



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue II, 2025

ISSN: 2181-2675

THE OCCURRENCE OF ARTIFICIAL SURFACTANTS IN WASTEWATER AND THEIR CLEANING EFFICIENCY

A.M. Yusupxo'jayeva

Department of Communal and Occupational Hygiene,
Tashkent State Medical University,
Tashkent, Uzbekistan

DOI: 10.5281/zenodo.15716904

Article History	Abstract
Received: 07.05.2025 Accepted: 23.06.2025	This article studies the occurrence of artificial surfactants (SUS) in wastewater and their cleaning efficiency. SUS, which have been widely used in industry since the 50s and 60s, are still actively used in production and domestic sectors today. They differ in their specific physicochemical properties in the aquatic environment and have a negative impact on the environment. The study analyzes the occurrence of SUS in wastewater, their sources and the level of loss in treatment facilities. The effectiveness of existing treatment technologies is also evaluated and proposals are developed to ensure environmental safety.

Keywords: artificial surfactants (AS), wastewater, treatment efficiency, environmental safety, physicochemical properties, water pollution, household chemicals.



OQAVA SUV TARKIBIDAGI SUN'IY YUZA MODDALARNI UCHRASH XOLATI VA TOZALASH SAMARADORLIGI

Annotatsiya/ Аннотация

Ushbu maqolada oqava suv tarkibida sun'iy yuza faol moddalar (SYUFM) uchrash holati va ularni tozalash samaradorligi o'rganiladi. 50–60-yillardan boshlab sanoatda keng qo'llanilayotgan SYUFMlar bugungi kunda ham ishlab chiqarish va maishiy sohalarda faol qo'llaniladi. Ular suv muhitida o'ziga xos fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan farq qilib, atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Tadqiqotda SYUFMlarning oqava suvda uchrash holati, ularning manbalari va tozalash inshootlaridagi yo'qotilish darajasi tahlil qilinadi. Shuningdek, mavjud tozalash texnologiyalarining samaradorligi baholab boriladi va ekologik xavfsizlikni ta'minlash bo'yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Kalit so'zlar/ Ключевые слова: sun'iy yuza faol moddalar (SYUFM), oqava suv, tozalash samaradorligi, ekologik xavfsizlik, fizik-kimyoviy xususiyatlar, suv ifloslanishi, maishiy kimyo.

O'tgan asrning 50-60-yillaridan boshlab texnik rivojlangan mamlakatlarda yangi kimyoviy birikma – sun'iy yuza faol moddalar (SYUFM) keng ko'lamda ishlab chiqarish boshlandi. Hozirgi kunda o'zining ko'p tarkibli va xususiyatiga ko'ra ular ishlab chiqarish korxonalari va maishiy sharoitlarda keng foydalanilmoqda [1].

Mazkur atama ostida tuzilishi va sinfi bo'yicha turli moddalar tushunilib, ularni bitta yagona xususiyat – fazalarni bo'linish yuzasiga adborbsiyalanish va yuza tortilishini kamaytirish birlashtirib turadi [2,3].

Sanoatda ishlatilish sohasi — tashqi surtish suyuqliklarini, korreziyaga qarshi tarkibli moddalar, elektrolitik qoplamalar, lak-bo'yoq tarkibning komponenti sifatida ishlatilishi, neftni qazib olish, tog' kon sanoati flotatsiyasida, yong'inga qarshi ko'pik olishda, to'qimachilik tolalarini moylashtirish va bo'yashda va boshqalarda keng qo'llaniladi. SYUFMlarni ekologik jihatdan ahamiyatli bo'ligan eng keng qo'llanish sohasi bu maishiy sharoitda qo'llaniladigan – sun'iy yuvish va tozalash moddalari (detergentlar) tayyorlash hisoblanadi. Detergent deb shunday moddalarga aytiladiki, uning bir uchi suvda erisa, boshqa uchi uglevodorod yoki yog'larda eriydi. Oqava suv tarkibidagi sun'iy yuza faol moddalarni aniqlashdan maqsad: sun'iy yuza faol moddalarni atrof muhit omillariga ko'rsatadigan zararli ta'sirini oldini olish, aholi salomatligi atrof muhit omillari bilan bog'liq bo'lgan zararli moddalardan asrash, sun'iy yuza sfaol moddalar bilan bog'liq bo'lgan zararli va xavfli ta'sirlarni oldini olish, sun'iy yuza faol moddalarni asosan suv va tuproq tarkibida bo'lishini hisobga olsak, uni atrof muhit omillari tarkibida me'yorlashtirish zaruriyati yuzaga keladi. Yuza faol moddalarning maxsus fizik-kimyoviy xususiyatlari tufayli ular maxsus kimyoviy va biologik tozalash usullari bilan ham to'liq tozalanishga ulgurmaydi va ularni ish samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue II, 2025

