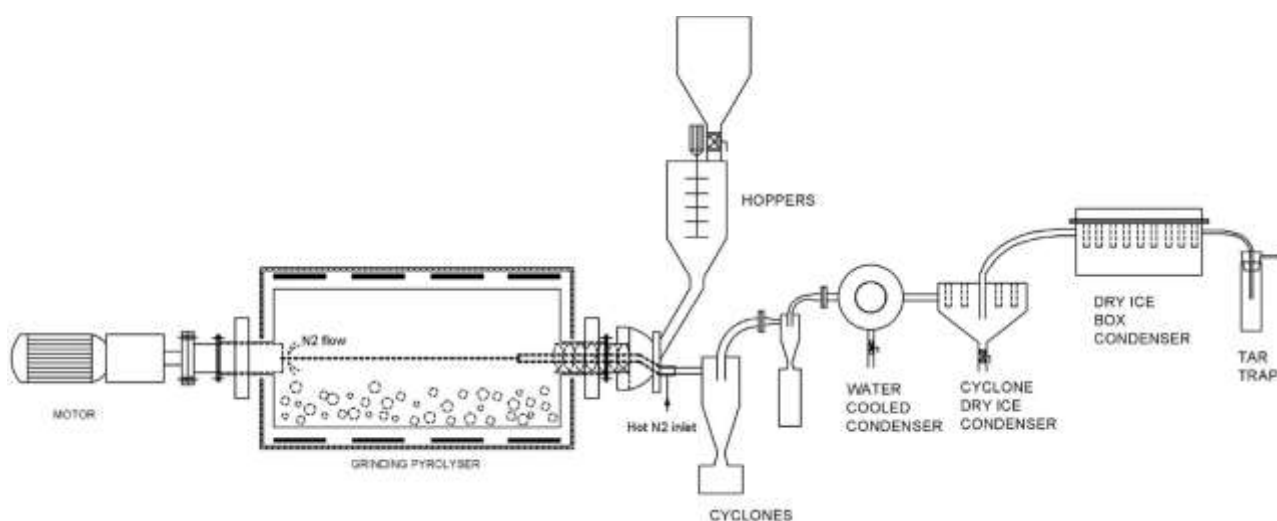


1 – qizdirish; 2 – biomassa; 3 – piroliz bug‘i; 4 – char.

3.5-rasm. Biomassa pirolizi uchun ishlatiladigan ablativ reaktorning sxemasi.

Pirolizni maydalash (Maydalash asosidagi piroliz reaktori)

Pirolizni maydalash texnologiyasining sxemasi quyidagi 3.6-rasmda ko‘rsatilgan. Pirolizni maydalash reaktori ichida biomassaning mo‘rt tashqi qatlami maydalash faolligining ishqalanish kuchi ta‘sirida olib tashlanadi. Bu esa reaktor ichiga to‘ldirilgan turli o‘lchamdagi issiq po‘lat sharlar tomonidan amalga oshiriladi. Mo‘rt qatlam ko‘mir hosil qiladi va piroliz qolgan zarrachalar bilan davom etadi. Piroliz mahsulotlari inert gaz oqimi, shuningdek, piroliz paytida hosil bo‘lgan uchuvchan moddalar va kondensatsiyalanmaydigan gazlar tomonidan reaktor tashqarisiga chiqariladi. Ko‘mir ham uchuvchan moddalar kondensatsiya tizimiga o‘tishdan oldin ajratiladi.

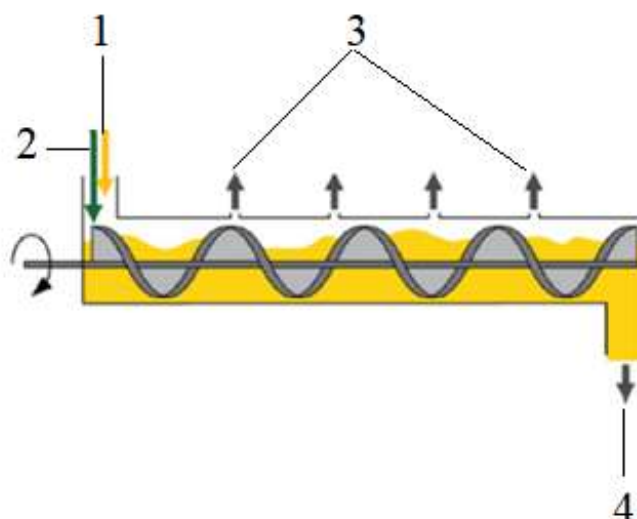


3.6-rasm. Maydalash asosidagi piroliz reaktori sxemasi.

Vint/burama reaktori

Ushbu turdagi reaktor kislorodsiz silindrsimon qizdiriladigan trubkadan iborat bo'lib, unda vintlar biomassani harakatga keltiradi. Vint/burama reaktorining sxemasi 3.7-rasmda ko'rsatilgan. Trubka ichidagi harorat xom-ashyo haroratini piroliz haroratigacha ko'taradi. Uchuvchan moddalarni suyultirish uchun kondensator ishlatiladi. Ushbu reaktorda, bioyoqilg'i va ko'mir mahsulotlarining chiqishi suyuq qatlamli reaktordagiga o'xshash. Vint/burama reaktorlari quyidagi to'rt toifaga bo'linadi:

- yakka vintli laboratoriya reaktorlari (<1 kg/soat);
- yakka vintli katta quvvatli laboratoriya reaktorlari (1 – 15 kg/soat);
- yakka vintli sanoat reaktorlari (>15 kg/soat);
- juft (ikki) vintli reaktorlar.



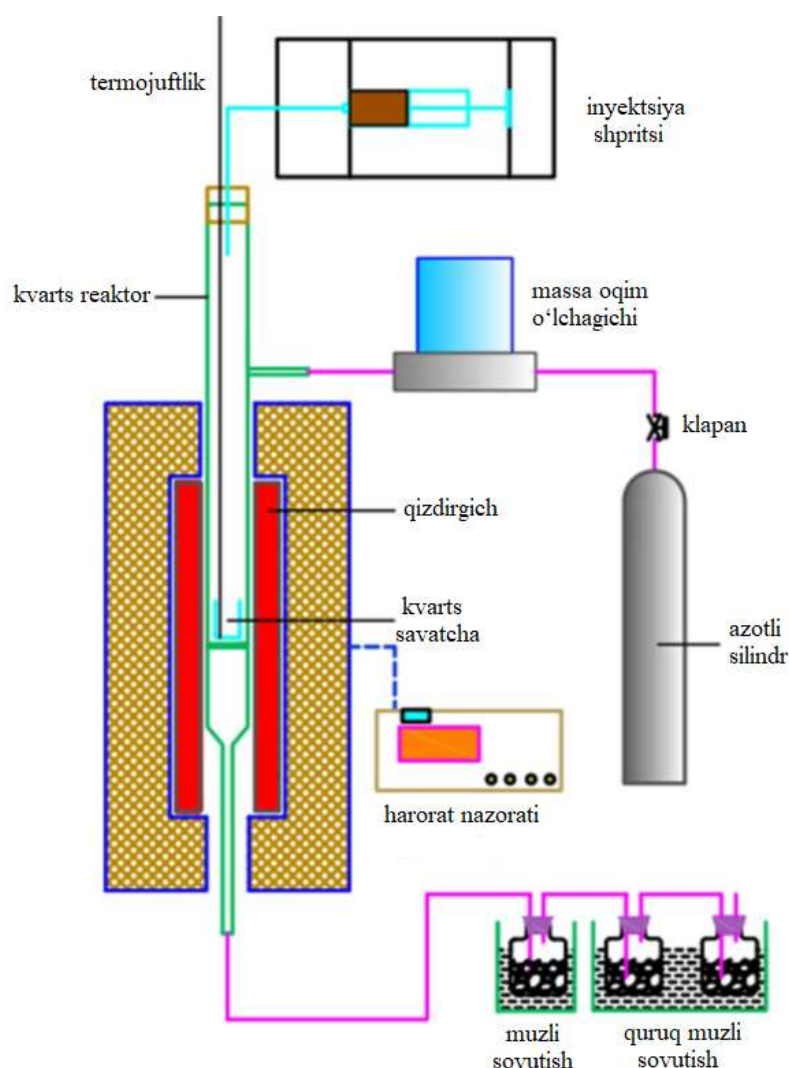
1 – issiq qum; 2 – biomassa; 3 – bug' va gaz; 4 – qum va char.

3.7-rasm. Biomassa pirolizi uchun vint/burama reaktor sxemasi.

Qo'zg'almas qatlamli reaktor

Qo'zg'almas qatlamli reaktorlar soddaligi va osonroq boshqaruv tizimi tufayli laboratoriya miqyosidagi tajribalarda ko'proq qo'llaniladi. Biroq keng miqyosda qo'llanilishini yanada chuqurroq o'rganish kerak, ayniqsa reaktor ichidagi bir xil harorat taqsimoti qo'shimcha tadqiqotlarni talab qiladi. Qo'zg'almas qatlamli reaktor Xiong va boshqalar[47] tomonidan guruch po'stlog'ining pirolizi uchun

ishlatilgan (3.8-rasm). Ularning tadqiqotida koks hosil bo'lishini kuzatish uchun harorat 300 dan 800 °C gacha o'zgartirilib turilgan. Shuningdek, qizdirish tezligi ham o'zgartirilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, sekin qizdirish tezligi va past haroratda hosil bo'lgan koks g'ovak emas balki, silliq yuzaga ega bo'ldi. Biroq qizdirish tezligi yoki haroratni oshirish orqali u g'ovak bo'lib qoldi. Buning sababi yuqori haroratda yoki yuqori qizdirish tezligida ko'proq erkin radikallarning hosil bo'lishi bo'lib, bu katta molekularning, ayniqsa aromatik moddalarning kondensatsiya reaksiyasini kuchaytirdi.



3.8-rasm. Xiong va boshqalar tadqiqotida qo'llanilgan kvartsli qo'zg'almas qatlamli reaktorning sxematik diagrammasi.

Quyidagi 3.1-jadvalda biomassa pirolizida ishlatiladigan turli xil reaktorlarning afzalliklari va kamchiliklari keltirilgan.

