UDK: 628.336:628.34

O‘ZBEKISTONNING YIRIK SHAHARLARI SHAROITIDA OQOVA SUV CHO‘KINDILARIGA ISHLOV BERISH VA SUVSIZLANTIRISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH

Z.I.Shonazarov

Annotatsiya. Maqolada O‘zbekistonning yirik shaharlaridagi oqova suvlarni tozalash inshootlarida hosil bo‘ladigan cho‘kindilarga ishlov berish va ularni suvsizlantirish jarayonini takomillashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Cho‘kindi massasi va hajmi balansi, filtrlash va quyuqlashtirish jarayonlarining matematik modellari, solishtirma filtrlash qarshiligi asosida polimer (flokulyant) dozasini optimallashtirish usuli taklif etilgan. Namunaviy hisob-kitob natijalariga ko‘ra, mexanik suvsizlantirishdan keyin cho‘kindi namligini 82 % dan 78 % ga tushirish kunlik chiqindi hajmini taxminan 18 % ga kamaytiradi. Taklif etilgan yondashuv cho‘kindini tashish va saqlash xarajatlarini kamaytirish, ekologik xavfni pasaytirish imkonini beradi.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы совершенствования технологии обработки и обезвоживания осадков сточных вод на очистных сооружениях крупных городов Узбекистана. Приведены математические модели баланса массы и объёма осадка, фильтрования и уплотнения, предложен метод оптимизации дозы флокулянта по удельному сопротивлению фильтрации. Показано, что повышение сухости обезвоженного осадка с 18 до 22 % снижает его суточный объём примерно на 18 %.

Abstract. The article addresses improvement of sewage sludge treatment and dewatering technology at wastewater treatment plants of large cities of Uzbekistan. Mathematical models of sludge mass and volume balance, filtration and thickening are presented, and a method for polymer dose optimization based on specific resistance to filtration is proposed. Raising cake dry solids from 18 to 22 % reduces the daily sludge volume by about 18 %.

Kalit so‘zlar: oqova suv cho‘kindisi, suvsizlantirish, quyuqlashtirish, solishtirma filtrlash qarshiligi, polimer dozasi, lentali filtr-press, matematik model.

Ключевые слова: осадок сточных вод, обезвоживание, уплотнение, удельное сопротивление фильтрации, доза полимера, ленточный фильтр-пресс, математическая модель.

Keywords: sewage sludge, dewatering, thickening, specific resistance to filtration, polymer dose, belt filter press, mathematical model.

1. Kirish

O‘zbekistonda aholi sonining o‘sishi, urbanizatsiya va sanoatning rivojlanishi natijasida Toshkent, Samarqand, Andijon, Namangan, Farg‘ona, Buxoro, Nukus kabi yirik shaharlarda oqova suvlar hajmi yildan-yilga ortib bormoqda. Oqova suvlarni tozalash jarayonida suv sifati yaxshilanishi bilan bir vaqtda ikkilamchi mahsulot, ya’ni cho‘kindi (iloq) hosil bo‘ladi. Cho‘kindi miqdori odatda tozalanayotgan oqova suv hajmining 0,5–1,0 % ini, ammo tozalash inshootining umumiy ekspluatatsiya xarajatlarining 30–50 % ini tashkil etadi [1, 2].

Cho‘kindining asosiy muammosi uning yuqori namligi (96–99 %) va organik moddalarning ko‘pligidir. Bunday cho‘kindini to‘g‘ridan-to‘g‘ri tashish va saqlash iqtisodiy jihatdan samarasiz, sanitar-epidemiologik jihatdan esa xavflidir. Shu sababli cho‘kindiga ishlov berish zanjiri (quyuqlashtirish → stabilizatsiya → kondisionerlash → suvsizlantirish → utilizatsiya) texnologik va iqtisodiy jihatdan eng muhim bosqichlardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston sharoitida bu masalaning o‘ziga xos jihatlari mavjud: (a) issiq va quruq iqlim, bu tabiiy quritish maydonchalaridan foydalanish imkonini beradi, lekin shaharlar atrofida yer maydonlarining yetishmasligi bu usulni cheklaydi; (b) eskirgan inshootlar va cho‘kindi maydonchalarining to‘lib qolishi; (c) suvsizlantirish uskunalarida flokulyantlarning ko‘pincha empirik, tajriba asosida emas, balki doimiy dozada ishlatilishi;

(d) cho‘kindidan qishloq xo‘jaligi va energetikada foydalanish imkoniyatlarining yetarlicha o‘zlashtirilmaganligi.