ISSN: 2181-2675

Chiqindi suv tarkibidagi YUFMLar eritmalar yoki sorbentlar ko'rinishida bo'ladi. Detergentlarning bir qismi suv yuza pardasi bo'ylab taqsimlanadi. Agar sobsiyaga uchragan SYUFMLar suv manbasi tubiga cho'ksa va unda to'plansa, anaerob sharoitlarda ular suv havzalarini ifloslantiruvchi manbaga aylanadi. Ochiq suv havzalarini sun'iy yuza faol moddalar bilan ifloslantiruvchi eng asosiy manbalar bo'lib, kirxonalar, kiyimlarni kimyoviy tozalash korxonalari, bo'yoq-pardoz korxonalari va avtomashinalarni yuvish shaxobchalaridan xosil bo'ladigan oqava suvlar hisoblanadi. Vaholanki bu turdagi chiqindi suvlar tarkibidagi sun'iy yuza faol moddalarni aksariyat qismini tabiiy biokimyoviy tozalash jarayoniga sezgir bo'lmagan, juda qiyin parchalanuvchi anionoaktiv va neionogen SYUFMLar tashkil etadi [4,5].

Suvda erishi va uning tavsifiga bog'liq xolda sun'iy yuza faol moddalarning quyidagi turlari farqlanadi [6]:

- anionoaktiv;
- kationoaktiv;
- amfolitli;
- neionogen.

Anionoaktiv – suvda manfiy zaryadlangan ionlar xosil qiladi. Ularga nordon oltingugurt efiri va sulfokislota tuzlari (sulfonatlar) kiradi. Radikallari alkili, alkilakrilli, alkilnaftilli bo'lishi mumkin. Birikmalarida ikkilamchi bog' va funksional guruhlar bo'lishi mumkin. Kationoaktiv – suvli eritmada musbat organik ionlarni xosil bo'lishi bilan ionizatsiyalanadi. Amfolitli – suvning rN muhitiga bog'liq xolda ular nordon eritmada kationoaktiv, ishqoriy muhitda esa anionoaktiv xususiyatlarga ega bo'ladi. Neionogen – suvli eritmada ionlarga dissosiatlanmaydi. Biokimyoviy turg'unligining darajasi va molekulasining tuzilishiga ko'ra sun'iy yuza faol moddalar yumshoq, oraliq va qattiq turlarga ajratiladi [7].

Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra hozirgi kunda xorijda xo'jalik maishiy va korxona chiqindi suvlaridan sun'iy yuza faol moddalarni chetlashtirishni ko'plab usullari mavjud. Bu usullarni shartli ravishda ikkiga – chiqindi suv tarkibida oz miqdorda (10-100 mg/l) sun'iy yuza faol moddalar saqlagan chiqindi suvlarni tozalash va ko'p miqdorda (100-1000 mg/l) sun'iy yuza faol moddalar saqlagan chiqindi suvlarni tozalash usullariga bo'linadi. O'z tarkibida kam miqdordagi sun'iy yuza faol moddalar saqlagan chiqindi suvlarni tozalashda faol ko'mirda adsorbsiyalash, polimer sorbentlardan foydalanish, teskari osmos, ozonlash usullaridan foydalanish tavsiya etiladi. Tarkibida ko'p miqdorda sun'iy yuza faol moddalar saqlagan chiqindi suvlarni tozalash uchun flokulyasiya, ekstraksiya, ion almashinuv, shuningdek – elektroflokulyasiya usullaridan foydalaniladi. Sanab o'tilgan usullarning har biri o'ziga xos bo'lgan kamchiliklar va foydalanishdagi chegaralanishlarga ega. Bir nechta usullarni texnik qo'llanilishidan birgalikda foydalanish sun'iy yuza faol moddalarni samarali ajratib olinishini ta'minlaydi.