3.1-jadval

Biomassa pirolizi uchun turli reaktorlarning afzallik va kamchiliklari

Reaktor turi	Afzalligi	Kamchiligi
Pufakchali suyuq qatlamli reaktor	Yuqori bioyoqilg‘i hosildorligi Haroratning bir tekis taqsimlanishi Issiq nuqtalarning hosil bo‘lmasligini ta‘minlaydi Katalizator osongina almashtiriladi yoki qayta tiklanadi. Boshqa katalitik reaktorlarga qaraganda gaz va qattiq moddalarning samaraliroq o‘zaro kontakti.	Kulning birikishi xavfi Biomassa zarrachalari o‘lchamining chegaralanishi
Aylanma suyuq qatlamli	Yuqori o‘tkazuvchanlik Zarrachalarni bir xil aralashtirish Haroratning bir xil o‘zgarishi Reaktorni doimiy rejimda ishlatish imkoniyati	Ichki komponentlarning eroziyasi Bosim yo‘qolishlari Reaktor hajmining oshishi Nasos qurilmasiga extiyoj va bosimning pasayishi Mayda zarralarning oqim bilan qatlamdan ajralib chiqib ketishi Zamonaviy bilimlarning yetarli emasligi
Aylanuvchi konus	Issiqlik uzatishning yuqori samaradorligi Inert gazning zaruriyati yo‘qligi	Yuqori energiya sarfi
Ablativ	Katta zarrachalardan foydalanish mumkin Inert gaz talab qilinmaydi Zarralarning reaktorda qolish vaqtini nazorat qilish imkoniyati Tizimning intensivligi Yaxshi issiqlik uzatish	Reaksiya tezligi reaktorga issiqlik uzatish bilan cheklangan Masshtablashtirish uchun xarajatning yuqoriligi Yuqori gaz sarfi va ishlab chiqarishni suyultirish

3.1-jadval davomi

Maydalash asosidagi piroliz reaktori	Biomassa zarrachalari o'lchamining keng doirasi Masshtablashtirishning osonligi	Reaktor quvurlarining tiqilib qolish xavfi Organik moddalarning past darajada hosil bo'lishi Bioyoqilg'i tarkibida suv miqdorining yuqoriligi
Vint/burama	Piroliz haroratining pastligi Konstruksiyaning ixcham va oddiyliги Tashuvchi gaz va suyuqlanishning yo'qligi Yuqori sifatli ko'mir hosil bo'lishi	Reaktor quvurlarining tiqilib qolish xavfi Bioyoqilg'ining past hosildorligi Issiq zonada harakatlanuvchi qismlar Cheklangan issiqlik uzatish
Qo'zg'almas qatlamli	Laboratoriya sharoitida foydalanish afzalroq; Konstruksiyasining oddiyliги; Reaktordan olingan natijalarning davomiyligi	Sanoatlashtirish imkoniyatining pastligi; Uglerodning yuqori miqdorda hosil bo'lishi; Qayta ishlash jarayoni uzoq vaqtni talab qiladi

3.3-§ Biomassa pirolizidan olinadigan energetik mahsulotlar.

Biomassa pirolizi murakkab jarayon bo'lib, biomassa tarkibi, reaksiya parametrlari, asosiy komponentlarning reaksiya yo'llari va boshqalar bilan belgilanadi. Piroliz natijasida suyuq (smola, og'ir uglevodorodlar va suv), qattiq (uglerod, bioko'mir) va gaz (CO_2 , C_2H_4 , CO va hk.) holatdagi uch xil mahsulot olinadi (3.9-rasm). Olingan mahsulotlarning miqdorlari dastlabki xom-ashyo (biomassa) turi, o'lchami, namligi, jarayon harorati, qo'shimcha agent sifatida foydalanilgan inert gaz (azot, geliy va boshq.) turi va boshqa sabablarga bog'liq. Quyida jarayon natijasida olinadigan uch xil mahsulotga qisqacha to'xtalib o'tamiz.



3.9-rasm. Piroliz natijasida hosil bo‘ladigan mahsulotlar.

Bioko‘mir

Bioko‘mir biomassaning pirolizi natijasida olingan qattiq mahsulotdir. U turli xil maqsadlarda foydalanish uchun universal va asosan uglerod birikmalaridan tashkil topgan kimyoviy hamda fizik tuzilishga ega bo‘lgan uglerodli materialdir. Uning kimyoviy tarkibi asosan xom-ashyo va ishlab chiqarish sharoitlariga qarab 40% dan 90% gacha ugleroddan, shuningdek, vodorod, azot, kislorod hamda ishqoriy va ishqoriy yer metallari kabi noorganik elementlardan iborat. Bundan tashqari, biokomir yuzasida gidroksil, karboksil va boshqa kislorodli guruhlar kabi turli xil funksional guruhlarga ega.

Bioko‘mirning tuzilishi asosan amorf bo‘lib, mikrokristalli uglerod xususiyatlariga ega. Bu uni sezilarli darajada g‘ovakli bo‘lishiga va natijada suvni tozalash, energiyani saqlash hamda kompozit materiallarda qo‘shimcha sifatida qo‘llash imkoniyatini beradi. Bioko‘mirning tarkibi va tuzilishi biomassa turi va piroliz sharoitlariga bog‘liq. Bioko‘mirning g‘ovakligi va sirt morfologiyasi harorat hamda xom-ashyoning reaktorda o‘rtacha qolish muddati kabi piroliz sharoitlarining mexanik va funksional xususiyatlariga ta’siri bilan belgilanadi. Masalan, harorat 600 °C gacha kichikroq aromatik halqalar hosil bo‘lishi bilan almashtirish guruhlarining ajralib chiqishi tez sodir bo‘ladi. Harorat yuqoriroq bo‘lganda, kattaroq aromatik halqalarning kondensatsiyasi erkin radikallar konsentratsiyasini pasaytiradi, bu esa bioko‘mirning murakkabroq va kamroq reaktiv tuzilishini ko‘rsatadi.

Quyidagi 3.10-rasmda bioko‘mirning turli sohalarda qo‘llanilishi ko‘rsatilgan. Bioko‘mir piroliz bug‘larini parchalash, mahsulot taqsimlanishini yaxshilashi va vodorod hosil bo‘lishini oshirish bilan birga CO₂ kabi keraksiz birikmalarning hosil bo‘lishini kamaytirishi mumkinligi uni pirolizda katalizator sifatida foydalanish imkoniyatlarini oshiradi. Bundan tashqari, bioko‘mir sirt maydoni va g‘ovakligini oshirish uning ifloslantiruvchi moddalar hamda ozuqa moddalari uchun adsorbsiya qobiliyatini optimallashtirish bilan birga og‘ir metallar va organik ifloslantiruvchi moddalarning adsorbsiyasi kabi muayyan qo‘llanilishlarda reaktivlikni oshiradi.



3.10-rasm. Pirolizdan olingan bioko‘mirning turli xil sohalarda qo‘llanilishi.

Bioko‘mir tuproqni qayta tiklashda ham bir qator afzalliklarga ega. Katta sirt maydoni va g‘ovakli tuzilishi tufayli u ifloslangan tuproqlardan potentsial zaharli elementlarni ushlab qolish imkonini beruvchi adsorbsion xususiyatlarga ega. Xuddi shunday, bioko‘mir tuproq, suvni ushlab turishni yaxshilash va mikrobial faollikni rag‘batlantirish orqali tuproq unumdorligini oshiradi hamda bu qishloq xo‘jaligida yuqori hosildorlikka olib kelishi mumkin. Bioko‘mirning g‘ovakli tuzilishi foydali mikroorganizmlarni o‘ziga tortish orqali, tuproq biologik xilma-xilligi va ekinlar hosildorligini oshiradi. Uning barqaror uglerod bog‘lanishi atmosferadagi CO₂ miqdorini kamaytiradi va bu uni ekologik toza tuproq qo‘shimchasiga aylantiradi. Bioko‘mir tuproq va suvdagi og‘ir metallar hamda pestitsidlarni filtrlash orqali

atrof-muhitga foyda keltiradi. Kaliy miqdori yuqori bo'lgan bioko'mir kaliy yetishmaydigan yoki an'anaviy o'g'itlash barqaror bo'lmagan tuproqlarning xususiyatlarini yaxshilashi mumkin. Bioko'mir uzoq muddatli tuproq zichligini, pH qiymatini va organik uglerod miqdorini yaxshilaydi. Shuningdek, u qurg'oqchilik sharoitida suvsizlik tufayli zararlangan tuproq xususiyatlarini yaxshilaydi. Bundan tashqari, bioko'mir patogen zamburug'larning o'sishini cheklash orqali tuproq zararkunandalari bilan kurashishi natijasida sog'lom ekinlar va kamroq ekin kasalliklari paydo bo'lishini ta'minlaydi.

Bioyoqilg'i

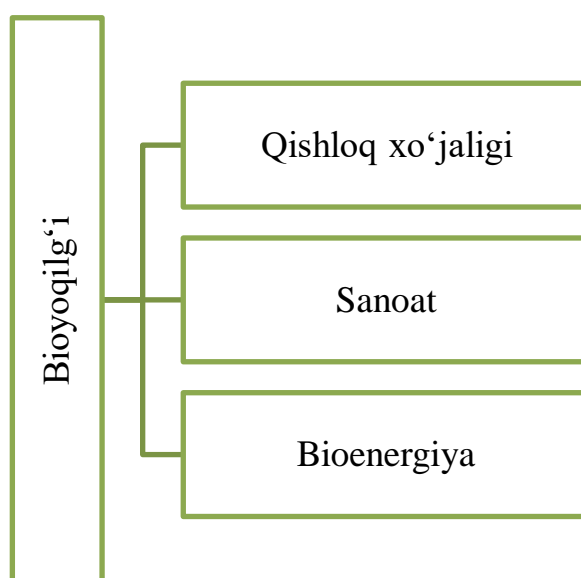
Bioyoqilg'i biomassa pirolizidan olingan mahsulot sifatida to'q jigarrang organik suyuqlik hisoblanadi. Biomassa pirolizida selluloza, gemisellyuloza va ligninning bir vaqtda parchalanishi va depolimerlanishi natijasida bioyoqilg'i hosil bo'ladi. Quruq biomassa pirolizidan olinadigan bioyoqilg'i miqdori reaksiya sharoitlariga qarab 50 –70 % ni tashkil qiladi.

Biomassa pirolizi natijasida hosil bo'lgan bioyoqilg'i - bu spirtlar, fenollar, aldegidlar, ketonlar, murakkab va oddiy efirlar, uglevodorodlar hamda aromatik moddalar toifalariga guruhlangan 400 dan ortiq turli xil kimyoviy birikmalarni o'z ichiga olgan murakkab aralashma bo'lib, uning tarkibi biomassaning tarkibiy tuzilishiga bog'liq. U kislotalar, spirtlar, gwayakol, siringollar, aldegidlar, efirlar, ketonlar, fenollar, furan, kislorodli aromatik birikmalar va shakarlarni o'z ichiga oladigan selluloza, gemisellyuloza hamda lignin kabi biomassa komponentlarining termik parchalanishi natijasida yuzaga keladi. Piroliz jarayonining sharoitlari, xususan, harorat, qizdirish tezligi, reaksiya vaqti va ishlatiladigan katalizator turi bioyoqilg'i tarkibiga ta'sir qiladi.

Bioyoqilg'i tarkibidagi uglevodorodlarning ulushi harorat 400 °C dan 700 °C gacha oshishi bilan kamayadi. Karboksil kislotalarning miqdori 500 °C da nisbatan o'zgarmas bo'lsada, biroq boshqa haroratlarda o'zgarib turadi. Bioyoqilg'ining sifati va hosildorligi biomassaning kimyoviy tarkibi kabi ta'sir qiluvchi muhim omillar bilan bog'liq. Masalan, qishloq xo'jaligi qoldiqlari, yog'och biomassasi, qoramol go'ngi, maishiy qattiq chiqindilar va plastmassa turli xil kimyoviy hamda

fizik xususiyatlarga ega bioyoqilg'ilarni berishi mumkin. Gemisellyuloza miqdori yuqori bo'lgan biomassa shakar va fenol birikmalarining miqdori yuqori bo'lgan, aksincha, ligninga boy biomassa aromatik hamda fenol birikmalarining miqdori yuqori bo'lgan bioyoqilg'ilarni ishlab chiqarishi mumkin.

Bioyoqilg'i qayta tiklanadigan energiya manbai sifatida istiqbolli hisoblanadi. U elektr energiyasi ishlab chiqarish, isitish va sanoatda qazilma yoqilg'ilarni almashtirishi mumkin. Bioyoqilg'i biodizelga qayta ishlanishi yoki polimerlar va farmatsevtika uchun kimyoviy moddalar ishlab chiqarishda foydalanilishi mumkin. Biroq, uning kislotaliligi va o'zgaruvchanligi ulardan foydalanish imkoniyatlarini murakkablashtiradi. Bioyoqilg'i biokimyoviy moddalar, qatronlar, yopishtiruvchi moddalar, erituvchilar, qo'shimchalar, biopolimerlar va bog'lovchi moddalar uchun suyuq yoqilg'i hamda xom-ashyo sifatida ishlatiladi. Biroq ularning xususiyatlarini optimallashtirish jarayonlarni takomillashtirishni talab qiladi. Quyidagi 3.11-rasmda bioyoqilg'ining turli xil qo'llanilishi ko'rsatilgan.

