CHIQINDILARNI KOMPLEKS QAYTA ISHLASH ASOSIDA EKOLOGIK FUNKSIONAL MATERIALLAR OLISH TEXNOLOGIYASI

Mirzoidova Gulchexra Nodirbek qizi
O‘zbekiston Milliy Universiteti
tulaevaggg@icloud.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.23131669

Annotatsiya: Bugungi kunda maishiy, sanoat va qishloq xo‘jaligi chiqindilarining hajmi ortib borishi atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan muhim ekologik muammolardan biridir. Chiqindilarni oddiy ko‘mish yoki yoqish usullaridan farqli ravishda ularni kompleks qayta ishlash orqali ikkilamchi xomashyoga aylantirish resurslardan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash imkonini beradi. Mazkur maqolada turli xil chiqindilarni saralash, mexanik, fizik-kimyoviy va biologik usullar yordamida qayta ishlash hamda ulardan ekologik funksional materiallar olish texnologiyasining ilmiy-amaliy asoslari tahlil qilindi. Polimer, sellyulozali, mineral va organik chiqindilarni kombinatsiyalangan holda qayta ishlash natijasida kompozit materiallar, bioasosli materiallar, adsorbentlar, qurilish materiallari va boshqa funksional mahsulotlar olish imkoniyatlari ko‘rib chiqildi. Kompleks qayta ishlash texnologiyasining asosiy afzalligi chiqindining bir nechta komponentlarini bir vaqtning o‘zida foydali mahsulotga aylantirish va ikkilamchi chiqindi hosil bo‘lishini kamaytirishdan iborat.

Kalit so‘zlar: chiqindilar, kompleks qayta ishlash, ekologik materiallar, funksional materiallar, ikkilamchi xomashyo, kompozit materiallar, polimer chiqindilar, biomassa, adsorbent, resurs tejamkor texnologiya.

Kirish. Sanoat va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi natijasida qattiq maishiy, sanoat, qishloq xo‘jaligi va polimer chiqindilarining miqdori yildan-yilga ortib bormoqda. Chiqindilarni boshqarish masalasi nafaqat sanitariya va ekologiya, balki iqtisodiy va texnologik jihatdan ham dolzarb hisoblanadi. Chunki chiqindilarning katta qismi tarkibida qayta ishlash uchun yaroqli bo‘lgan organik, mineral, polimer va metall komponentlar mavjud. An’anaviy chiqindi boshqaruvi asosan chiqindilarni poligonlarga joylashtirishga asoslangan bo‘lib, bu usul yer resurslaridan foydalanish, tuproq va yer osti suvlarining ifloslanishi hamda issiqxona gazlari ajralishi kabi muammolarni yuzaga keltirishi mumkin. Chiqindilarni yoqish esa ayrim hollarda hajmni kamaytirsa-da, atmosferaga zararli moddalar chiqarilishi va hosil bo‘ladigan kul-qoldiqni utilizatsiya qilish zaruratini keltirib chiqaradi. Shu sababli zamonaviy ekologik texnologiyalarning muhim yo‘nalishlaridan biri chiqindilarni **kompleks qayta ishlash** hisoblanadi. Kompleks qayta ishlash deganda chiqindi tarkibidagi turli komponentlarni bir-biridan ajratish, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash va har bir komponent uchun eng maqbul qayta ishlash yo‘nalishini tanlash tushuniladi. Chiqindilarni ikkilamchi xomashyo sifatida qo‘llash iqtisodiy jihatdan ham muhimdir. Masalan, plastik chiqindilarni qayta ishlash orqali polimer kompozitlar, qurilish materiallari va texnik buyumlar olish mumkin. Qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan esa biochar, adsorbent, bioasosli kompozitlar va boshqa ekologik materiallar tayyorlash imkoniyati mavjud (1,2).