Ko'pikli flotatsiya usuli kuchsiz konsentrlangan sun'iy yuza faol moddalar eritmalarini tozalashda samaralidir, chunki konsentratsiya oshganida ko'pik xajmi ham keskin ortadi. Ko'pik xosil qilish bilan tozalash samaradorligi bir qator omillar: muhitning rN, gaz pufakchalarining o'lchamlari, eritma qatlamining balandligi, harorati, eritmada boshqa ionlarning mavjudligiga bog'liq bo'ladi. Ko'pik xosil qilish jarayoni uchun optimal sharoitlarni yaratish yetarli darajada murakkab ishdir. Bundan tashqari, ko'pik xosil qilib tozalash chiqindi suvni oldindan boshqa moddalardan tozalashni talab etadi [8, 9, 10].

Tadqiqot materiallari va usullar. Sun'iy yuza faol moddalarni o'rganishda Toshkent shahar SEO va JSX ning kimyoviy laboratoriya bo'limi faoliyatida qo'llaniladigan xromatografik usuldan, ya'ni suyuq xromatografiya (HPLC) usulidan foydalanildi. Bu usul sun'iy yuza faol moddalarni suvda aniqlash uchun juda qulay. HPLC orqali moddalar turli fazalarda ajratilib, ularning konsentratsiyasi aniqlanadi. Namunalarni Bozsu aerostansiyasi tarkibiga kiruvchi tozalash qurilmalari xamda stansiyaga kirib kelgan umumiy kollektordan olindi.

Tabiiy detergentlar (sovun) dan farqli ravishda sun'iy detergentlar hatto qattiq suvda ham yuvish xususiyatiga ega bo'lادilar. Shunday qilib SYUFMLar ochiq suv havzalariga quyidagi yo'llar bilan tushadi: Xo'jalik –maishiy chiqindi suvlari bilan; To'qimachi, neft sanoati, kimyo sanoatidan xosil bo'ladigan oqava suvlar bilan birgalikda; Kirxonalar, avtomashinalarni yuvish shahobchalaridan xosil bo'luvchi oqava suvlar bilan; Qishloq xo'jalik dalalaridan xosil bo'ladigan oqava drenaj suvlari tarkibi bilan birlalikda tushadi.

Tadqiqot natijalari: So'nggi yillarda aholi tomonidan keng qo'llanilayotgan sun'iy yuza faol moddalarning turi, tarkibi, ishlatilish sohasi shunchalik kengayib ketdiki, ularning xar birini oqava suv tarkibida aniqlashning imkoni tobora kamayib bormoqda. Buning asosiy sababi tozalash inshootlari tarkibida ularning bir biri bilan reaksiyaga kirishib, yanada murakkab va xavfliroq bo'lgan birikmalarni xosil bo'lishi va ularni tozalash qurilmalarida ushlab qolish sharoitini og'irlashtiradi. Bizning nazoratimiz ostida bo'lgan Bozsu va Salar aerostansiyalari hududiga kirib kelayotgan oqava suvlar tarkibida muallaq moddalar asosan 4,04-3,5 mg/l ni tashkil etadi. Sun'iy yuza faol moddalar miqdori asosan Salar aestansiyasiga kirib keladigan chiqindi suv tarkibida yuqori, buning asosiy sababi Salar aerostansiyasiga asosan korxona chiqindi suvlarini kirib kelishidir. Toshkent shahridagi 6 tuman axolisidan va ushbu tumanlardagi 100 dan ortiq ishlab chiqarish korxonalaridan xosil bo'ladigan chiqindi suvlar mazkur stansiya qurilmalarida tozalanadi, ammo olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida aniqlandiki, mazkur tumanlarda faoliyat olib borayotgan OAJ "Kaya naturdarme", OAJ "Zamon", OAJ "Sharm attor", OAJ "Ayk papper" korxonalari kanalizatsiya tizimiga hech qanday tozalashlarsiz o'z texnologik jarayonlarida xosil bo'layotgan chiqindi suvlarini tashlaydi. Bu korxonalar chiqindi suvlari tarkibini esa organik moddalardan tashqari, sun'iy