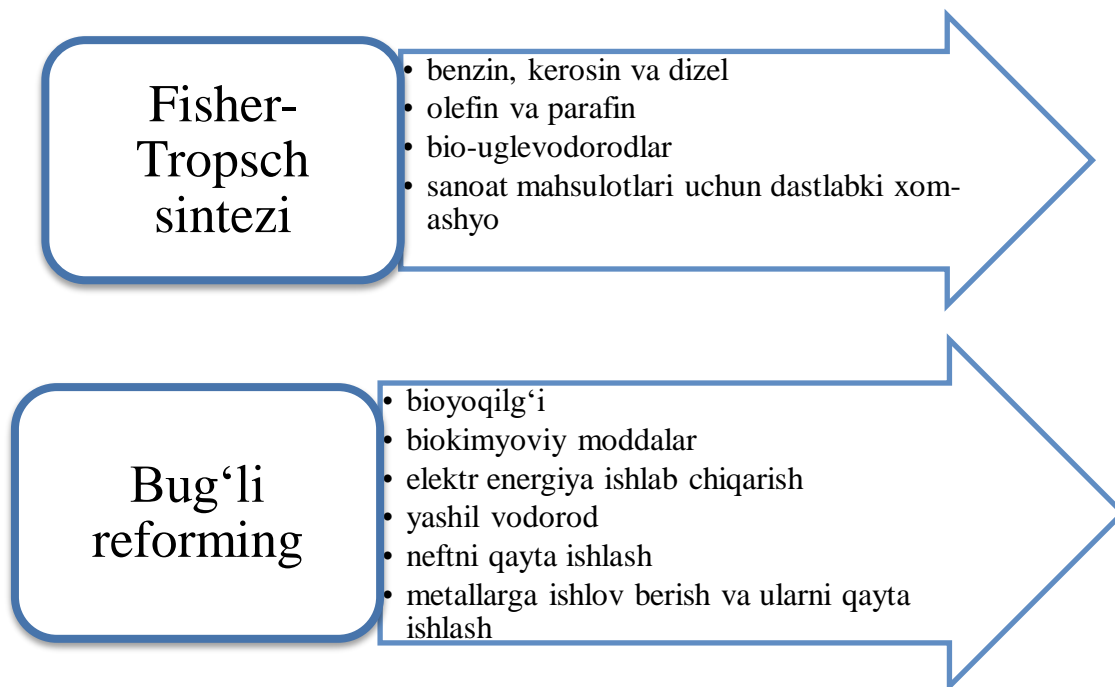


3.11-rasm. Pirolizdan olingan bioyoqilg'ining turli xil qo'llanilish sohalari.

Piroliz gazi (pirogaz)

Biomassa pirolizi jarayonida hosil bo'lgan kondensatsiyalanmaydigan gaz piroliz gazi deb ataladi. Bu biomassaning termik parchalanishi natijasida hosil bo'lgan turli xil doimiy gazlarning murakkab aralashmasi bo'lib, uning tarkibi

biomassaning xususiyatlari va piroliz jarayonining harorat, reaktorda o‘rtacha qolish muddati, qizdirish tezligi hamda katalizatorlar kabi parametrlari bilan belgilanadi. Gazsimon mahsulotlarning chiqishi piroliz haroratining ko‘tarilishi bilan ortadi. Piroliz gazining asosiy komponentlari bo‘lib CO, H₂, CH₂, etan, etilen, asetilen va propan hisoblanadi. Jarayon harorati 500 °C dan ortsa gaz chiqishining ortishiga, harorat pasaysa gaz chiqishining kamayishiga olib keladi. Xuddi shuningdek, yuqori haroratlar va katalizatorlar qo‘shilishi bilan H₂ ga boy gazlarning hosil bo‘lishi ortsa, past haroratlarda CO va CO₂ gazlari ustunlik qiladi. Bundan tashqari, biomassa ligninining tezlashtirilgan depolimerizatsiyasi CH₂ ning hosil bo‘lishiga olib keladi. Hosil bo‘lgan gazlar piroliz jarayonida o‘zidan issiqlik ajratib chiqarishi mumkin. 3.12-rasmda piroliz natijasida olingan gazning qo‘llanilishi ko‘rsatilgan. Piroliz gazi isitish, elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqarish, metall eritish va kimyo sanoatida ishlatiladi. Shuningdek, metanol va vodorod kabi sintetik yoqilg‘ida ishlaydi va yashil energiyaning rivojlanishiga hissa qo‘shadi. Piroliz gazi tabiiy gazga qaraganda pastroq energiya zichligiga ega.



3.12-rasm. Pirolizdan olingan piroliz gazining turli xil qo‘llanilish sohalari.

IV BOB. GAZIFIKATSIYA TEXNOLOGIYASI

4.1-§ Biomassani qayta ishlashda gazifikatsiya texnologiyasidan foydalanish.

Gazifikatsiya – bu yuqori haroratda (750–900 °C oralig‘ida) gazlashtiruvchi vosita (bug‘, havo, kislorod yoki ularning aralashmasi) ishtirokida sodir bo‘ladigan qisman termal oksidlanish bo‘lib, u biomassa bilan reaksiyaga kirishib, asosan H₂, CO, CH₄ va CO₂ dan, shuningdek, oz miqdordagi qattiq mahsulot (char), noorganik ifloslantiruvchi moddalar (asosan H₂S va HCl) va organik ifloslantiruvchi moddalardan (smola) iborat gazsimon mahsulotni hosil qiladi. Yakuniy noorganik birikmalar miqdori biomassa kirish xususiyatlariga bog‘liq, masalan, kirishdagi S va Cl konsentratsiyalari iloji boricha past bo‘lishi tavsiya etiladi. Gazlashtiruvchi vosita yakuniy gaz tarkibiga ta’sir qiluvchi omillardan biri bo‘lib (4.1-jadval), bug‘ eng yuqori H₂ miqdorini va eng yuqori past issiqlik qiymatini (LHV) ta’minlaydi, havo esa kirishdagi N₂ miqdori yuqori bo‘lgani uchun past sifatli sintez gazini ta’minlaydi.

4.1-jadval.

Gazlashtiruvchi vositalarning gaz mahsulotlari tarkibiga ta’siri

Gazlashtiruvchi vosita	H ₂ (%mol)	CO ₂ (%mol)	CO (%mol)	CH ₄ (%mol)	N ₂ (%mol)	LHV (MJ/kg)
Havo	3–13	10–18	5–28	0–7	40–50	4–6
Kislorod	20–30	25–40	20–30	5–10	0–1	7–8
Bug‘	30–50	8–25	20–40	6–15	0–1	9–11

Biomassa gazifikatsiyasining kimyoviy reaksiyalari ancha murakkab. Jarayonda ishtirok etadigan reaksiyalar 4.2-jadvalda keltirilgan va gazlashtirish bosqichlari quyidagicha umumlashtirilishi mumkin:

– *Quritish.* 100-200 °C da sodir bo‘ladigan quritish bosqichi biomassaning namlik miqdorini 5 % dan past darajagacha tushiradi.

– *Uchuvchan moddalarni yo‘qotish (piroliz).* Bu bosqichda biomassaning kislorod yoki havosiz muhitda termal parchalanishi sodir bo‘ladi. Natijada

biomassadan uglevodorod gazlari ajralib chiqishi bilan uchuvchi modda kamayadi va keyin qattiq ko‘mirga aylanadi.

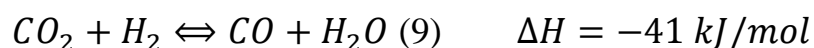
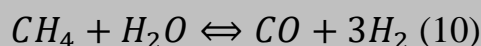
– *Oksidlanish.* Bu bosqichda qattiq karbonlangan biomassa va havodagi kislorodning reaksiyasidan CO₂ hosil bo‘ladi. Biomassada mavjud bo‘lgan H₂ suv hosil qilish uchun oksidlanadi. Agar kislorod substexiometrik miqdorda mavjud bo‘lsa, CO₂ hosil bo‘lishi bilan uglerodning qisman oksidlanishi sodir bo‘lishi mumkin.

– *Qaytarilish/tiklanish.* Yuqori harorat (800–950 °C) va kislorodsiz muhit (yoki substexiometrik mavjudlikda) da suv-gaz reaksiyasi, Buduard reaksiyasi, suv-gaz almashinish reaksiyasi va metan hosil bo‘lish reaksiyasi kabi bir nechta qaytarilish/tiklanish reaksiyalari sodir bo‘ladi.

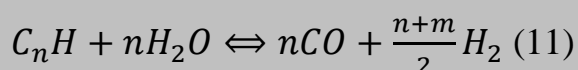
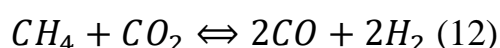
4.2-jadval.

Gazifikatsiya jarayonidagi kimyoviy reaksiyalar

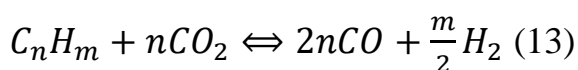
Oksidlanish reaksiyasi	
<i>Uchuvchi moddalar</i>	<i>Char</i>
$CO + \frac{1}{2}O_2 \Leftrightarrow CO_2$ (1)	$C + \frac{1}{2}O_2 \Leftrightarrow CO$ (2)
$\Delta H = -283 \text{ kJ/mol}$	$\Delta H = -111 \text{ kJ/mol}$
$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \Leftrightarrow HO_2$ (3)	$C + O_2 \Leftrightarrow CO_2$ (4)
$\Delta H = -242 \text{ kJ/mol}$	$\Delta H = -394 \text{ kJ/mol}$
Buduard reaksiyasi	
$C + CO_2 \Leftrightarrow 2CO$ (5) $\Delta H = -172 \text{ kJ/mol}$	
Suv-gaz reaksiyasi	
<i>Birlamchi</i>	<i>Ikkilamchi</i>
$C + H_2O \Leftrightarrow CO + H_2$ (6)	$C + 2H_2O \Leftrightarrow CO_2 + 2H_2$ (7)
$\Delta H = -131 \text{ kJ/mol}$	$\Delta H = -90 \text{ kJ/mol}$
Metan hosil bo‘lish reaksiyasi	
$C + 2H_2 \Leftrightarrow CH_4$ (8) $\Delta H = -75 \text{ kJ/mol}$	

Suv-gaz almashinish reaksiyasi**Bug'li konversiya reaksiyasi**

$$\Delta H = 206 \text{ kJ/mol}$$

**Quruq reforming reaksiyasi**

$$\Delta H = 247 \text{ kJ/mol}$$

**4.2-§ Gazifikatsiya reaktorlari va uning asosiy parametrlari.**

Gazifikator(gazlashtirgich)ning o'lchami va turi olinadigan mahsulot talabi, namlik darajasi hamda yoqilg'ining mavjudligi kabi bir nechta parametrlarga bog'liq bo'lib, quyidagi turlarga bo'linadi:

- qo'zg'almas qatlamli gazifikatorlar tuzilishi va ekspluatatsiyasining soddaligi bilan eng ko'p qo'llaniladigan gazifikatorlar hisoblanadi.