Materiallar va metodlar: Tadqiqotning asosiy obyekti sifatida maishiy va sanoat chiqindilarining quyidagi guruhlari ko‘rib chiqildi:

- polietilen, polipropilen va boshqa termoplastik chiqindilar;
- qog‘oz va karton chiqindilari;
- yog‘och va o‘simlik biomassasi qoldiqlari;
- oziq-ovqat va boshqa biologik parchalanadigan organik chiqindilar;
- qurilish va mineral chiqindilar;
- metall va shisha komponentlari.

Chiqindilarni kompleks qayta ishlash texnologiyasi bir nechta ketma-ket bosqichlardan tashkil topadi.

1. Chiqindilarni yig‘ish va dastlabki saralash: Birinchi bosqichda chiqindilar kelib chiqishi va tarkibiga ko‘ra ajratiladi. Mexanik saralash, magnit separatsiya, elash va zichlik bo‘yicha ajratish usullaridan foydalanish mumkin. Mazkur bosqichning asosiy vazifasi qayta ishlash jarayoniga xalaqit beruvchi begona komponentlarni ajratib olish hamda bir xil xususiyatga ega xomashyo fraksiyalarini shakllantirishdan iborat.

2. Mexanik qayta ishlash: Polimer, yog‘och, qog‘oz va mineral chiqindilar maydalash, maydalagichdan o‘tkazish, elash va fraksiyalash jarayonlaridan o‘tkaziladi. Natijada keyingi texnologik bosqichlarda ishlatish uchun zarur bo‘lgan zarracha o‘lchamiga ega xomashyo olinadi. Polimer chiqindilarni maydalash orqali granulalar yoki flakes ko‘rinishidagi ikkilamchi xomashyo olinadi. Ular keyinchalik kompozit material ishlab chiqarishda matritsa yoki bog‘lovchi komponent sifatida qo‘llanishi mumkin (3).

3. Fizik-kimyoviy qayta ishlash: Ayrim chiqindilar tarkibidagi murakkab organik birikmalarni foydali mahsulotlarga aylantirish uchun piroliz, termik parchalanish, ekstraksiya, gidroliz va boshqa fizik-kimyoviy jarayonlardan foydalaniladi. Masalan, lignosellyulozali biomassani termik qayta ishlash natijasida biochar olish mumkin. Biochar yuqori g‘ovaklik va katta solishtirma sirt maydoniga ega bo‘lgani sababli suv va tuproqni tozalashda adsorbent sifatida ishlatilishi mumkin (4).

4. Biologik qayta ishlash: Organik chiqindilarni biologik qayta ishlashda mikroorganizmlar faoliyatidan foydalaniladi. Kompostlash, anaerob parchalanish va fermentativ jarayonlar orqali organik chiqindilarning barqarorligi kamaytiriladi va foydali ikkilamchi mahsulotlar olinadi. Anaerob parchalanish natijasida biogaz va digestat hosil bo‘lishi mumkin. Digestat tarkibidagi organik va mineral moddalar qayta ishlanib, tuproq uchun foydali komponentlar sifatida foydalanilishi mumkin.

Natijalar va muhokama: Chiqindilarni kompleks qayta ishlashning asosiy natijasi bir xil chiqindi oqimidan bir nechta foydali mahsulot olish imkoniyatidir. Bunday yondashuv “chiqindi–xomashyo–mahsulot” tamoyiliga asoslanadi.

Ekologik funksional kompozit materiallar: Polimer chiqindilarni yog‘och uni, guruch po‘stlog‘i, paxta poyasi, somon va boshqa lignosellyulozali materiallar bilan birlashtirish orqali ekologik kompozit materiallar olish mumkin. Bunday materiallarning mexanik, issiqlik va namlikka chidamlilik xususiyatlari tarkibiy komponentlarning nisbati hamda texnologik ishlov berish sharoitlariga bog‘liq. Yog‘och-polimer kompozitlar qurilishda taxta, panel, qoplama va boshqa buyumlar ishlab chiqarishda qo‘llanishi mumkin. Bunda chiqindi

polimerlar yangi polimer xomashyoga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi, o‘simlik chiqindilari esa kompozitning biologik asoslangan komponentini shakllantiradi.