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue II, 2025

ISSN: 2181-2675

yuza faol moddalar ham (3,65 mg/l) tashkil etadi. Bu holat esa Salar aerostansiyasi qurilmalarini ish samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Stansiya hududiga kirib kelgan tarkibida SYUFM saqlagan oqava suvlar aerotenk qurilmasiga kirib kelganda zudlik bilan bu moddalarning tezkor adsorbsiyasi boshlanadi. Adsorbsiya bilan yo'qotiladigan SYUFM miqdori yuza sun'iy moddalarning kimyoviy tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Ularning biokimyoviy oksidlanishi yetarli darajada faol ketmasa, ular faol il tarkibida to'planadi, bu esa ularni degradatsiyasiga olib keladi. SYUFM ichida eng yuqori salbiy xususiyatga "qattiq" sun'iy yuza faol moddalar ega bo'lib, ular agarda chiqindi suv tarkibida 15 mg/l konsentratsiyada bo'lganida aerotenkda ketadigan biokimyoviy jarayonlar yomonlashishiga olib keladi. Chiqindi suv tarkibida SYUFMlar miqdori 10 mg/l ni tashkil etgan holatlarda esa tozalanadigan suvning yuqori darajali ko'piklanishi yuzaga keladi, bu esa aerotenkda ketadigan organik moddalarni biokimyoviy oksidlanish jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Faol il degradatsiyaga uchraydi, mikroorganizmlar maydalanib ketadi, natijada faol il tarkibidagi erki suzib yuruvchi infuzoriylar, nematoidlar, pelionella kabi sodda suv hayvonchalari nobud bo'ladi, bular biologik tozalash ish qurilmalari samaradorligini pasayishidan guvohlik beradi.

Chiqindi suv tarkibidagi neionogen, ya'ni "yumshoq" SYUFMlar ham aerotenkdagi biologik tazlash bosqichiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, ammo buning uchun chiqindi suv tarkibidagi faol yuza moddalar miqdori 50 mg/l ni tashkil etishi lozim.

Bulardan ko'rinadiki, aerotenkda ketuvchi biokimyoviy oqsidlanish jarayonlariga YUFMlarning ta'sir darajasi ularning tuzilishini o'ziga xosligi va molekullarni adsorbsiyasi hamda biokimyoviy parchalanish xususiyatiga ega. Shuning uchun biologik tozalash bosqichiga kirib keladigan chiqindi suv tarkibidagi SYUFM moddalar miqdorini suxsat etilgan miqdori mavjud. Yuza faol moddalarni yuqori miqdorda saqlagan chiqindi suvlar stansiyaga kirib kelganida yoki ularni suyultirishni, yoki qo'shimcha tozalash usullaridan foydalanishni talab etadi. Salar va Bozsu aerostansiyalariga keluvchi chiqindi suv tarkibidagi SYUFMlar konsentratsiyasi 4,0 – 2,7 mg/l ni tashkil etadi. Bundan tashqari stansiyalarga kirib kelayotgan oqava suv tarkibidagi bu moddalar asosan "biologik yumshoq" neionogen moddalarni tashkil etadi. Ular uchun EKBKE bo'yicha sun'iy yuza faol moddani biokimyoviy oksidlanishi 6 soat ichida 75%-80%gachani tashkil etadi.

№1 Jadval

Salar aerostansiyasi qurilmalarida SYUFMlarni ushlab qolish ko'rsatkichlari

№	Ko'rsatkich nomi	O'lchov birligi	Kirish	Chiqish 1	Chiqish 2	Chiqish 3	Me'yor
	Sun'iy yuza faol modda	Mg/l	4,8	2,3	2,4	2,3	2,9

Jadvaldan ko'rinib turibdiki Salar aerostansiyasiga kirib kelgan chiqindi suv tarkibida SYUFMlar miqdori o'rnatilgan me'yorlardan (2,9 mg/l) yuqori, chunki stansiyaga kirib kelgan suvning tarkibida xo'jalik –maishiy chiqindi suvlardan (45%) tashqari, sanoat chiqindi suvlari (55%) ham mavjud. Ularning asosiy tarkibini aynan sun'iy yuza faol moddalar tashkil etadi.