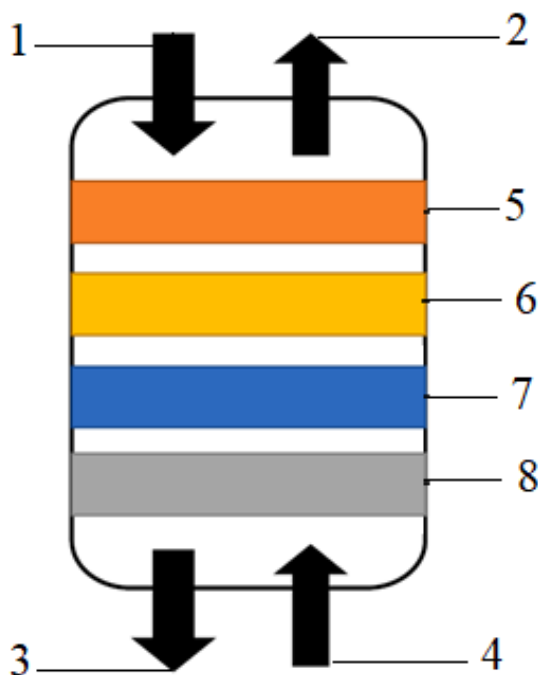
Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan qatlamli gazifikator.

Qo'zg'aluvchan qatlamli deyilishiga sabab yoqilg'i tiqin ko'rinishida reaktor bo'ylab pastga harakat qiladi. Qo'zg'almas qatlamli gazifikatorlarda ishchi bosim 0 dan 70 bar gacha oraliqda bo'lib, gazifikator uchun gazning tarkibi 3 – 5 % CH₄, 10 – 15 % CO₂, 10 – 15 % CO, 15 – 20 % H₂ va 40 – 50 % N₂ dan iborat. Biomassa yoqilg'isi va gazlashtiruvchi agent orasidagi kontaktga bog'liq holda qo'zg'almas qatlamli gazifikatorlar oqim yuqoriga harakatlanuvchi, oqim pastga harakatlanuvchi va o'zaro tortishish gazifikatorlari kabi turlarga bo'linadi.

Oqim yuqoriga harakatlanuvchi gazifikatorlarda biomassa reaktorning yuqori qismidan tushsa, gazlashtiruvchi agent esa ishchi nuqtaga qarama-qarshi holatda reaktorning pastki qismidan yuboriladi. Quyidagi 4.1-rasmda ko'rsatilganidek,

reaktorning eng pastki qismi, ya'ni quritish va piroliz natijasida hosil bo'ladigan mahsulotlar yonadigan "yonish" zonasini o'zida namoyon qiladi.

Bu o'z navbatida yonish zonasi va yuqoriga harakatlanuvchi gaz haroratini 1000 K gacha oshirish imkonini beradi. Yuqoriga oquvchi qaynoq gazlar tiklanish zonasi yaqinida tezda tiklanadi va biomassani quritish hamda bug' hosil bo'lish muhiti bo'lib xizmat qiladi.



1 – biomassa; 2 – gaz; kul; 4 – gazlashtiruvchi agent; 5 – quritish zonasi; 6 – piroliz zonasi; 7 – kamayish zonasi; 8 – oksidlanish/yonish zonasi.

4.1 – rasm. Oqim yuqoriga harakatlanuvchi gazifikator.

Ushbu turdagi gazifikatorlarning afzalliklari quyidagilar:

a) yuqori namlikka(<60%) va kul miqdori(<25%)ga ega biomassani qayta ishlash mumkinligi;

b) yaxshi issiqlik samaradorligi;

c) qarama-qarshi oqim tufayli yonish issiqligidan samarali foydalaniladi;

d) bosim va shlak hosil bo'lishiga moyillikning pastligi;

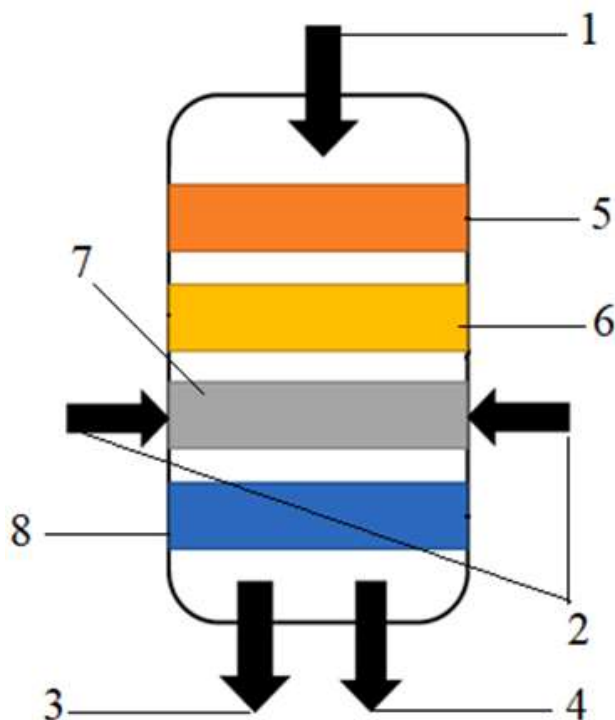
kamchiliklari:

a) faqat kichik masshtabda foydalanish qulay;

b) saqichning yuqori miqdorda hosil bo'lishi ($30 - 150 \text{ g/N}\cdot\text{m}^3$);

- c) yuqori uchuvchanlikka ega yoqilg‘i olishga to‘g‘ri kelmaydi;
- d) dvigatel ishga tushishi ko‘p vaqtni oladi;
- e) sintez gaz mahsuldorligining pastligi.

Oqim pastga harakatlanuvchi gazifikatorlarda gazlashtiruvchi agent 4.2-rasmda ko‘rsatilganidek, o‘rta qismdagi yonish zonasiga tushadi.



1 – biomassa; 2 – gazlashtiruvchi agent; 3 – kul; 4 – gaz; 5 – quritish zonasi; 6 – piroliz zonasi; 7 – yonish zonasi; 8 – tiklanish zonasi.

4.2 – rasm. Oqim pastga harakatlanuvchi gazifikator.

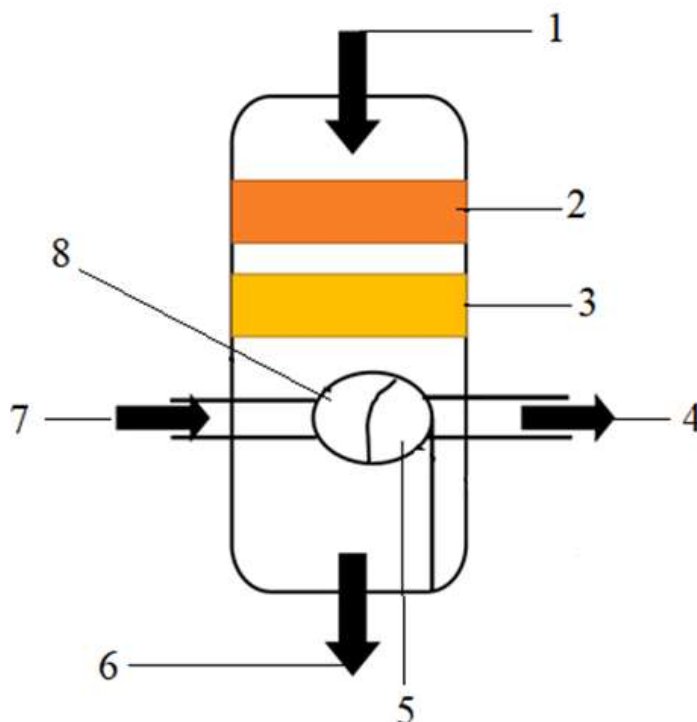
Biomassa yuqoridan namlik yo‘qotiladigan quritish zonasiga tushadi va keyin qattiq yoqilg‘i ko‘mir hamda gazga aylanadigan piroliz zonasiga o‘tadi. Harakat davomida gazlashtiruvchi agent beriladi va gazlar yonadi. Ushbu zonada gazlashtirish haroratini ushlab turishga erishiladi. Shundan so‘ng biomassa tiklanish zonasiga o‘tadi. Oqim pastga harakatlanuvchi gazifikatorlar quyidagi afzallik:

- a) oqim yuqoriga harakatlanuvchi gazifikatorlarga nisbatan saqich hosil bo‘lishining pastligi ($0,015 - 3 \text{ g/N}\cdot\text{m}^3$);
- b) alanganish uchun kam vaqt talab qilishi.

kamchiliklarga ega:

- a) chiqishda gaz haroratining yuqoriligi sabab past issiqlik FIK;
- b) qattiq bo'laklar miqdorining yuqoriligi.

O'zaro tortishish gazifikatorlarida gazlashtiruvchi agent reaktorga yon tomondan yoqilg'i esa eng yuqori tomondan beriladi. Ushbu turdagi gazifikator 4.3-rasmda tasvirlangan.



1 – biomassa; 2-quritish zonasi; 3 – piroliz zonasi; 4 – gaz; 5 – tiklanish zonasi;
6 – kul; 7 – gazlashtiruvchi agent; 8 – yonish zonasi.

4.3 – rasm. O'zaro tortishish gazifikatori.

Gazlashtirish agenti yonish jarayonini yengillashtirib, yonish zonasi harorati deyarli 1773 K ga yetadi. Mazkur gazifikatorlarning afzalliklari:

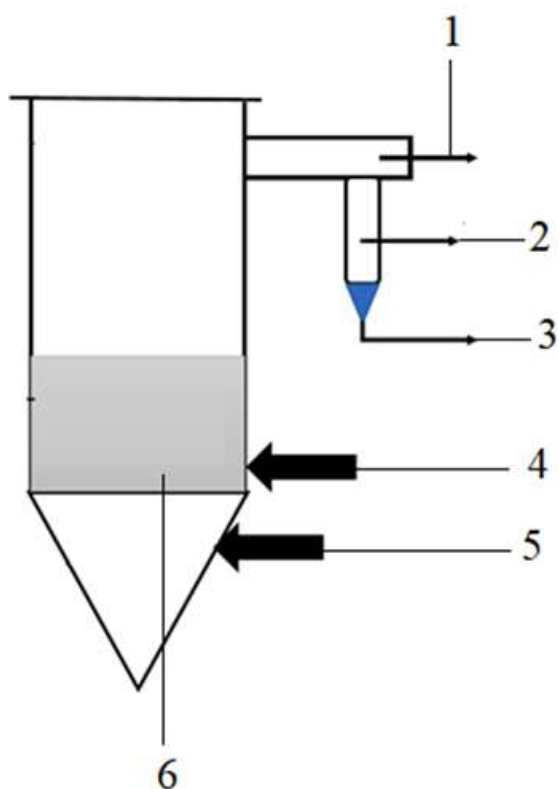
- a) saqich hosil bo'lishi eng past ($0,01 - 0,1 \text{ g/N}\cdot\text{m}^3$);
- b) qatlamning yaxshi o'tkazuvchanligi;
- c) dvigatel ishga tushish vaqtining nisbatan kamligi;
- d) agar gazifikatorning yuqori qismi ochiq bo'lsa, yuqori namlik miqdoriga ega biomassani qayta ishlash mumkinligi.

Kamchiliklari:

- a) kichik agregatlarga mos kelishi;
- b) yuqori miqdorda kul va saqichga ega mahsulotlarga to‘g‘ri kelmaydi.