Tadqiqotning maqsadi — yirik shaharlar oqova suv cho‘kindilariga ishlov berish va suvsizlantirish texnologiyasini matematik asoslangan holda takomillashtirish, flokulyant dozasi va jarayon parametrlarini optimallashtirish usulini ishlab chiqishdir.

Tadqiqot vazifalari: 1) cho‘kindi massasi va hajmi balansini hisoblash modelini tuzish; 2) quyuqlashtirish va filtrlash jarayonlarining matematik tavsifini keltirish; 3) polimer dozasini solishtirma filtrlash qarshiligi bo‘yicha optimallashtirish usulini asoslash; 4) namunaviy hisob orqali takomillashtirishning samaradorligini baholash.

2. Adabiyotlar tahlili

Cho‘kindini suvsizlantirish nazariyasining asosi Ruth (1933) va Carman (1938) tomonidan yaratilgan filtrlash tenglamalariga borib taqaladi. Coackley va Jones (1956) cho‘kindining filtrlanuvchanligini baholash uchun solishtirma filtrlash qarshiligi (r) tushunchasini amaliyotga joriy etdi. Keyinchalik Tiller va boshqa tadqiqotchilar siqiluvchan cho‘kma qatlamining konsolidatsiya nazariyasini rivojlantirdi [3, 4]. Quyuqlashtirish jarayonining nazariy asosini esa Kynch (1952) oqim nazariyasi tashkil etadi, undan quyuqlashtirgichlarni loyihalashda keng foydalaniladi [5].

Zamonaviy tadqiqotlarda cho‘kindining suvsizlanishiga ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida quyidagilar ko‘rsatiladi: bog‘langan suv ulushi, hujayra tashqi polimer moddalari (EPS) miqdori, zarrachalar o‘lchami taqsimoti, stabilizatsiya usuli (aerob yoki anaerob) hamda kondisionerlash rejimi [1, 6]. Ko‘plab ishlarda polimer dozasining optimal qiymati mavjudligi, ya’ni kam dozada flokulyatsiya yetarli bo‘lmasligi, ortiqcha dozada esa erkin polimer hisobiga qovushqoqlik va filtrat qarshiligi ortishi qayd etilgan [1, 7].

Mahalliy me’yoriy hujjatlar (ShNK 2.04.03-96 «Kanalizatsiya. Tashqi tarmoqlar va inshootlar») cho‘kindiga ishlov berish inshootlarining hisobiy parametrlarini belgilaydi, biroq polimer dozasini real vaqtda sozlash va cho‘kindi xossalariga moslashtirish

masalalari bu hujjatlarda yetarlicha yoritilmagan. Mazkur bo‘shliq tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

3. Tadqiqot metodologiyasi va matematik asoslar

3.1. Cho‘kindi massasi va hajmi balansi

Birlamchi cho‘kindining quruq modda bo‘yicha massasi quyidagicha aniqlanadi:

$$M_1 = Q \cdot (C_kir - C_chiq) \cdot 10^{-3} = Q \cdot C_kir \cdot \eta \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

bu yerda M_1 — birlamchi cho‘kindining quruq massasi, kg/sut; Q — oqova suv sarfi, m^3/sut; C_kir, C_chiq — cho‘ktirgichga kirishdagi va chiqishdagi muallaq moddalar konsentratsiyasi, mg/l; η — cho‘ktirish samaradorligi.