№2 Jadval

Bozsu aerostansiyasi qurilmalarida SYUFMlarni ushlab qolish ko'rsatkichlari

№	Ko'rsatkich nomi	O'lchov birligi	Kirish	Chiqish 1	Chiqish 2	Chiqish 3	Me'yor
	Sun'iy yuza faol modda	Mg/l	3,2	2,1	2,0	2,2	2,9

Keltirilgan jadvaldan ko'rinib turibdiki, Bozsu aerostansiyasiga kirib kelgan chiqindi suv tarkibidagi yuza faol moddalar Salar aerostansiyasiga kirib keladigan chiqindi suvlardan sezilarli darajada past, buning asosiy sababi mazkur tozalash inshootlariga asosan xo'jalik-maishiy chiqindi suvlarini kelishidir. Bundan tashqari mazkur stansiyaga kirib kelayotgan chiqindi suv tarkibidagi sanoat korxona chiqindi suvlari korxonaning o'zida mavjud bo'lgan mahalliy tozalash inshootlaridan o'tkaziladi. Shundan keyin ular kanalizatsiya tizimiga tashlanadi. Bu esa albatta Bozsu tozalash stansiyasi ish samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Sun'iy faol moddalarni maishiy sharoitda, ishlab chiqarish korxonalarida va umuman axolining kundalik hayotida juda keng qo'llanilishi, chiqindi suvlarni ulardan tozalashning yanada samarali, iqtisodiy rasional bo'lgan usullarini izlab topish, ulardan oqilona foydalanish masalasini ilgari suradi. SYUFMlarni fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'ziga xosligi va ularni biologik parchalanish qobiliyati bo'yicha aloxida guruhlarga taqsimlanishi chiqindi suvlardan YUFMlarni ajratib olish, ularni zararsizlantirishni eng optimal usulini tanlab olishni qiyinlashtiradi.

Chiqindi suvlarni tozalashning dolzarb usulini tanlab olish yuza faol moddani suvdagi konsentratsiyasi, uni parchalanish xususiyati ("qattiq" yoki "yumshoq" SYUFM), chiqindi suvda boshqa ifloslantiruvchi moddalarning (neft mahsulotlari, muallaq moddalar, organik birikmalar) mavjudligi, shuningdek suvni tozalashni talab etiluvchi sifati bilan birgalikda olib



borilishi lozim. Agarda chiqindi suv tarkibini bir xil tarkibli moddalar ifloslantirsa va yuza faol moddalar miqdori me'yordan ortiq bo'lmasa, u xolda bir bosqichli, murakkab bo'lmagan sorbsiya, flotatsiya, koagulyasiya, biologik oksidlanish yoki membranali filtrlash usullaridan birini qo'llash yuqorii samaraga ega bo'ladi.

Agarda chiqindi suv tarkibi ko'p komponentli bo'lsa, tarkibida sun'iy yuza faol moddalar miqdori me'yordan ancha ko'p bo'lsa, ko'p bosqichli texnologiyalardan, ko'p bosqichli tozalash usullaridan foydalanish (elektroflotatsiya, elektroflotokoagulyasiya va boshqalar) tavsiya etiladi.

Hozirgi kunda jahonning ko'plab mamlakatlarida ko'p miqdorda xosil bo'luvchi chiqindi suvlar tarkibidagi yuza faol moddalarni chetlashtirish uchun biologik tozalash qurilmalaridan – aerotenklar va biologik hovuzlardan foydalaniladi. Aerotenklarning ish samaradorligini ta'minlash uchun quyidagi shartlarga rioya etish lozim:

- haroratni $+10^{\circ}\text{S}$ va $+30^{\circ}\text{S}$ oralig'ada ushlab turish;
- rN – neytral yoki kuchsiz ishqoriy sharoitda saqlanishini ta'minlash 7,0 dan 8,5 gacha;
- faol il dozasini yuqori miqdorda saqlanishini ta'minlash ($2-3 \text{ g/dm}^3$); - aerotendagi tozalash jarayonlarini barcha bosqichini kislorod bilan to'liq ta'minlash – aerotenkning har bir nuqtasida 2 mg/dm^3 dan kam bo'lmashligi lozim.