Suyuq qatlamli gazifikatorlar harorat teng taqsimlanishini ta‘minlaydi va qattiq modda hamda gazning yaxshi aralashuvi uchun maydon hisoblanadi. Kvarts, qum, dolomit, shishali pufakcha suyuq qatlamli gazifikatorlarda qatlam materiali sifatida qo‘llaniladi. Bundan tashqari qatlam sifatida magnezitni qo‘llash qumga nisbatan H₂ ishlab chiqarish miqdorini oshirishi mumkin. Bu turdagi reaktorlarning ishchi harorati 923 dan 1223 K gacha oraliqda bo‘ladi. Gazifikator ishchi harorati tufayli chiquvchi gazda uglevodorodlar hosil bo‘lishini pasaytirishi bilan birga uglerod hosil bo‘lish samaradorligi 95 % ga yetadi. Gazlashtiruvchi muhit tezligiga bog‘liq holda suyuq qatlamli gazifikatorlar quyidagi 2 ta asosiy turlarga bo‘linadi:

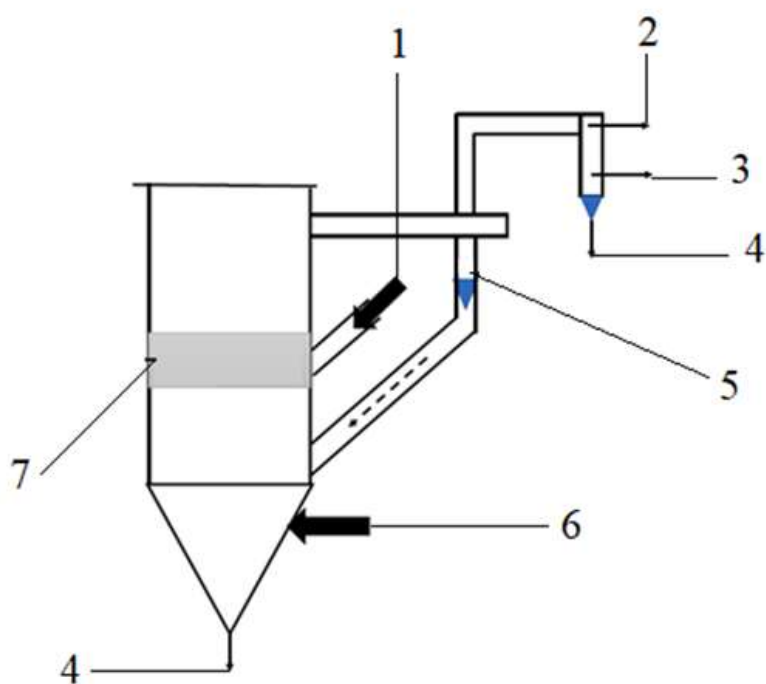
1) qaynovchi qatlamli gazifikator qadimiy reaktorlardan bo‘lib, qatlam asosan qum yoki kvarts kabi inert bo‘laklardan tarkib topgan. Ushbu reaktorlarda suyuqlanish jarayonini amalga oshirish va gaz pufak aralashma holatini ushlab turish uchun gazlashtiruvchi muhit gazning past tezlikda ($<1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) qatlam bo‘ylab ko‘tariladi. Bo‘laklar qatlam yuqori qismiga yetganda maydon kesim yuzasi ortadi va o‘z navbatida bo‘laklarni qatlamga tushishga majburlash uchun tezlik pasayadi. Qaynovchi qatlamli reaktorlar kul miqdori yuqori bo‘lgan biomassani qayta ishlashi mumkin va bu yoqilg‘ini yuklash hamda qayta ishlashda yuqori moslanuvchanlikni ta‘minlaydi. Biroq u uglerodga aylantirish uchun aylanuvchan qatlamli reaktorga nisbatan samaradorligi pastroq. Quyidagi 4.4–rasmda qaynovchi qatlamli reaktorning funksional sxemasi keltirilgan.



1 – sintez gaz; 2 – siklon; 3 – kul;
 4 – biomassa; 5 – gazlashtiruvchi agent;
 6 – qatlam (inert/kataliz).

4.4 – rasm. Qaynovchi qatlamli reaktor.

2) Aylanuvchi qatlamli gazifikator/reaktorlarda suyuqlanish tezligi ($3,5-5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) qaynovchi qatlamli reaktorlarga nisbatan yuqoriroq. Bunda 4.5-rasmda ko‘rsatilgani kabi qattiq moddalar reaktor chegaralaridan chiqadi va reaktorga qaytadi.



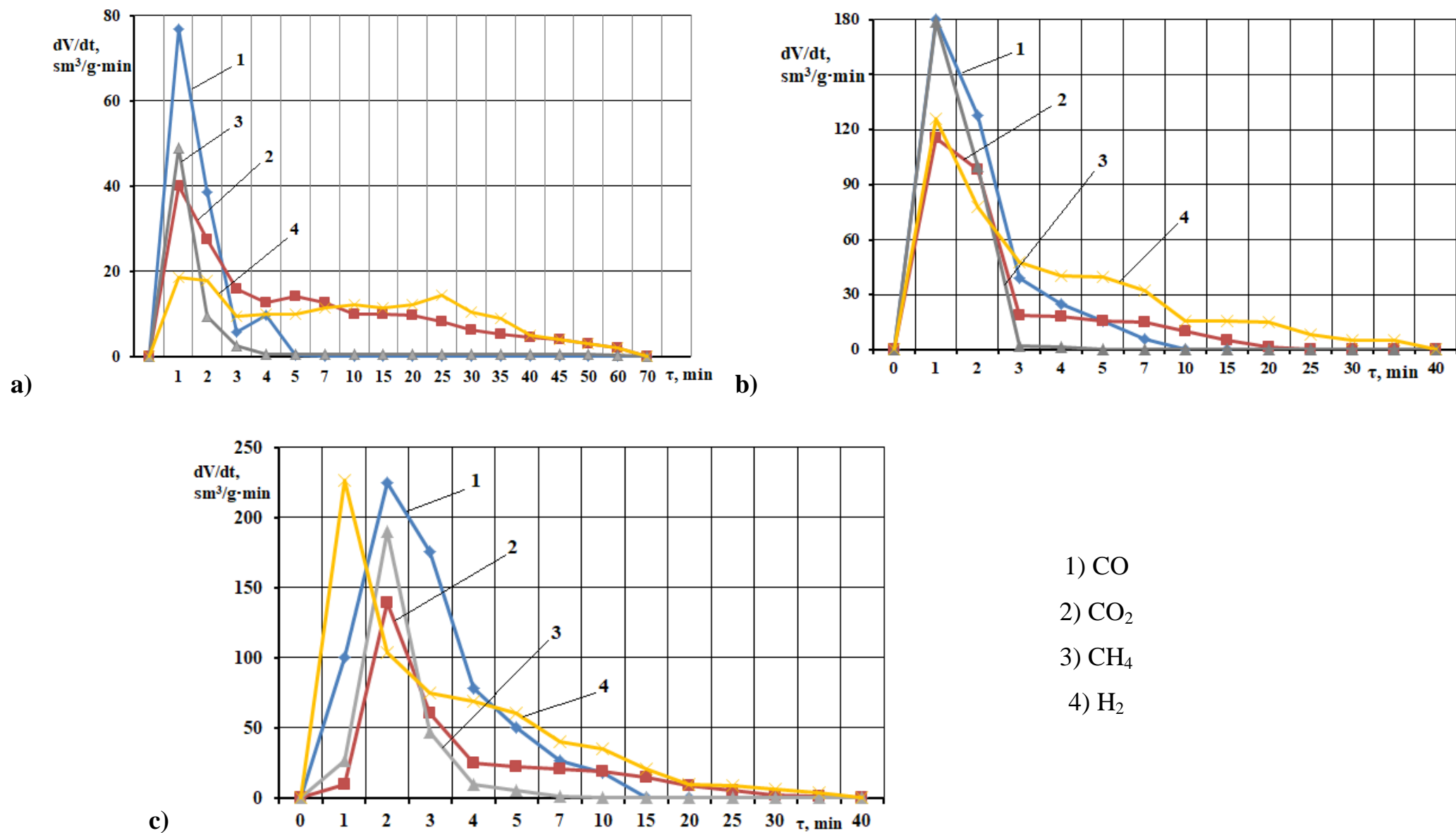
1 – biomassa; 2 – sintez gaz;
 3 – ikkilamchi siklon; 4 – kul;
 5 – birlamchi siklon;
 6 – gazlashtiruvchi agent;
 7 – qatlam(inert/kataliz).

4.5 – rasm. Aylanuvchi qatlamli gazifikator/reaktor.

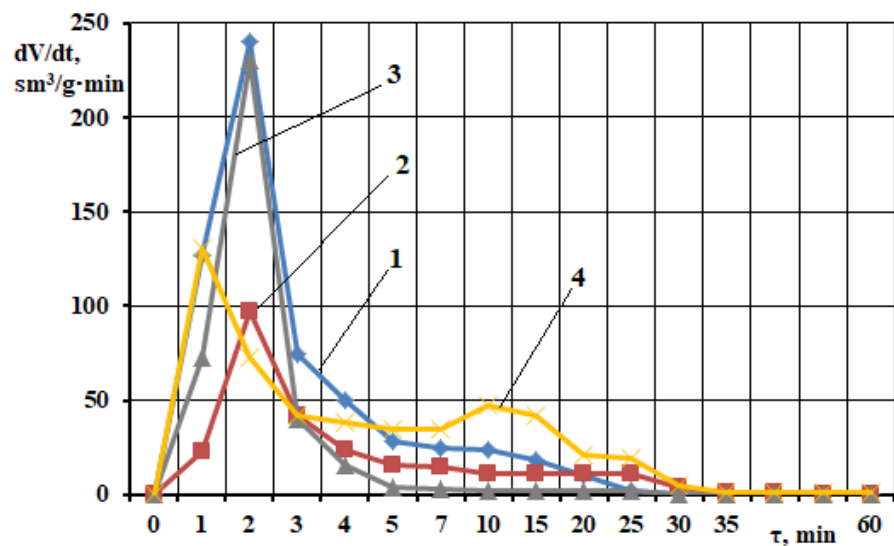
Gazlashtirish muhiti tezligining yuqoriligi tufayli qattiq bo‘laklar kirishda devorlarga uriladi. Bu optimal sharoitlarda ishlatilmasa, qattiq aralashtirilishga olib kelishi mumkin. Biroq bu turdagi reaktorlar gazning yuqori chiqish miqdorini ta’minlashi va gazlashtirish mahsulotlari yonish issiqligini oshirishi mumkin. Aylanuvchi qatlamli reaktorlar boshqa turdagi gazifikatorlarga nisbatan yirik masshtabda qo‘llashga mosligi, saqichning kam hosil bo‘lishi, uglerod konversiya samaradorligining yuqoriligi kabi ko‘plab afzalliklarga ega. Shu bilan birga tizimning umumiy qiymati yuqori.

4.3-§ Biomassa gazifikatsiyasida vodorodga boyitilgan sintez gaz olish.