Bioasosli materiallar: Qishloq xo‘jaligi chiqindilari ekologik funksional materiallar ishlab chiqarish uchun katta xomashyo bazasini tashkil qiladi. G‘o‘za poyasi, somon, guruch po‘stlog‘i, makkajo‘xori poyasi va boshqa lignosellyulozali chiqindilar tarkibida sellyuloza, gemitsellyuloza va lignin mavjud. Ularni mexanik va termokimyoviy qayta ishlash orqali bioasosli plitalar, tolali materiallar, qadoqlash materiallari, sorbentlar va kompozitlar ishlab chiqarish mumkin. Bu jarayon qishloq xo‘jaligi chiqindilarini ochiq maydonlarda yoqish zaruratini kamaytiradi va natijada atmosferaga chiqadigan ifloslantiruvchi moddalar miqdorini pasaytirishga yordam beradi.

Adsorbent materiallar: Chiqindilardan adsorbent olish ekologik funksional materiallarning istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Biomassa asosidagi biochar va aktivlashtirilgan uglerodlar suv tarkibidagi ayrim organik va noorganik ifloslantiruvchilarni yutish xususiyatiga ega. Biochar olish uchun xomashyo dastlab quritiladi, maydalanadi va kislorod miqdori cheklangan sharoitda piroliz qilinadi. Olingan material zarur hollarda fizik yoki kimyoviy aktivlashtirishdan o‘tkaziladi. Natijada g‘ovakligi va adsorbsion faolligi yuqori bo‘lgan material shakllanadi (4,5). Bunday materiallardan oqova suvlarni tozalash, tuproqdagi ayrim ifloslantiruvchi moddalarni immobilizatsiya qilish va havoni tozalash tizimlarida foydalanish mumkin.

Qurilish materiallari: Mineral chiqindilar, shisha, kul, maydalangan beton va boshqa qurilish chiqindilaridan ikkilamchi qurilish materiallari ishlab chiqarish imkoniyati mavjud. Ularni bog‘lovchi moddalar va polimer chiqindilar bilan kombinatsiyalash orqali turli kompozit materiallar olish mumkin. Masalan, maydalangan mineral chiqindilarni polimer chiqindilar bilan birlashtirish natijasida namlikka chidamli plitalar va qoplama materiallari ishlab chiqarish mumkin. Bunda bir vaqtning o‘zida ikki xil chiqindi oqimi utilizatsiya qilinadi.

Texnologik sxemaning taklif etilayotgan modeli

Chiqindilarni kompleks qayta ishlashning umumiy texnologik sxemasini quyidagicha ifodalash mumkin:

Chiqindilarni yig‘ish → dastlabki saralash → maydalash → fraksiyalash → komponentlarni ajratish → fizik-kimyoviy/biologik qayta ishlash → xomashyoni modifikatsiyalash → kompozitsiyalash → shakllantirish → quritish yoki termik ishlov berish → ekologik funksional material → tayyor mahsulot.

Ushbu texnologik yondashuvning muhim jihati shundan iboratki, qayta ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi qoldiqlar ham imkon qadar boshqa texnologik bosqichga yo‘naltiriladi. Shu tariqa “nolga yaqin chiqindi” tamoyiliga erishish imkoniyati oshadi. Kompleks qayta ishlashda materialning ekologik samaradorligini faqat chiqindining qayta ishlangan miqdori bilan baholash yetarli emas. Tayyor mahsulotning xizmat muddati, mexanik mustahkamligi, toksikligi, qayta foydalanish imkoniyati va foydalanishdan keyingi utilizatsiyasi ham hisobga olinishi kerak. Shuningdek, yangi materiallarni yaratishda **hayotiy sikl tahlili (Life Cycle Assessment – LCA)** usulidan foydalanish muhim. Ushbu yondashuv xomashyo yig‘ilishidan boshlab mahsulotni ishlab chiqarish, foydalanish va utilizatsiya qilishgacha bo‘lgan bosqichlarning ekologik ta’sirini baholash imkonini beradi (6).



