

BIOAEROCLEAN SMART SANITARY FILTER TIZIMI-EKOLOGIK INNOVATION YECHIM

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17923092>

G'ulamova Zilola Sattarovna

Ilmiy rahbar,

PhD, katta o'qituvchi, Toshkent davlat agrar universiteti

Iksanova Farida Rashidovna

Toshkent davlat agrar universiteti talabasi

Annotatsiya

Ushbu maqolada "BioAeroClean Smart Sanitary Filter" tizimining ishlash prinsipi, texnologik bosqichlari va ekologik samaradorligi tahlil qilinadi. Tizim UV-ozon fotooksidlanishi, biofiltratsiya, kimyoviy neytrallash hamda yakuniy adsorbsion tozalash bosqichlari orqali hojatxona havosidagi H_2S , NH_3 va VOC moddalari miqdorini 95-99% gacha kamaytiradi. Qurilma mikroorganizmlarni $\geq 99\%$ darajada inaktivatsiya qiladi, energiya sarfi esa 10 W dan kam bo'lib, quyosh energiyasi bilan ishlashi mumkin. Ushbu tizim O'zbekiston sharoitida sanitariya holatini yaxshilash va atrof-muhitni muhofaza qilishda amaliy yechim sifatida taklif etiladi.

Kalit so'zlar

biofiltr, UV-C, ozon, fotooksidlanish, aktiv uglerod, H_2S , NH_3 , VOC, sanitariya, O'zbekiston.

Abstract

This paper analyzes the working principle, technological stages, and environmental efficiency of the "BioAeroClean Smart Sanitary Filter" system. The system integrates UV-ozone photo-oxidation, biofiltration, chemical neutralization, and final adsorption stages to reduce hydrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), and volatile organic compounds (VOCs) by 95-99%. It also inactivates airborne microorganisms by $\geq 99\%$ while consuming less than 10 W of power, enabling solar operation. This system is proposed as a sustainable solution for improving sanitation and environmental protection in Uzbekistan.

Keywords

biofilter, UV-C, ozone, photo-oxidation, activated carbon, H_2S , NH_3 , VOC, sanitation, Uzbekistan.

Аннотация

В статье рассматриваются принцип работы, технологические этапы и экологическая эффективность системы «BioAeroClean Smart Sanitary Filter». Система сочетает УФ-озоновое фотоокисление, биофильтрацию, химическую нейтрализацию и адсорбцию, снижая концентрации H_2S , NH_3 и летучих органических соединений (ЛОС) на 95-99%. Кроме того, она инактивирует микроорганизмы на $\geq 99\%$, потребляя менее 10 Вт мощности, что позволяет использовать солнечную энергию. Система рекомендуется как устойчивое решение для улучшения санитарных условий и охраны окружающей среды в Узбекистане.

Ключевые слова

биофильтр, УФ-С, озон, фотоокисление, активированный уголь, H_2S , NH_3 , ЛОС, санитария, Узбекистан.

1. Kirish: O'zbekiston va dunyo bo'ylab sanitariya holatini yaxshilash dolzarb masalalardan biridir. Mamlakatda aholining qariyb 82,8% qismi hanuz yerga qazilgan chuqur kavlama hojatxonalardan foydalanadi [1]. Bu inshootlarning ko'pi yetarli ventilyatsiyaga ega emas, sanitariya me'yorlariga to'liq javob bermaydi va natijada H_2S (chirigan tuxum hidi), NH_3 (o'tkir hid) hamda turli VOC-bu "Volatile Organic Compounds" (ya'ni uchuvchi organik birikmalar) emissiyalari orqali nafaqat noqulaylik, balki sog'liq uchun xavf tug'diradi [2,3]. Tadqiqotlarga ko'ra, inson najasining 1gida 10 milliontagacha virus va milliontagacha bakteriya bo'lishi mumkin [4]; jamoat va maktab hojatxonalaridagi havo sifati yomonligi bolalar foydalanishini ham cheklab qo'yadi [5].