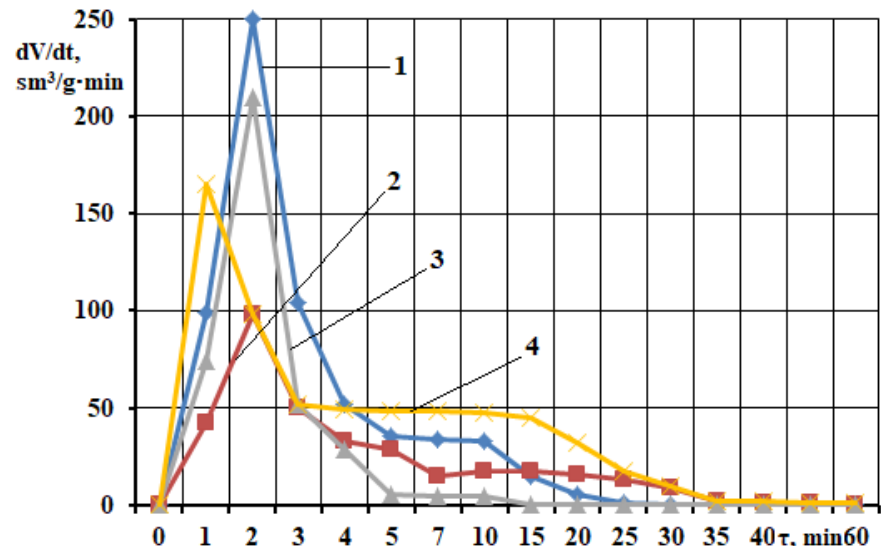
Quyidagi 4.6- va 4.7-rasmlarda maishiy chiqindi va yog‘och chiqindilari gazlashtirish jarayonining borishi va 850, 900 va 950 °C da H₂, CO, CO₂ hamda CH₄ hosil bo‘lish tezligining o‘zgarishi ko‘rsatilgan.



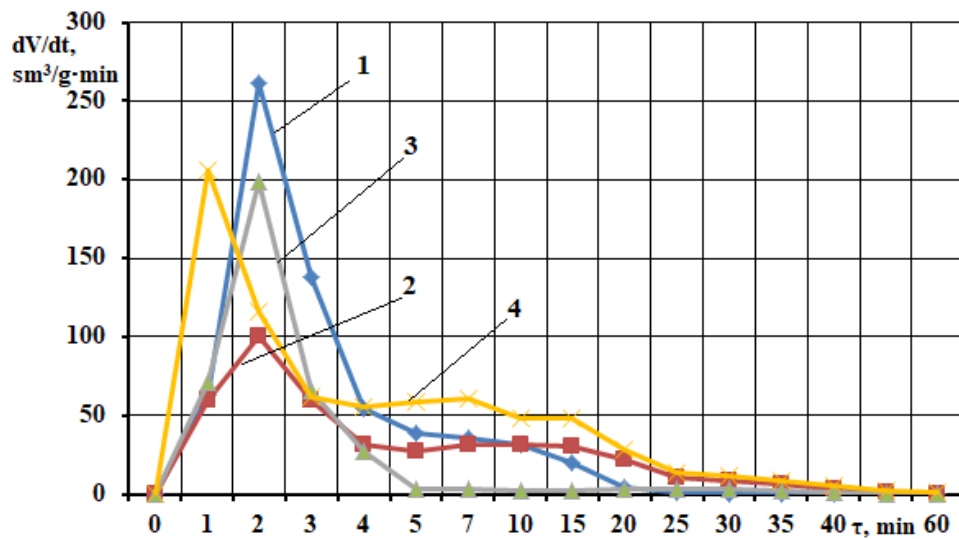
4.6-rasm. Yog'och chiqindilarini gazlashtirishda gazsimon mahsulotlar hosil bo'lish tezligining a) 850, b) 900 va c) 950 °C da o'zgarishi.



a)



b)



c)

- 1) CO
- 2) CO₂
- 3) CH₄
- 4) H₂

4.7-rasm. a) 850, b) 900 va c) 950 °C da maishiy chiqindini gazlashtirishda gazsimon mahsulotlar hosil bo‘lish tezligining o‘zgarishi.

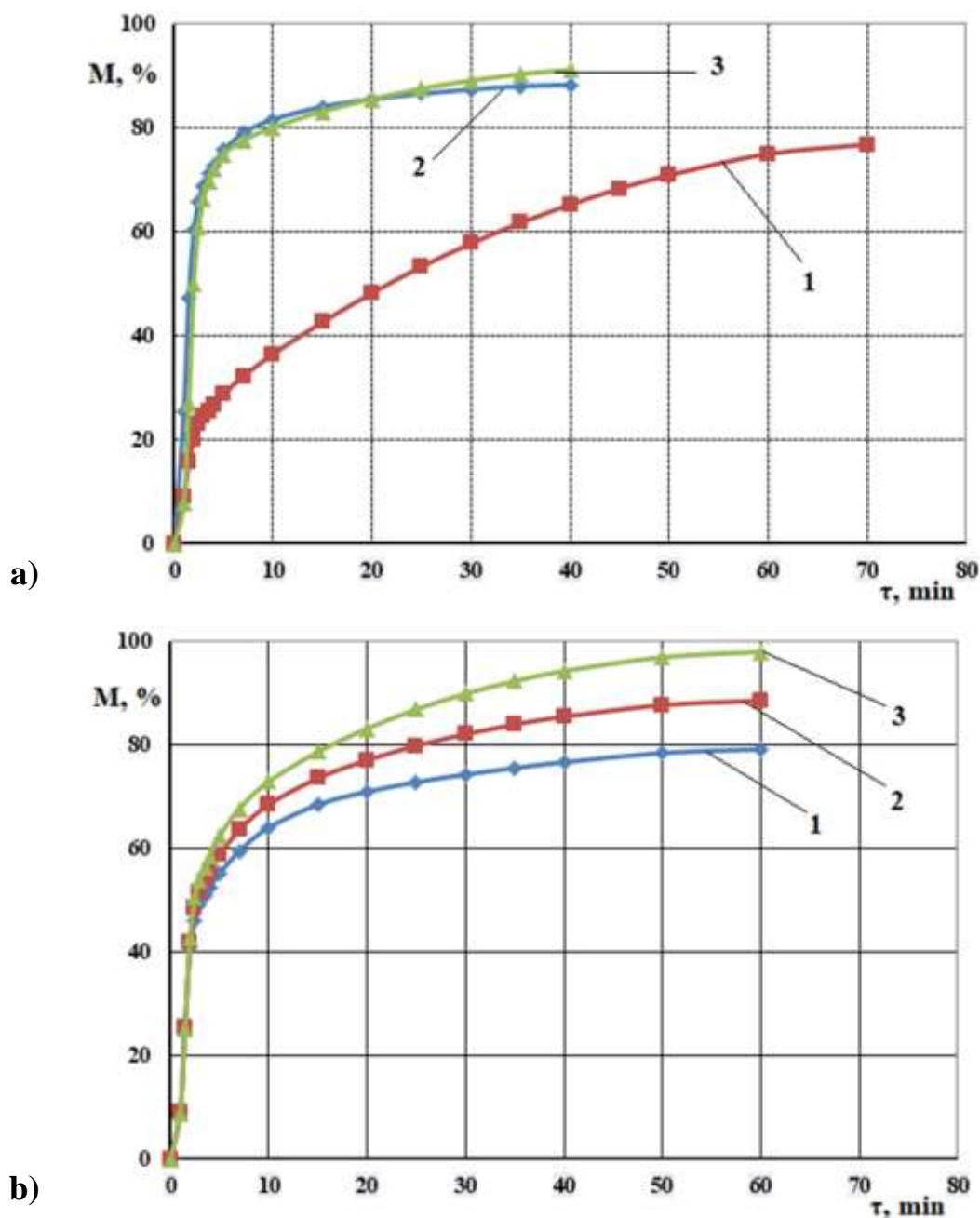
Barcha jarayonlarda ikkita bosqich aniq ajralib turadi: (1) piroliz – jarayonning boshida cho‘qqi sifatida kuzatiladigan uchuvchi moddalarning tez ajralib chiqishi; (2) gazlashtirish – suv bug‘i bilan reaksiya orqali ko‘mir hosil bo‘lishining sekinroq va ancha uzoq bosqichi. Natijada CO₂ hosil bo‘ldi; CH₄ 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 CO₂ (qiyosiy hosil bo‘lish tezligi). Piroliz jarayonida metan ajralib chiqish tezligining yuqoriligi bilan birga hosil bo‘lish vaqtining qisqaligi ajralib chiqqan gazda CH₄ miqdorining sezilarli bo‘lmasligiga olib keldi.

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 CH₄ dan tashqari).

Gazlashtirish jarayoniga ikkilamchi gidrokrekingni kuchaytirish imkoniga ega va reaksiyalarni uglevodorodlarning (C_nH_{2n}) 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 reaksiyalarning funksiyasi hisoblanadi.

Keyingi bosqich uglerodning konversiya darajasini ifodalovchi egri chiziqlarni qurish hisoblanadi. Quyidagi 4.8-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 namunalari 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

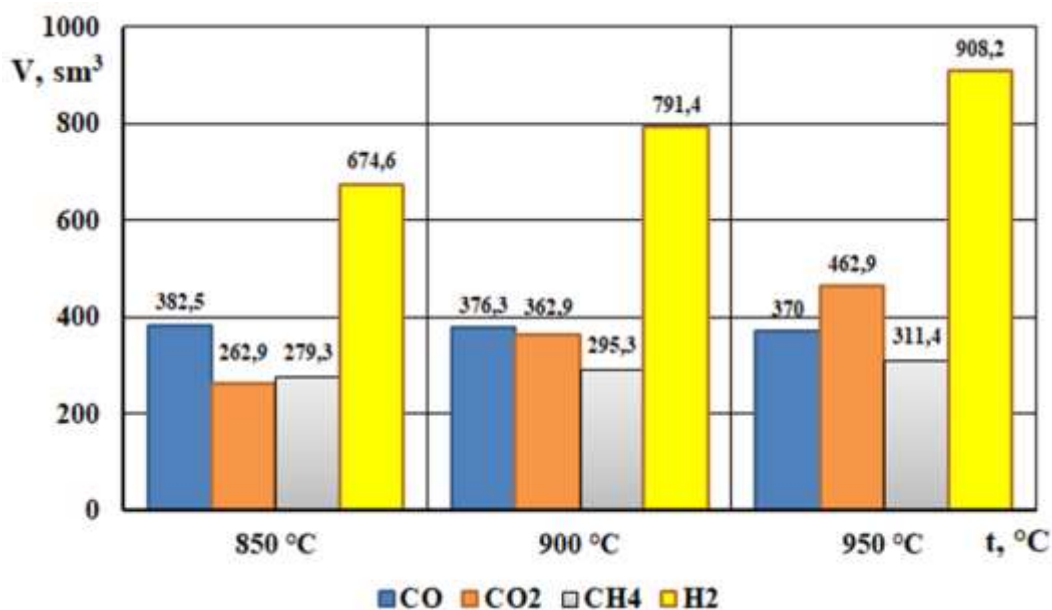
darajasi yog‘och chiqindisi bilan solishtirganda biroz yuqori ekanligi aniqlandi. Konversiya darajasi va reaktivlik xususiyatidagi bu o‘zgarishlar ishqoriylik indeksi va O/C nisbati bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.