Faol loy (ortiqcha biologik cho‘kindi) massasi organik ifloslik (BPK) olib tashlanishi orqali baholanadi:

$$M_2 = Y_obs \cdot Q \cdot (L_kir - L_chiq) \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

bu yerda Y_obs — loy hosil bo‘lishining kuzatiladigan koeffitsiyenti, kg QM/kg BPK; L_kir, L_chiq — BPK_5 qiymatlari, mg/l. Umumiy massa $M = M_1 + M_2$.

Cho‘kindining hajmi quruq modda massasi va namligi orqali topiladi:

$$V = M / (\rho \cdot p), \quad (3)$$

bu yerda ρ — cho‘kindi zichligi, kg/m^3 (suyuq cho‘kindi uchun $\rho \approx 1000$); p — quruq modda ulushi ($p = 1 - W/100$); W — namlik, %. Quruq modda massasi quyuqlashtirish va suvsizlantirish jarayonida o‘zgarmas deb olinsa, boshlang‘ich (p_1) va oxirgi (p_2) quruq modda ulushlarida hajmlar nisbati:

$$V_2 / V_1 = p_1 / p_2. \quad (4)$$

Ajratib olingan suv hajmi esa:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_1 \cdot (1 - p_1 / p_2). \quad (5)$$

(4) tenglamadan ko‘rinadiki, quruq modda ulushini oshirishning hajmga ta’siri nochiziqli bo‘lib, past namlik sohasida har bir foiz yutuq hajmni kamaytirishda kuchliroq samara beradi.

3.2. Quyuqlashtirish jarayonining modeli

Gravitatsion quyuqlashtirgichlarda cho‘kish tezligining konsentratsiyaga bog‘liqligi Vesilind tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$v(C) = v_0 \cdot e^{(-n \cdot C)}, \quad (6)$$

bu yerda v_0 — cheksiz suyultirilgan holatdagi cho‘kish tezligi, m/soat; n — cho‘kindi xossalariga bog‘liq doimiy, m^3/kg; C — quruq modda konsentratsiyasi, kg/m^3. Kynch nazariyasiga ko‘ra, gravitatsiya ta’sirida quyuqlashtirgich yuzasi birligi orqali o‘tadigan quruq modda oqimi:

$$G_g = C \cdot v(C), \quad (7)$$

quyuqlashtirgichning umumiy oqimi esa ostki chiqarish hisobiga qo‘shimcha oqimni ham o‘z ichiga oladi:

$$G = C \cdot v(C) + u \cdot C, \quad (8)$$

bu yerda u — ostki chiqarish natijasidagi pastga yo‘nalgan tezlik, m/soat. Quyuqlashtirgichning kerakli yuzasi chegaraviy oqim G_{lim} bo‘yicha aniqlanadi:

$$A = (Q_c \cdot C_0) / G_{lim}, \quad (9)$$

bu yerda Q_c — cho‘kindi sarfi, $m^3/soat$; C_0 — kirishdagi konsentratsiya, kg/m^3.

3.3. Filtrlash va solishtirma filtrlash qarshiligi

O‘zgarmas bosim ostida filtrlash jarayoni Ruth–Carman tenglamasi bilan tavsiflanadi:

$$t / V_f = (\mu \cdot r \cdot c) / (2 \cdot P \cdot A^2) \cdot V_f + (\mu \cdot R_m) / (P \cdot A), \quad (10)$$

bu yerda t — filtrlash vaqti, s; V_f — filtrat hajmi, m^3; μ — filtratning dinamik qovushqoqligi, Pa·s; r — solishtirma filtrlash qarshiligi, m/kg; c — birlik filtrat hajmiga to‘g‘ri keladigan cho‘kma massasi, kg/m^3; P — filtrlash bosimi, Pa; A — filtrlash yuzasi, m^2; R_m — filtr to‘siq qarshiligi, 1/m.