Ammo amaliy sharoitda chiqindi suvlarni YUFMlardan tozalashdagi eng samarali va oddiy usul bo'lib, YUFMni ko'pik ustiga fraksiyalash hisoblanadi. Usul chiqindi suvni havo bilan barbatay qilishda yuza faol ko'pik xosil qilish va adsorbsiyalanish xususiyatiga asoslanadi. Buning natijasida yuza faol moddalar turg'un qattiq ko'pik xosil qiladi, uni esa maxsus moslamalar bilan chetlashtirish mumkin. Mazkur usul bilan yuza faol moddalarni tozalashni samaradorligi 70-86%, EKBKE – 67%, EKBBE – 89%, mualliq moddalar bo'yicha esa– 71% tashkil etadi.

Xulosa

Sun'iy yuza faol moddalarning chiqindi suvi tarkibidan aniqlanishi va tozalanishi ekologiya va inson salomatligi uchun muhim ahamiyatga ega. Bu moddalarning atrof-muhitga ta'sirini tushunish va ularni aniqlashning samarali usullarini ishlab chiqish, chiqindilarni qayta ishlash va suv resurslarini muhofaza qilishda muhim rol o'ynaydi. Laboratoriya sharoitida sun'iy yuza faol moddalarni aniqlash uchun xromatografik, spektroskopik va elektrofizik usullardan foydalaniladi. Bularning har biri turli moddalarning kimyoviy, fizik va biologik xususiyatlariga asoslanib, ushbu moddalarni aniq va samarali tarzda aniqlash imkonini beradi. Tozalash jarayonida sun'iy yuza faol moddalarning chiqindilardan olib tashlanishi, ularning atrof-muhitga yoki inson salomatligiga keltirishi mumkin bo'lgan zararlarni kamaytirishga yordam beradi. Shu bilan birga, bunday tadqiqotlar suv resurslarini muhofaza qilish, qayta ishlashni amaliyotga kiritish va ekologik muammolarga hal yo'llarini topishga



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue II, 2025

ISSN: 2181-2675

imkon yaratadi. Ma'zkur jarayonlar atrof-muhit va inson uchun xavfsiz va barqaror kelajakni ta'minlashda muhim omili bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Вдовенко О. А. Методы очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ //Образование. Наука. Производство. – 2021. – С. 1335-1339.
2. Шачнева Е. Ю. Методы очистки сточных вод от неионогенных поверхностно-активных веществ //Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – №. 8. – С. 38-44.
3. Гусева А. А., Селезнев В. А. Химические методы борьбы с биологическими обрастаниями технологического оборудования систем оборотного водоснабжения //Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. – 2016. – С. 20-26.
4. Поливанова Т. В., Севрюков А. Г., Поливанова С. А. Проблемы очистки сточных вод дрожжевых производств //прогрессивные технологии и процессы. – 2015. – С. 328-332.
5. Мусаев Ш. Ж. и др. Гигиеническая оценка риска здоровью сельского населения, связанного с химическим загрязнением водных ресурсов //Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – №. 9 (282). – С. 20-23.
6. Вертинский А. П. Физико-химические методы очистки сточных вод: проблемы, современное состояние и возможные пути усовершенствования //Инновации и инвестиции. – 2019. – №. 11. – С. 257-261.
7. Бурак И. И. и др. Оценка химических и биологических показателей реки Неман. – 2020.
8. Завьялова Г. Е., Реут Л. А., Шербакова М. В. Методы контроля качества сточных вод в решении экологических проблем. – 2024.
9. Панжиев У. Р., Мирисаев А. У. Проблемы очистки коммунально-бытовых и промышленных стоков разработанными ионитами //Организационный комитет конференции. – С. 101.
10. Рахманин Ю. А. и др. Жизнедеятельность микроорганизмов и паразитарных патогенов в условиях химического загрязнения воды поверхностных водоемов //Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96. – №. 10. – С. 956-960.