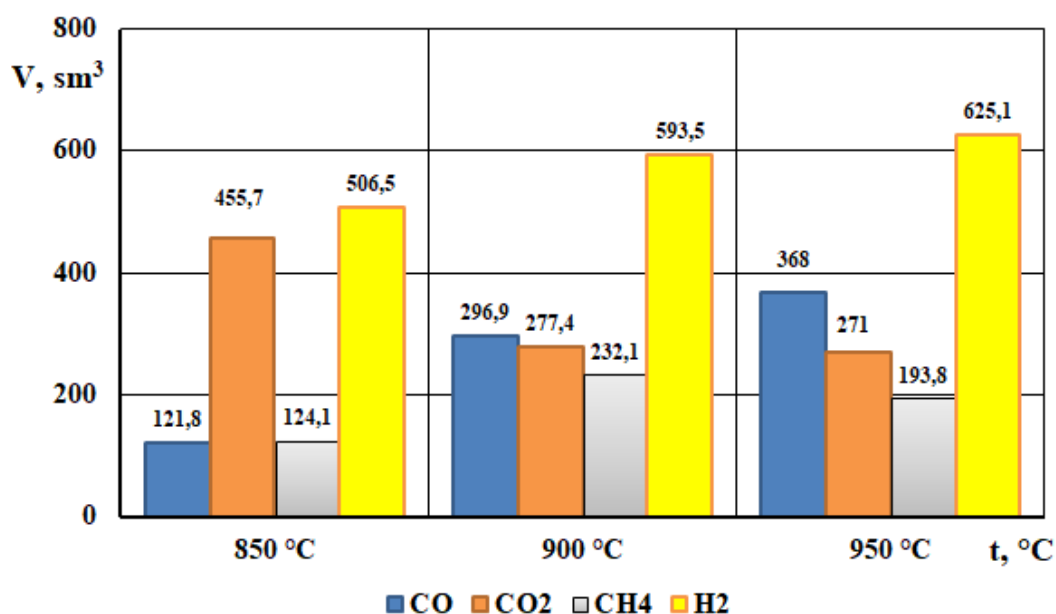
4.8-rasm. 850 (1), 900 (2) va 950 (3) °C haroratda yog‘och(a) va maishiy chiqindi(b) ni gazlashtirishda uglerodga aylanish darajasining o‘zgarishi.

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 4.9-, 4.10-rasmlarda ko‘rsatilgan.



a)

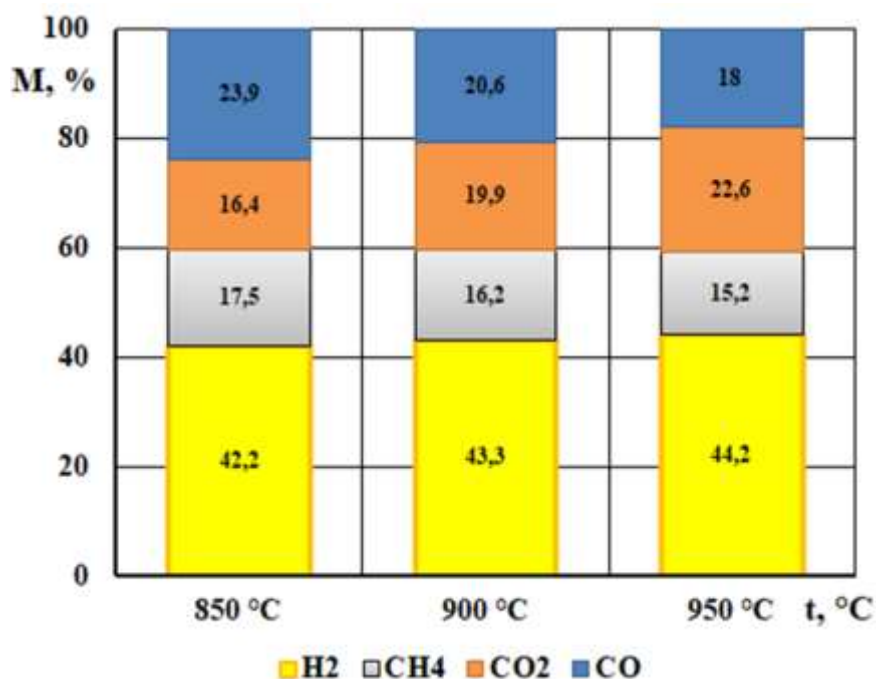


b)

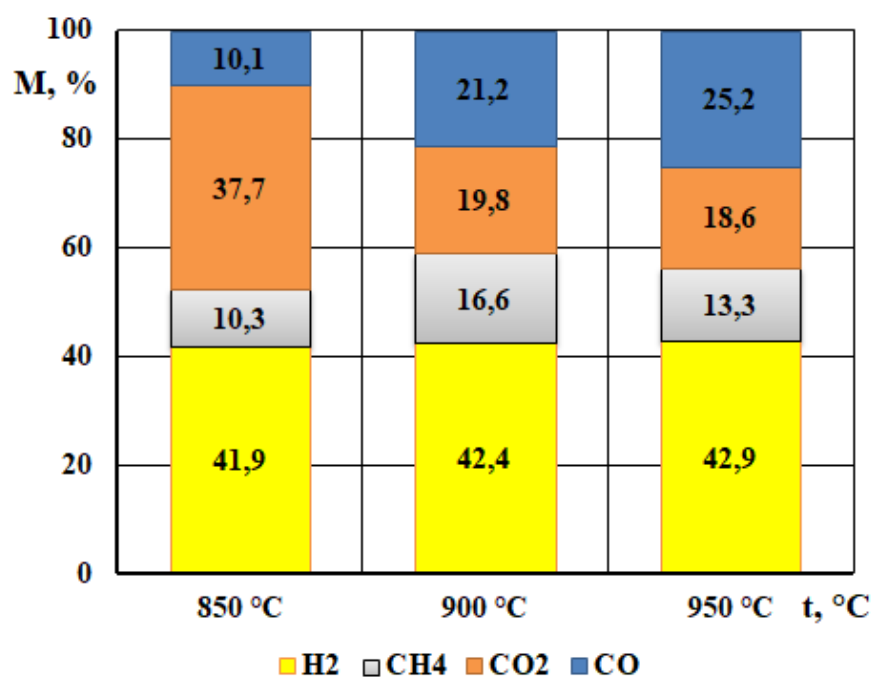
4.9 -rasm. O‘rganilayotgan maishiy chiqindi(a) va yog‘och chiqindi(b)larini 850, 900 va 950 °C da gazlashtirish natijasida H₂, CO, CH₄ va CO₂ larning chiqish miqdorlarini taqqoslash.

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 anhidrid uglerod oksidiga nisbatan bir oz yuqoriligi vodorodga boy sintez gaz ($908,2 \text{ miq/sm}^3$) sifatiga ta'sir qilmadi.



a)



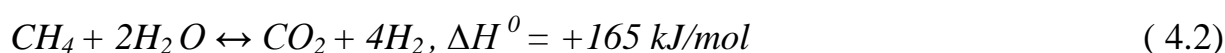
b)

4.10-rasm. O'rganilayotgan maishiy chiqindi(a) va yog'och chiqindi(b)larini 850, 900 va 950 °C da gazlashtirish natijasida olingan gaz komponentlarining ulushi.

Metanning endotermik bug'li konversiyasi(4.1-, 4.2-tenglamalar) va quruq reformatsiya reaksiyalari (4.3-tenglama) natijasida boshlangan gazlashtirish haroratining oshishi maishiy chiqindi va yog'och chiqindilaridan olingan vodorod

tarkibining o'zgarishiga olib keldi. Ushbu uchta reaksiya (4.1-, 4.2- va 4.3-tenglamalar) natijasidagi metan sarfi metan tarkibini kamaytirishga yordam beradi. Shuningdek, boshqa tadqiqotlarda 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 H₂ ga bug'li konversiyasiga yordam beradi.



Bundan tashqari, yog'och chiqindilari tarkibidagi uchuvchi moddalar miqdori (32,09 %)ning maishiy chiqindi(47,29 %) ga nisbatan kamligi ishlab chiqariladigan H₂, CO, CO₂ va CH₄ 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. Olinadigan gazning tarkibiga harorat ham ta'sir qiladi. Shunga ko'ra, harorat oshishi bilan H₂ konsentratsiyasi ortadi, CO va yengil uglevodorodlar konsentratsiyasi esa kamayadi. Shunga qaramay, termodinamik

modellar H₂ chiqish miqdorining asta-sekin kamayishi juda yuqori reaksiya haroratida sodir bo'lishini ko'rsatdi. Binobarin gazlashtirish haroratini ma'lum darajada nazorat qilish juda muhimdir. Shunday qilib, umumiy tahlilga muvofiq harorat (H₂ + CO) nisbatining va sintez gaz konsentratsiyasining oshishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi degan xulosaga kelish mumkin.

V BOB. BIOMASSA ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING EKOLOGIK VA IQTISODIY KO'RSATKICHLARI

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(5.1-tenglama):

$$NI = \sum B_i - \sum C_i \quad (5.1)$$

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.

Tadqiqotning asosiy maqsadi – chiqindilarni qayta ishlash bo'yicha taklif etilayotgan qurilma (yoki zavod)ning iqtisodiy hayotiyligini 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} 5.2-tenglama yordamida hisoblanadi:

$$NPV = \sum_{n=1}^t \frac{CF_n}{(1+i)^n} - C_{IC} \quad (5.2)$$

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

bu yerda, 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 korxonalar va ijtimoiy xizmat uchun mo‘ljallangan “amortizatsiyaning chiziqli usuli”ga asoslangan. 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‘yektning sozlash boshlanguncha boshqa ko‘zda tutilmagan xarajatlarni o‘zida tahminiy ahamiyatni namoyon etadi.

Ekspluatatsion xarajatlari (C_O) ishchi kuchiga, qurilmani almashtirish va tuzatishga hamda 5.1-jadvalda keltirilgan tenglamalar asosida baholangan obyektning umumiy ekspluatatsiyasi bilan bog‘liq xarajatlardan tarkib topgan (FCI – asosiy kapital investitsiyalari).

5.1-jadval.

O‘zgaruvchan (operatsion) xarajatlari parametrlari

Tavsif		
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	$C_{T\&l}$	0.032 FCI
Qo‘shimcha xarajatlari	C_{po}	0.708 C_{OL} + 0.009 FCI
Operatsion xarajatlari (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. Eksploatatsion xarajatlar esa ijtimoiy xizmat xarajatlari (energiya qiymati), mehnatga haq to'lash, material narxi, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash hamda korxonaning qo'shimcha xarajatarini 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 eksploatatsion xarajatlari har birlik mahsulotga ketadigan operatsion xarajatlarni qo'shish yo'li bilan aniqlandi.

Adabiyotlar tahliliga ko'ra, maishiy 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 boshq.) 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. Maishiy chiqindilarni yoqish natijasida hosil bo'ladigan issiqlik energiyasi quyidagi Dyulong formulasiga asosan hisoblanadi:

$$E_i = 337C + 1428 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 9 \left(\frac{kJ}{kg} \right) \quad (5.3)$$

bunda, E_i – issiqlik energiyasi, kJ/kg

C - uglerod miqdori, %

H - vodorod miqdori, %

O - kislород miqdori, %

S - oltingugurt miqdori, %

Toshkent viloyati O'rta Chirchiq tumanidagi chiqindilarni to'plash poligonidagi maishiy chiqindilarni yoqish natijasida hosil qilinadigan issiqlik energiyasi quyidagi formulaga ko'ra hisoblanadi[10]:

$$E_i = 337 \cdot 54,26 + 1428 \left(5,87 - \frac{37,57}{8} \right) + 9 \cdot 0,71 = 19968 \text{ kJ/kg} \quad (5.4)$$

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 olishda keltirilgan quyidagi bosqichlar orqali amalga oshiriladi:

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

$$W_b = 0,7 \cdot 19968 = 13977,6 \text{ kJ/kg} \quad (5.5)$$

Elektr energiya ishlab chiqaradigan generator turbinasini aylantirishda (5.5) da aniqlangan bug' energiyasidan foydalaniladi. Bir birlik elektr energiya ishlab chiqarishda zarur bo'ladigan quvvat issiqlik quvvati bo'lib, 1 kW = 3600 kJ/kg ga teng. Demak, 3600 kJ issiqlik energiyasi sarflab 1 kW 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

$$3600 : 31,6 \% = 11395 \text{ kJ/kW} \cdot \text{soat} \quad (5.6)$$

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:

$$W_{ee} = W_b : 11395 \text{ kJ/kW} \cdot \text{soat} \quad (5.7)$$

$$W_{ee} = 13977,6 : 11395 = 1,22 \text{ kW} \cdot \text{soat} \quad (5.8)$$

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 kW·soat ga ko‘paytirish kifoya. Shuningdek, hududdagi chiqindilardan olish mumkin bo‘lgan elektr energiya miqdori 6 % stansiya ehtiyojlariga va 5 % issiqlikning hisobga olinmagan yo‘qolishlarini hisobga olgan holda aniqlanadi.