(10) tenglamada t/V_f ning V_f ga bog‘liqligi to‘g‘ri chiziqni beradi. Laboratoriya tajribasida (Byuxner voronkasi yoki CST-asbob) olingan nuqtalardan chiziqning og‘ish koeffitsiyenti $b = \mu \cdot r \cdot c / (2 \cdot P \cdot A^2)$ aniqlanadi va solishtirma qarshilik quyidagicha hisoblanadi:

$$r = 2 \cdot b \cdot P \cdot A^2 / (\mu \cdot c). \quad (11)$$

Solishtirma qarshilik qanchalik kichik bo‘lsa, cho‘kindi shunchalik yaxshi suvsizlanadi. Amaliyotda $r > 10^{13}$ m/kg bo‘lsa cho‘kindi qiyin suvsizlanuvchi, $r = 10^{11}$–10^{12} m/kg oralig‘ida esa yaxshi suvsizlanuvchi hisoblanadi [1, 3].

3.4. Siqiluvchan cho‘kma qatlamining konsolidatsiyasi

Lentali filtr-press va santrifugada cho‘kma qatlamini siqish bosqichi Terzaghi bir o‘lchamli konsolidatsiya tenglamasi bilan tavsiflanadi:

$$\partial u/\partial t = c_v \cdot \partial^2 u/\partial z^2, \quad (12)$$

bu yerda u — g‘ovak bosimi ortiqcha qismi, Pa; z — qatlam bo‘ylab koordinata, m; c_v — konsolidatsiya koeffitsiyenti, m^2/s. Konsolidatsiyaning o‘rtacha darajasi U ni vaqt omili $T_v = c_v \cdot t / H^2$ orqali taxminan quyidagicha yozish mumkin ($U < 0{,}6$ uchun):

$$U \approx \sqrt{(4 \cdot T_v / \pi)}, \quad (13)$$

bu yerda H — drenaj yo‘lining uzunligi, m. Formuladan ko‘rinadiki, cho‘kma qatlami qalinligi H kamaytirilsa (masalan, lenta tezligini oshirmasdan ta’minot sarfini kamaytirish orqali), siqilish vaqti kvadratik kamayadi.

3.5. Polimer dozasini optimallashtirish

Polimer dozasi D (kg/t quruq modda) ning solishtirma qarshilikka ta’siri odatda minimumga ega bo‘lgan egri chiziq bilan ifodalanadi. Mazkur bog‘liqlik ikkinchi darajali regressiya bilan yaqinlashtiriladi:

$$r(D) = a_0 + a_1 \cdot D + a_2 \cdot D^2, \quad (14)$$

bu yerda a_0, a_1, a_2 — eng kichik kvadratlar usulida topiladigan koeffitsiyentlar ($a_2 > 0$). Minimum sharti $dr/dD = 0$ dan optimal doza:

$$D_opt = -a_1 / (2 \cdot a_2), \quad (15)$$

va unga mos minimal solishtirma qarshilik:

$$r_min = a_0 - a_1^2 / (4 \cdot a_2). \quad (16)$$

Iqtisodiy nuqtai nazardan umumiy sutkalik xarajat funksiyasi quyidagicha yoziladi:

$$Z(D) = c_p \cdot D \cdot M \cdot 10^{-3} + c_t \cdot V_k(D), \quad (17)$$

bu yerda c_p — polimer narxi, so‘m/kg; M — cho‘kindi quruq massasi, kg/sut; c_t — 1 m^3 suvsizlantirilgan cho‘kindini tashish va utilizatsiya qilish xarajati, so‘m/m^3; $V_k(D) = M / (\rho_k \cdot p_k(D))$ — keki hajmi, m^3/sut; p_k(D) — kekdagi quruq modda ulushi, bu ham dozaga bog‘liq. Z(D) funksiyasining minimumi (15) dagi D_opt dan biroz boshqacha bo‘lishi mumkin: kek namligining kamayishidan olinadigan tejam polimer xarajatini qoplamaguncha doza oshiriladi. Shuning uchun amaliyotda D_opt nuqta emas, balki D_opt atrofidagi tor diapazon (±10–15 %) tavsiya etiladi.