Rasm-1. **Chiqindilarni dastlabki saralash jarayoni**

Texnologiyaning ekologik va iqtisodiy samaradorligi:

Chiqindilarni kompleks qayta ishlash quyidagi ekologik natijalarni ta’minlashi mumkin:

1. Poligonlarga yuboriladigan chiqindilar hajmini kamaytirish.
2. Tabiiy xomashyoga bo‘lgan ehtiyojni qisqartirish.
3. Qayta tiklanmaydigan resurslardan foydalanishni kamaytirish.
4. Atmosfera, tuproq va suvning ifloslanish xavfini pasaytirish.
5. Qishloq xo‘jaligi chiqindilarini ochiq yoqish holatlarini kamaytirish.
6. Ikkilamchi xomashyo asosida yangi mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish.
7. Mahalliy xomashyo bazasidan samarali foydalanish.

Iqtisodiy jihatdan esa chiqindilarni xomashyo sifatida qayta ishlatish yangi ishlab chiqarish yo‘nalishlarini shakllantirish, qo‘shimcha ish o‘rinlari yaratish va import qilinadigan ayrim materiallarning o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish imkonini beradi. O‘zbekiston sharoitida bunday texnologiyalarni rivojlantirishda mahalliy qishloq xo‘jaligi qoldiqlari, polimer chiqindilar, qog‘oz-karton va qurilish chiqindilaridan foydalanish ayniqsa istiqbolli hisoblanadi. Hududiy xomashyo tarkibiga mos texnologik liniyalarni yaratish transport xarajatlarini ham kamaytirishi mumkin.

Xulosa

Chiqindilarni kompleks qayta ishlash zamonaviy ekologik muammolarni hal qilish bilan birga ikkilamchi xomashyo asosida yangi funksional materiallar ishlab chiqarish imkonini beruvchi istiqbolli texnologik yo‘nalish hisoblanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, polimer, lignosellyulozali, organik va mineral chiqindilarni alohida emas, balki o‘zaro integratsiyalashgan texnologik tizim asosida qayta ishlash yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish imkoniyatini oshiradi. Ayniqsa, chiqindi polimerlar va o‘simlik biomassasidan ekologik kompozitlar, biomassadan biochar va adsorbentlar, mineral chiqindilardan esa ikkilamchi qurilish materiallari olish katta amaliy ahamiyatga ega. Kelgusida chiqindilarni kompleks qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirishda

chiqindilarning kimyoviy tarkibini chuqur tahlil qilish, optimal komponent nisbatlarini aniqlash, energiya sarfini kamaytirish va tayyor materiallarning ekologik xavfsizligini baholash muhim hisoblanadi. Shuningdek, hayotiy sikl tahlili asosida ishlab chiqarishning umumiy ekologik samaradorligini aniqlash texnologiyani sanoat miqyosida joriy etish uchun muhim mezon bo‘lib xizmat qiladi. Umuman olganda, chiqindilarni resurs sifatida ko‘rish va ulardan ekologik funksional materiallar olish aylanma iqtisodiyot, resurs tejamkor ishlab chiqarish va barqaror rivojlanish tamoyillarini amaliyotga tatbiq etishning muhim yo‘nalishlaridan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank, 2018.
2. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. 2013.
3. Hopewell J., Dvorak R., Kosior E. Plastics recycling: challenges and opportunities // Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2009. Vol. 364. P. 2115–2126.
4. Lehmann J., Joseph S. Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. 2nd ed. Routledge, 2015.
5. Mohan D., Sarswat A., Ok Y.S., Pittman C.U. Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and versatile adsorbent – A critical review // Bioresource Technology. 2014. Vol. 160. P. 191–202.
6. ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. International Organization for Standardization, 2006.
7. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made // Science Advances. 2017. Vol. 3, No. 7.
8. United Nations Environment Programme. Global Waste Management Outlook. UNEP, 2015.
9. World Bank. Solid Waste Management. Washington, D.C.: World Bank.
10. OECD. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OECD Publishing, Paris, 2022.