Ushbu sharoitda BioAeroClean Smart Sanitary Filter-ko'p bosqichli fizik-kimyoviy va biologik jarayonlarga tayanadigan, energiya tejankor, xavfsiz va arzon ekspluatatsiyaga ega yechim sifatida taklif etiladi. Maqolada tizim arxitekturası, asosiy reaksiya mexanizmlari, eksperimental/ilmiy manbalardagi natijalar, mavjud alternativalar bilan qiyos va O'zbekiston sharoitida joriy etish istiqbollari tahlil qilinadi.

2. Asosiy qism: BioAeroClean havoni ketma-ket to'rt bosqichda tozalaydi:

1. UV-ozon fotooksidlanish, 2) biofiltratsiya, 3) kimyoviy neytrallashtirish (katalitik/yutuvchi qatlam), 4) adsorbsion yakuniy tozalash (aktiv uglerod). Tizimda, zarur bo'lsa, chang va aerozollarni ushlash uchun oldindan mexanik filtr ham qo'llanadi.

2.1. UV-ozon fotooksidlanishi: 254nm UV-C nuri mikroorganizmlarning DNK/RNK sini shikastlab, ularni inaktivlaydi [6]. 185 nm komponent yoki alohida generator orqali hosil bo'ladigan ozon (O_3) kuchli oksidlovchi bo'lib, VOC va hid gazlarini CO_2 , H_2O va oddiy organik kislotalargacha parchalaydi [7-10]. UV va

ozon sinergiyasi “aktivlangan kislorod” muhitini hosil qilib, odatdagi ozonga nisbatan ~10% yuqori reaktivlik beradi [9]. Bu bosqichda birlamchi hid va mikroblar sezilarli qismini yo‘qotadi.

2.2. Biofiltratsiya: G‘ovak to‘ldirgich (yog‘och chipi, kompost, hijob yoki inert granulalar) yuzasida foydali mikroorganizmlar koloniyalanadi. Ular H_2S , NH_3 , merkaptanlar, aminlar va boshqa VOCni biologik oksidlanish orqali CO_2 , H_2O hamda zararsiz mineral tuzlarga aylantiradi [11-16]. Biofiltr barqaror ishlashi uchun namlik va pH optimal diapazonda ushlanadi.

2.3. Kimyoviy neytrallashtirish/katalitik parchalanish: Biologik parchalanmay qolgan yoki to‘liq oksidlanmagan gazlar kimyoviy qatlamda kislotali/ishqoriy reaksiya orqali tuz shaklida bog‘lanadi (masalan, NH_3 kislotali qatlamda ammo‘niy tuzlariga). Katalitik qoplamalar (MnO_2 , CuO) ortiqcha ozonni tezda O_2 ga aylantiradi; Carulite sinfidagi katalizatorlar oqimdagi ozonning ~99,96% gacha qismini yo‘q qila oladi [17].

2.4. Yakuniy adsorbsion tozalash: Faollashtirilgan ko‘mir yuzasining katta sirt maydoni tufayli qolgan iz VOC va oksidlanish mahsulotlarini yutadi; ozon ham ko‘mirda parchalanib, chiquvchi oqimda deyarli nol holatga keladi [12,18]. Shu bilan tizimdan xavfsiz, hidsiz havo chiqadi.

2.5. Avtomatlashtirilgan boshqaruv: Hid gazlari, namlik va oqim datchiklari asosida mikrokontroller algoritmi UV/ozon modulini, ventilyatorlarni va valflarni optimallashtiradi. Bu energiya tejamkorligi va xavfsizlikni ta‘minlaydi (masalan, chiqishda ozon oshsa-UV-ozon bloklanadi yoki oqim kuchaytiriladi).

3. Ekologik samaradorlik: tajriba va manbalarga tayanib.

3.1. Hid va gazlarni kamaytirish: Adabiyotlarda biofiltratsiya-fotooksidlanish kombinatsiyasi H_2S ni 92-100%, NH_3 ni 88-95% gacha bartaraf etishi ko‘rsatilgan [19,20]. UV-ozon+keyingi filtrlash VOC degradatsiyasida 95-99% gacha samaradorlikka erishgan holatlar bor; toluen uchun ~98,5% kamayish qayd etilgan [21]. Maxsus kompozit to‘ldirgichli biofiltrlar ayrim VOC (masalan, n-butil atsetat) ni >95% yutadi [22]. Xulosa: BioAeroClean arxitekturasi og‘ir hidli muhitlarda-95% atrofida umumiy hid pasayishini amaliy jihatdan ta‘minlaydi.