4. Natijalar va muhokama

4.1. Namunaviy hisob uchun dastlabki ma’lumotlar

Takomillashtirish samarasini ko‘rsatish uchun shartli yirik shahar tozalash inshooti qabul qilindi. Eslatma: quyida keltirilgan kirish ma’lumotlari va laboratoriya qiymatlari ilmiy usulni namoyish etish uchun namunaviy (illyustrativ) bo‘lib, maqolani topshirishdan oldin muallifning o‘z inshootidagi haqiqiy o‘lchov natijalari bilan almashtirilishi shart.

Qabul qilingan qiymatlar: Q = 100 000 m³/sut; C_kir = 250 mg/l; η = 0,6; L_kir = 200 mg/l; L_chiq = 15 mg/l (taxminan 185 mg/l olib tashlanadi); Y_obs = 0,4 kg QM/kg BPK; birlamchi cho‘kindi namligi 96 % (p = 0,04); ortiqcha faol loy namligi 99,2 % (p = 0,008), quyuqlashtirishdan keyin 96 % (p = 0,04).

4.2. Massa va hajm balansi

(1) formula bo‘yicha: $M_1 = 100\,000 \cdot 250 \cdot 0{,}6 \cdot 10^{-3} = 15\,000$ kg/sut. (2) formula bo‘yicha: $M_2 = 0{,}4 \cdot 100\,000 \cdot 185 \cdot 10^{-3} = 7\,400$ kg/sut. Umumiy quruq massa M = 22 400 kg/sut ≈ 22,4 t/sut.

(3) formula bo‘yicha birlamchi cho‘kindi hajmi $V_1^p = 15\,000 / (1000 \cdot 0{,}04) = 375$ m³/sut; faol loy quyuqlashtirishgacha 7 400 / (1000 · 0,008) = 925 m³/sut, quyuqlashtirishdan so‘ng 7 400 / (1000 · 0,04) = 185 m³/sut. Quyuqlashtirish natijasida faol loy hajmi (4) formulaga ko‘ra 0,008 / 0,04 = 0,2 marta, ya’ni 5 barobar kamaydi. Suvsizlantirishga beriladigan aralash cho‘kindi hajmi: $V_1 = 375 + 185 = 560$ m³/sut ($p_1 = 22\,400 / (1000 \cdot 560) = 0{,}04$).

4.3. Polimer dozasini optimallashtirish natijalari

Laboratoriya sharoitida (Byuxner voronkasi, P = 0,05 MPa) turli polimer dozalarida solishtirma qarshilik va kek namligi o‘lchandi. Namunaviy natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Polimer dozasining solishtirma qarshilik va kek quruq moddasiga ta’siri (namunaviy ma’lumotlar)

Doza D, kg/t QM	0	4	6	8	10	12
r, ×10¹² m/kg	9,8	4,1	2,3	1,5	1,9	3,2
Kek quruq	14,0	18,0	21,0	23,5	23,0	21,5

Doza D, kg/t QM	0	4	6	8	10	12
moddasi p_k, %						

Eng kichik kvadratlar usulida (14) regressiya koeffitsiyentlari olindi: $a_0 = 9{,}6$; $a_1 = -1{,}95$; $a_2 = 0{,}115$ ($r \times 10^{12}$ m/kg birligida). (15) va (16) formulalarga ko‘ra:

$D_{opt} = 1{,}95 / (2 \cdot 0{,}115) \approx 8{,}5$ kg/t QM; $r_{min} = 9{,}6 - 1{,}95^2 / (4 \cdot 0{,}115) \approx 1{,}3 \cdot 10^{12}$ m/kg.

Shunday qilib, polimerning optimal dozasi taxminan 8,5 kg/t quruq modda bo‘lib, bunda cho‘kindi yaxshi suvsizlanuvchi toifaga o‘tadi. Dozaning 10 kg/t dan oshirilishi qarshilikning qayta ortishiga olib keladi, bu ortiqcha polimerning erkin holatda filtrat qovushqoqligini oshirishi bilan izohlanadi. Demak, doimiy yuqori dozada ishlash nafaqat iqtisodiy zarar, balki texnologik samarasizlikdir.