Bundan tashqari 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:

$$ERP_i = \eta \cdot M \cdot LCV_{MSW} / 1000 \quad (5.9)$$

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).

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

$$ERP_G = 0,28 \cdot G \cdot R_f \cdot \eta \cdot LCV_{MSW} \quad (5.10)$$

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

R_f - mexanik qayta ishlangandan keyingi chiqindi miqdori, %

$\eta = 23\%$ - jarayon samaradorligi(FIK).

Nazariy hisob - kitoblarga ko‘ra, piroliz/gazlashtirish jarayonlarida hosil bo‘lgan gazning yuqori issiqlik sig‘imi 3-6 MJ/Nm³ ga teng. Bugungi kunda nisbatan yangi deya e’tirof etilayotgan plazma texnologiyasi orqali olingan sintez gaz esa 10 MJ/Nm³ yuqori issiqlik sig‘imiga ega.

Quyidagi 5.2-jadvalda gazlashtirish, piroliz va plazma 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
Gazlashtirish	685 kVt·soat/tonna
Plazma	816 kVt·soat/tonna

Ishlab chiqarishning qaysi sohasida bo‘lmasin uni amaliyotga tadbiiq etish albatta iqtisodiy tomondan hisob – kitobni talab qiladi. M.J.K.Bashir va boshq.[48] da keltirilgan ma’lumotga asoslananib, 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 katta miqdorda elektr energiyasini talab qiladi. Bundan tashqari ushbu texnologiyaga tahminan 150 mln. AQSH dollari miqdorida dastlabki investitsiyaning talab qilinishi uning sezilarli darajada iqtisodiy sarf - xarajatlarni talab qilishini anglatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. 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.
2. Amimul Ahsan et al., Municipal solid waste generation, composition and management: Issues and challenges. A case study. Environment Protection Engineering 2015; 3(41) pp 44-59.
3. Waste Concern, Aborjona o Paribesh, A newsletter on solid waste management in Bangladesh, Issue 5, I. Enayetullah, A.H.M.M Sinha (Eds.), 2000. Available: <http://www.wasteconcern.org/newsletters/issue5/issue5.html> (June 2006).
4. New Age, The Daily Newspaper, Published from Dhaka, 25 may 2004.
5. Prakash Awasthi, Gopi Chataut, Ram Khatri, Solid waste composition and its management: A case study of Kirtipur Municipality-10. Heliyon 9 (2023) e21360
6. Kamran et al., Effects of socio-economic status and seasonal variation on municipal solid waste composition: a baseline study for future planning and development. Environ Sci Eur 2015; 27(16) pp 1-8.
7. Tarek A. Hamad et al., Solid waste as renewable source of energy: current and future possibility in Libya. Case Studies in Thermal Engineering November 2014.
8. Bexultan Abylkhani et al. Detailed municipal solid waste composition analysis for Nur-Sultan City, Kazakhstan with implications for sustainable waste management in Central Asia. Environmental Science and Pollution Research (2021) 28:24406–24418.
9. 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.

10. N.Abdug‘aniyev, Qishloq xo‘jaligi iste‘molchilari energiya ta‘minotida qattiq maishioy chiqindilar energiyasidan foydalanish // texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya, Toshkent-2024, 106 bet.
- 11.Obid Tursunov et al. Comprehensive study on social, compositional and thermal aspects of household solid waste for waste-to-energy potential estimation in Tashkent city. *Energy Reports* 12 (2024), pp 430–441.
- 12.Sara González-García, Jacopo Bacenetti. Exploring the production of bio-energy from wood biomass. Italian case study. *Science of the Total Environment* 647 (2019), pp 158–168.
- 13.Eirik Ognér Jastad et al. The role of woody biomass for reduction of fossil GHG emissions in the future North European energy sector. *Applied Energy* 274 (2020), 115360.
- 14.NordPool. Historical Market Data. Available at: <http://www.nordpoolspot.com/historical-market-data/>; 2018.
- 15.Meisam Mahdavi et al. Hybrid biomass, solar and wind electricity generation in rural areas of Fez-Meknes region in Morocco considering water consumption of animals and anaerobic digester. *Applied Energy* 343 (2023) 121253.
- 16.O‘zbekiston Respublikasining 05.04.2002 yildagi 362-II-son “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni.
- 17.O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 15.07.2014 yildagi 194-son Qarori.
- 18.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.
- 19.Skinner C. et al. Pressurised disc refining of wheat straw as a pre-treatment approach for agricultural residues: a preliminary assessment of energy consumption and fibre composition. *Bioresour. Technol.* (2020) 304, 122976.

20. Kratky L. Mechanical size reduction of lignocellulosic biomass: a mini-review. *Chem. Eng. Trans.* (2020), 94, 6.
21. Ma, S., Wang, H., Li, L., Gu, X., and Zhu, W. Enhanced biomethane production from corn straw by a novel anaerobic digestion strategy with mechanochemical pretreatment. *Renew. Sustain. Energy Rev.* (2021), 146, 111099.
22. Garuti, M., Sinisgalli, E., Soldano, M., Feroso, F.G., Rodriguez, A.J., Carnevale, M., and Gallucci, F. Mechanical pretreatments of different agri-based feedstock in full-scale biogas plants under real operational conditions. *Biomass Bioenergy* (2022), 158, 106352.
23. Chuetor, S., Ruiz, T., Barakat, A., Laosiripojana, N., Champreda, V., and Sriariyanun, M. Evaluation of rice straw biopowder from alkaline mechanical pretreatment by hydro-textural approach. *Bioresour. Technol.* (2021), 323, 124619.
24. Bianchini, L., Costa, P., Dell'omo, P.P., Colantoni, A., Cecchini, M., and Monarca, D. An industrial scale, mechanical process for improving pellet quality and biogas production from Hazelnut and Olive pruning. *Energies* (2021), 14, 1600.
25. Luo, L., Qu, Y., Gong, W., Qin, L., Li, W., and Sun, Y. Effect of particle size on the aerobic and anaerobic digestion characteristics of whole rice straw. *Energies* (2021), 14, 3960.
26. Al Afif, R., and Pfeifer, C. Enhancement of methane yield from cotton stalks by mechanical pre-treatment. *Carbon Resour. Convers.* 2021, 4, 164–168.
27. Raud, M. et al. Biomass pretreatment with the szego mill™ for bioethanol and biogas production. *Processes* 2020, 8, 1327.
28. Bojanic, N. et al. Study on the effects of smooth roll grinding conditions on reduction of wheat middlings using response surface methodology. *J. Food Sci. Technol.* 2021, 58, 1430–1440.

29. Victorin, M., Davidsson, A., and Wallberg, O. Characterization of mechanically pretreated wheat straw for biogas production. *Bioenergy Res.* 2020, 13, 833–844.
30. Tsapekos, P., Kougias, P.G., and Angelidaki, I. Mechanical pretreatment for increased biogas production from lignocellulosic biomass; predicting the methane yield from structural plant components. *Waste Manag* 2018, 78, 903–910.
31. Ivanchenko, A., Yelatontsev, D., and Savenkov, A. Anaerobic co-digestion of agro-industrial waste with cheese whey: impact of centrifuge comminution on biogas release and digestate agrochemical properties. *Biomass Bioenergy* 2021, 147, 106010.
32. Xiao, Z., Yang, Q., Wu, X., and He, Y. Ball milling promotes saccharification of agricultural biomass by heteropolyacid and enzyme: unlock the lignin cage for sugars recovery. *Biomass Convers. Biorefinery*, 2020, 1–11.
33. Qi, X., Yan, L., Shen, F., and Qiu, M. Mechanochemical-assisted hydrolysis of pretreated rice straw into glucose and xylose in water by weakly acidic solid catalyst. *Bioresour. Technol.* 2019, 273, 687–691.
34. Lempiainen, H. et al. The effect of mechanocatalytic pretreatment on the structure and depolymerization of willow. *Catalysts* 2020, 10, 255.
35. Bai, X., Wang, G., Zhu, Z., Cai, C., Wang, Z., and Wang, D. Investigation of improving the yields and qualities of pyrolysis products with combination rod-milled and torrefaction pretreatment. *Renew. Energy* 2020, 151, 446–453.
36. 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.
37. 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.

38. Ruj B., Ghosh S. Technological aspects for thermal plasma treatment of municipal solid waste – A review // *Fuel Processing Technology*, 126(2014) pp. 298-308.
39. Hong Y. et al. Syngas production from gasification of brown coal in a microwave torch plasma // *Energy*. 47(2012), pp. 36-40.
40. 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.
41. Hrycak B. et al. Application of atmospheric pressure microwave plasma source for hydrogen production from ethanol // *Int. J. Hydrogen Energy* 39(2014), pp. 14184-14190.
42. 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.
43. 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.
44. 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.
45. Rutberg P. et al. On efficiency of plasma gasification of wood residues // *Biomass Bioenergy* (2011), pp. 495-504.
46. 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.
47. Zhe Xiong et al. Effects of heating rate on the evolution of bio-oil during its pyrolysis. *Energy Conversion and Management* 163 (2018) 420–427.
48. 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

	KIRISH	3
I bob	Biomassa energiyasi va uning energetika sohasidagi o‘rni	5
1.1-§	Biomassa turlari. Qattiq maishiy chiqindilarning tarkibiga hududdagi aholining yashash sharoiti va tabiiy muhitning ta’siri	5
1.2-§	Jahon energetika sohasida biomassa energiyasining roli	25
1.3-§	Qattiq chiqindilarni utilizatsiya qilishning O‘zbekistondagi bugungi holati	46
II bob	Biomassaga dastlabki ishlov berish va uni qayta ishlash texnologiyalari	49
2.1-§	Biomassa o‘lchamini kichraytirish uchun umumiy mexanik dastlabki ishlov berish usullari va qurilmalari.	49
2.2-§	Organik biomassani anaerobik parchalash jarayoni	64
2.3-§	Termokimyoviy qayta ishlash texnologiyalari	69
III bob	Piroliz texnologiyasi	81
3.1-§	Biomassani termokimyoviy qayta ishlashda piroliz texnologiyasidan foydalanish	81
3.2-§	Piroliz reaktori va uning turlari	83
3.3-§	Biomassa pirolizidan olinadigan energetik mahsulotlar	91
IV bob	Gazifikatsiya texnologiyasi	97
4.1-§	Biomassani qayta ishlashda gazifikatsiya texnologiyasidan foydalanish	97
4.2-§	Gazifikatsiya reaktorlari va uning asosiy parametrlari	99
4.3-§	Biomassa gazifikatsiyasida vodorodga boyitilgan sintez gaz olish	105
V bob	Biomassa energiyasidan foydalanishning ekologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari	113
	Foydalanilgan adabiyotlar	119