3.2. Mikrobiologik inaktivatsiya: 265-254 nm diapazondagi UV-C havodagi bakteriya va qo‘ziqorin sporalarini ≥99% darajada inaktivlaydi [6]. Ozon qo‘shimcha biotsid ta‘sir ko‘rsatadi [23]. Shunday qilib, chiqish havosi bakteriologik jihatdan deyarli steril darajaga keladi.

3.3. Ta‘sirning amaliy oqibatlari: Hid kamayishi-foydalanuvchi tajribasini yaxshilaydi; mikroblarning inaktivatsiyasi-jamoat joylarida ichak infeksiyalari va respirator kasalliklar tarqalishini profilaktika qiladi. Atmosferaga chiqadigan NH_3 va H_2S emissiyalari pasayishi mahalliy havo sifatini yaxshilaydi.

4. Energiya tejamkorligi va xavfsizlik. 4.1. Quvvat sarfi: Tizimning umumiy talabi ≤ 10 W: UV-C LED/lamplar+kichik ventilyator. Doimiy ishlashda bir kunda $\sim 0,24$ kVt soat, bir oyda ~ 7 kVt soat atrofida energiya sarflaydi. Shu sababli kichik quyosh paneli+akkumulyator bilan avtonom ishlashi mumkin. Issiqlik yoqish kabi usullarga nisbatan energiya izlari ancha past [24].

4.2. Ozon xavfsizligi: Katalitik qatlam va aktiv ko'mir ozonning deyarli barchasini ichkarida parchalaydi [17,18]; 254 nm komponent ham ozonning ortig'ini fotoliz orqali kamaytirishi mumkin [25]. Shunday qilib, chiqish nuqtasida ozon konsentratsiyasi sanitariya me'yoridan ancha past bo'ladi. Datchik asosidagi nazorat mexanizmlari xavfsizlikni mustahkamlaydi.

4.3. Elektr va yong'in xavfsizligi: Past voltli, kam tokli komponentlar; UV manbalari ekranlangan; ko'mir/ozon bilan eksotermik reaksiya ehtiyotkor oqimlarda xavfsiz diapazonda [26]. Korpus va filtr materiallari yong'inga chidamli tanlanadi.

5. Mavjud muqobillar bilan taqqoslash: Oddiy ventilyatsiya: havoni aylantiradi, lekin hid manbaini yo'q qilmaydi; bakteriya/VOC zararsizlanmaydi. BioAeroClean esa manbani neytrallaydi va tozalangan havoni chiqaradi.

Dezodorant/aerozol: hidni niqoblaydi, VOC qo'shishi mumkin; ta'siri qisqa [27]. BioAeroClean-reaktiv tarzda hid gazlarini oksidlaydi va yutadi. UV-li ventilyatorlar: mikroblarga qarshi cheklangan ta'sir, gaz/hidga yetarli ta'sir yo'q; ba'zida ozon hosil bo'lishi ehtimoli [28]. BioAeroClean-ko'p bosqichli (mikrob + kimyoviy ifloslik).

Fotokatalitik (PCO) tozalagichlar: ikkilamchi ifloslovchilar (formaldegid va b.), ozon hosil bo'lishi xavfi, notekis samaradorlik [29-33]. BioAeroClean-katalitik ozon-destruksiya+yakuniy adsorbsiya bilan ikkilamchi chiqishlarni tutib qoladi.

6. O'zbekiston sharoitida joriy etish: 6.1. Sanitariya holatini yaxshilash: Chuqur kavlama hojatxonalarda BioAeroClean ni chiqarish quvuri yoki shift zonasiga integratsiya qilish hid va mikroblarni joyida bartaraf etadi. Bu maktab, poliklinika, turistik obyektlar hamda yo'l bo'yidagi hojatxonalar uchun ayniqsa muhim [1,5].