4.4. Keki hajmini kamaytirish samarasi

Boshlang‘ich holat sifatida doimiy dozada ishlayotgan va kek quruq moddasi $p_k = 0{,}18$ (namlik 82 %) bo‘lgan jarayon qabul qilindi. Optimal rejimda ($D \approx 8$ kg/t) kek quruq moddasi laboratoriya ma’lumotlariga ko‘ra 0,22–0,235 oralig‘iga yetadi; ishlab chiqarishda masshtab omili hisobiga konservativ qiymat $p_k = 0{,}22$ (namlik 78 %) olindi.

Kek hajmi (3) formula bo‘yicha ($\rho_k \approx 1000$ kg/m³ taxmin qilinganda):

$V_k(0{,}18) = 22\,400 / (1000 \cdot 0{,}18) \approx 124{,}4$ m³/sut; $V_k(0{,}22) = 22\,400 / (1000 \cdot 0{,}22) \approx 101{,}8$ m³/sut.

Kunlik tejam: $\Delta V_k = 124{,}4 - 101{,}8 = 22{,}6$ m³/sut, bu nisbiy ravishda (4) formula bo‘yicha $1 - 0{,}18/0{,}22 \approx 0{,}182$, ya’ni 18,2 % ni tashkil etadi. Yillik hisobda $22{,}6 \cdot 365 \approx$

8 250 m³ kamroq cho‘kindi tashish va utilizatsiya qilish zarur bo‘ladi. Agar bitta tashuvchi mashina 10 m³ sig‘imga ega bo‘lsa, bu yiliga taxminan 825 reysni tejashni anglatadi.

Suvsizlantirish jarayonida ajratib olingan suv hajmi (5) formula bo‘yicha: $\Delta V = 560 - 101{,}8 \approx 458$ m³/sut. Bu suv (filtrat) azot va fosforga boy bo‘lgani uchun uni tozalash inshootining boshiga qaytarishda yuklama hisobga olinishi kerak.

4.5. Texnologik takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar

Hisob-kitoblar va adabiyotlar tahlili asosida quyidagi texnologik chora-tadbirlar tavsiya etiladi.

Birinchidan, polimer dozasini smena yoki partiya bo‘yicha emas, balki cho‘kindi xossalari o‘zgarishiga qarab doimiy sozlash. Buning uchun oddiy laboratoriya testi (CST yoki Byuxner sinovi) kunlik rejimga kiritilib, (14)–(15) modeli har oyda yangilanadi.

Ikkinchidan, faol loyni suvsizlantirishdan oldin mexanik yoki flotatsion quyuqlashtirishdan o‘tkazish. (4) formula ko‘rsatganidek, quyuqlashtirish 0,8 % dan 4 % gacha amalga oshirilsa, keyingi bosqichga beriladigan hajm 5 marta kamayadi, bu esa suvsizlantirish uskunasining samarali ishlashi uchun muhim.

Uchinchidan, cho‘kindi stabilizatsiyasini (anaerob achitish) joriy qilish. Uchuvchan moddalarning 40–50 % i parchalanishi quruq massani kamaytiradi, biogaz hosil bo‘lishi esa inshootning energiya ehtiyojining bir qismini qoplaydi [1, 8].

To‘rtinchidan, suvsizlantirilgan cho‘kindini issiq iqlim sharoitida quyosh quritgichlarida qo‘shimcha quritish. Bu usul kek namligini 78 % dan 40–60 % gacha tushirib, keyingi utilizatsiya (kompostlash, qurilish materiallariga qo‘shimcha, yoqilg‘i sifatida foydalanish) imkonini kengaytiradi. Biroq tarkibidagi og‘ir metallar va patogenlar miqdori me’yoriy talablar bo‘yicha nazorat qilinishi shart.

Beshinchidan, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini (SCADA) joriy qilish: cho‘kindi sarfi, quruq modda konsentratsiyasi va polimer dozasini bog‘lovchi teskari aloqa

tizimi polimer sarfini 10–20 % ga kamaytirishi mumkinligi xorijiy tajribada ko‘rsatilgan [1, 7].

4.6. Tadqiqotning cheklovlari

Mazkur maqolada keltirilgan sonli natijalar namunaviy ma’lumotlarga asoslangan va faqat yondashuvning ishlashini ko‘rsatadi. Real inshootda cho‘kindi tarkibi (sanoat oqovalari ulushi, mavsumiylik, haroratga bog‘liq o‘zgarishlar) hisobga olinishi kerak. Shuningdek, $\rho_k \approx 1000$ kg/m³ taxmini kek uchun biroz past baho beradi (haqiqiy zichlik 1050–1100 kg/m³ bo‘lishi mumkin), lekin nisbiy samaraga (4) formula orqali ta’sir qilmaydi.

5. Xulosa

1. Yirik shaharlar sharoitida oqova suv cho‘kindisiga ishlov berish zanjirini massa va hajm balansi (1)–(5) asosida hisoblash, quyuqlashtirish va suvsizlantirish bosqichlarining texnologik hissasini miqdoriy baholash imkonini beradi.
2. Solishtirma filtrlash qarshiligi (10)–(11) va ikkinchi darajali regressiya (14)–(16) asosida polimerning optimal dozasini aniqlash usuli taklif etildi. Namunaviy hisobda $D_{opt} \approx 8{,}5$ kg/t QM va $r_{min} \approx 1{,}3 \cdot 10^{12}$ m/kg qiymatlari olindi.
3. Kek quruq moddasini 18 % dan 22 % gacha oshirish cho‘kindi hajmini taxminan 18 % ga, ya’ni sutkasiga 22,6 m³ ga kamaytiradi, bu yiliga taxminan 8 250 m³ tejamga teng.
4. Takomillashtirishning keyingi yo‘nalishlari: dozani real vaqtda boshqarish, anaerob stabilizatsiya, quyosh quritgichlari va cho‘kindini qishloq xo‘jaligi hamda energetikada utilizatsiya qilish.
5. Kelgusi tadqiqotlarda taklif etilgan modelni O‘zbekistonning aniq tozalash inshootlaridagi haqiqiy ma’lumotlar bilan kalibrovka qilish va iqtisodiy samaradorlikni to‘liq hisoblash lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014. 2048 p.

2. Turovskiy I.S., Mathai P.K. Wastewater Sludge Processing. Hoboken: Wiley-Interscience, 2006. 372 p.

3. Vesilind P.A. Treatment and Disposal of Wastewater Sludges. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1979. 2nd ed.

4. Tiller F.M., Leu W.F. Basic data fitting in filtration // Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers. 1980. Vol. 11. P. 61–70.

5. Kynch G.J. A theory of sedimentation // Transactions of the Faraday Society. 1952. Vol. 48. P. 166–176.

6. Mikkelsen L.H., Keiding K. Physico-chemical characteristics of full scale sewage sludges with implications to dewatering // Water Research. 2002. Vol. 36, No. 10. P. 2451–2462.

7. Christensen M.L., Keiding K., Nielsen P.H., Jørgensen M.K. Dewatering in biological wastewater treatment: A review // Water Research. 2015. Vol. 82. P. 14–24.

8. Appels L., Baeyens J., Degrève J., Dewil R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge // Progress in Energy and Combustion Science. 2008. Vol. 34, No. 6. P. 755–781.

9. ShNK 2.04.03-96. Kanalizatsiya. Tashqi tarmoqlar va inshootlar. Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasi.

10. Coackley P., Jones B.R.S. Vacuum sludge filtration. I. Interpretation of results by the concept of specific resistance // Sewage and Industrial Wastes. 1956. Vol. 28, No. 8. P. 963–976.