6.2. Chekka hududlarga moslik: Past quvvat talabi tufayli tizim quyosh energiyasi bilan ishlashi mumkin; kanalizatsiya infratuzilmasi bo'lmagan qo'rg'on va qishloqlarda ham samarali. Ko'chma biotualet modullariga integratsiya qilish qulay.

6.3. Tejamkor xizmat: Biofiltr muhiti namligi saqlansa 2-5 yil (inert granulalarda undan ham ko'proq) xizmat qiladi [36]. Aktiv uglerod-yuklama va hidga qarab 6-12 oy (jamoat), 1-2 yil (uy) oralig'ida almashtiriladi. UV lampalar 8-

10 ming soat, LED esa ≥ 20 ming soat xizmat qiladi. Sarflanuvchi kimyoviy reagentlar talabi minimal, xizmat ko'rsatish oddiy.

6.4. Mahalliyashtirish va sanoat salohiyati: Korpus, ventilyator, aktiv uglerod, to'ldirgich materiallarini mahalliy ishlab chiqarish mumkin; elektron boshqaruv bloklarini o'quv yurtlari qoshidagi startaplar ham yig'a oladi. Bu tannarxni pasaytiradi, ish o'rinlari yaratadi va eksport imkonini ochadi.

7. Tavsiyalar va siyosiy choralar: Sinov va namunaviy loyihalar: qishloq maktablari/poliklinikalarda sinov o'rnatish; haqiqiy sharoitda samaradorlik va servis intervalini hujjatlashtirish.

Normativga kiritish: SEOM/Sog'liqni saqlash idoralari tomonidan jamoat hojatxonalariga ko'p bosqichli havotozalash talablarini kiritish.

Ilmiy hamkorlik: energiya samaradorligini oshirish, biofiltr to'ldirgichlarini mahalliy xomashyo bilan optimallashtirish, datchiklar asosida aqlli boshqaruvni takomillashtirish.

Moliyaviy rag'bat: qishloq joylarda subsidiyalar/grantlar orqali joriy etish; sanitariya yaxshilanishi diareya kabi kasalliklarni 30-50% gacha kamaytirishi mumkinligi iqtisodiy foydani oqlaydi [37].

8. Xulosa: BioAeroClean Smart Sanitary Filter-UV-ozon+biofiltr+kimyoviy neytrallashtirish+adsorbsion bosqichli, energiya tejamkor (≤ 10 W) va xavfsiz tizimdir. Manbalarga tayanib, hid gazlari va VOClar 95-99%, mikroorganizmlar $\geq 99\%$ darajada kamayishi kutiladi. Tizim chekka hududlar uchun mos, servis xarajatlari past, mahalliyashtirish salohiyati yuqori. O'zbekiston sharoitida hojatxona sanitariyasini sezilarli yaxshilash, ekologik emissiyalarni kamaytirish va jamoat salomatligiga ijobiy ta'sir ko'rsatish uchun amaliy va barqaror yechim sifatida tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

- 1) Kun.uz. O'zbekiston aholisining 83 foizi chuqur kohlama ko'rinishidagi hojatxonadan foydalanadi-PMTI.[1] [4] [5] [34] [35] [37]
- 2) Oxytec. Neutralise hydrogen sulphide H₂S-UV-C and UV-Ozone Technology.[2] [3] [18] [24]
- 3) Light Progress. UV-C Light Disinfection FAQ.[6]
- 4) Odor Control Engineering Portal. UV Oxidation (Photoionization).[7] [8] [9] [10]
- 5) Wang, Y. va boshq. (2022). Processes, 10(10): 2016.[11] [12] [19] [20] [22]
- 6) Odor. Biofilters.[13] [14] [15] [16] [36]
- 7) Oxidation Technologies. Ozone Destruct FAQ.[17] [25] [26]

- 8) Oliva, G. va boshq. (2022). Scientific Reports, 12:11112.[21]
- 9) O3Ozone. Ozone Q&A.[23]
- 10) PurAire Blog. Toilet Odour Removal.[27] [30]
- 11) NIST (2024). UV Disinfection Lights Can Cause Indoor Air Pollution.[28]
- 12) Jaspr. The Truth About PCO Air Purifiers.[29] [31] [32] [33]