NUKUS SUV TOZALASH INSHOOTI GORIZONTAL TINDIRGICHIDA CHO‘KKAN LOYQANING FRAKSION TARKIBI VA UZUNLIK BO‘YICHA TAQSIMOTI

Seytimbetov Allayar Minsizbay uli
“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institute” Milliy tadqiqotlar universiteti Gidravlika va gidroinformatika kafedrasi, tayanch doktorant
a_seytimbetov@tiiame.uz

Annotatsiya. *Do‘stlik kanalidan suv oluvchi Nukus suv tozalash inshootidagi qirg‘ichli gorizontal tindirgich tubida to‘plangan loyqaning granulometrik tarkibi o‘rganildi. Namunalar 2026-yil 14-avgustda suv kirishidan 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 va 78 m masofalarda o‘ng tomondagi qiya tubdan olindi. Diametri 50 mm va uzunligi 0,5 m silindrsimon quvur bilan olingan har bir loyqa ustuni yaxlit namuna sifatida tekshirildi. Tahlil Toshkent shahridagi Gidroproekt tashkilotida areometrik usulda bajarilgan. Hisoblangan fraksiya yig‘indisi barcha to‘qqizta namunada 100% ni tashkil etdi. 0,05–0,002 mm oralig‘idagi fraksiyalar ulushi 5–20 m nuqtalarda o‘rtacha 9,24%, 50–78 m nuqtalarda esa 53,86% bo‘ldi. 30 m nuqtada 50,73% ga ko‘tarilgan ushbu ko‘rsatkich 40 m nuqtada 13,72% gacha kamaydi. Natijalar oxirgi qismda mayda fraksiyalar bilan boyish va mahalliy notekislik mavjudligini ko‘rsatadi. Dala kuzatuvida qirg‘ich chiqish tomoniga to‘liq harakatlanib, qaytishda kirishdagi qalin qumli qatlamdan o‘tishda qiynalgani qayd etildi. Mexanizm ta’siri, bir martalik kuzatuv va suv tushirish sharoiti sababli aniqlangan taqsimot normal ish rejimidagi cho‘kish jarayonining bevosita o‘lchovi sifatida talqin qilinmaydi.*

Kalit so‘zlar: *gorizontal tindirgich, tub cho‘kindisi, granulometrik tarkib, fraksiya, areometrik tahlil, loyqa, Do‘stlik kanali, Nukus.*

Аннотация. *Изучен гранулометрический состав наносов, скопившихся на дне горизонтального скребкового отстойника Нукусского водоочистного сооружения, получающего воду из канала Дустлик. Образцы были взяты 14 августа 2026 года на расстояниях 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 78 м от входа воды с правого откоса. Каждый столб наносов, полученный цилиндрической трубой диаметром 50 мм и длиной 0,5 м, проверялся как сплошной образец. Анализ проводился ареометрическим методом в*

организации "Гидропроект" в г. Ташкенте. Сумма рассчитанных фракций во всех девяти образцах составила 100%. Доля фракций в диапазоне 0,05–0,002 мм составила в среднем 9,24% в точках 5–20 м и 53,86% в точках 50–78 м. Этот показатель, увеличившийся до 50,73% в точке 30 м, снизился до 13,72% в точке 40 м. Результаты показывают наличие обогащения мелкими фракциями и местной неравномерности в конечной части. В ходе натурных наблюдений было зафиксировано, что скребок полностью переместился в сторону выпуска, однако на обратном пути с трудом проходил через толстый песчаный слой на входе. Из-за воздействия механизма, разового характера наблюдений и условий сброса воды выявленное распределение не рассматривается как непосредственная мера процесса осаждения в штатном режиме работы.

Ключевые слова: *горизонтальный отстойник, донные отложения, гранулометрический состав, фракция, ареометрический анализ, наносы, канал Достлик, Нукус.*

Abstract. *This study investigated the granulometric composition of the sludge accumulated at the bottom of a horizontal scraper settling tank at the Nukus water treatment plant, which draws water from the Dustlik Canal. Samples were collected on August 14, 2026, from the right-hand sloped bottom at distances of 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, and 78 m from the water inlet. Each sludge column, extracted using a cylindrical pipe with a diameter of 50 mm and a length of 0.5 m, was analyzed as a composite sample. The analysis was conducted using the hydrometer (areometric) method at the Gidroproekt organization in Tashkent. The sum of the calculated fractions totaled 100% across all nine samples. The proportion of fractions ranging from 0.05 to 0.002 mm averaged 9.24% at the 5–20 m marks and 53.86% at the 50–78 m marks. This figure, which rose to 50.73% at the 30 m mark, dropped to 13.72% at the 40 m mark. The results indicate an enrichment of fine fractions in the final section, alongside the presence of local irregularities. During field observations, it was noted that the scraper moved all the way toward the outlet, but struggled to pass through the thick sandy layer at the inlet on its return. Because of the mechanism's impact, the single-instance observation, and the water drainage conditions, the observed distribution should not be interpreted as a direct measure of the sedimentation process under normal operating conditions.*

Keywords: *horizontal settling basin, bottom sediment, granulometric composition, fraction, hydrometer analysis, silt, Dustlik Canal, Nukus.*

KIRISH

Gorizontal tindirgich tubida to‘planadigan zarrachalarning o‘lcham tarkibi cho‘kindini tavsiflash va loyqa chiqarish tizimi ishini baholash uchun zarur boshlang‘ich ma’lumotdir. Granulometrik tahlil materialning turli o‘lcham guruhlari bo‘yicha ulushini beradi, biroq uning o‘zi zarrachalarning mineral tarkibi yoki cho‘kindining mexanik mustahkamligini aniqlamaydi [1, 2, 3].

Ushbu ishning maqsadi Nukus suv tozalash inshootidagi gorizontal tindirgichning o‘ng qiya tubida yig‘ilgan loyqaning fraksion tarkibini aniqlash va uning uzunlik bo‘yicha o‘zgarishini tavsiflashdir. Tadqiqotning mahalliy natijasi to‘qqizta nuqtaning bir xil o‘lcham oraliqlari asosida taqqoslanishi hamda 30–40 m hududidagi notekislikning ajratib ko‘rsatilishidir.

Adabiyotlar sharhi

Suvni tindirish va tindirgich tubida yig‘iladigan loyqani o‘rganish suv tozalash inshootlari uchun muhim masaladir. Bu yo‘nalishdagi ishlarda suvning xususiyatlari, zarrachalarning cho‘kishi va yig‘ilgan loyqani chiqarish masalalari ko‘rib chiqilgan.

Rossiyalik tadqiqotchilar N. D. Artemenok va M. I. Urvantseva G‘arbiy Sibirdagi suv tozalash inshootlarida filtrlarni yuvishdan hosil bo‘ladigan suvlarni o‘rgangan. Ular bunday suvlarni tozalashda gorizontal tindirgichlardan foydalanish imkoniyatini tekshirgan. Tadqiqotda suvdagi zarrachalarning cho‘kish tezligiga e’tibor berilgan. Ushbu ish tindirgich o‘lchamlarini tanlashda suvdagi zarrachalarning xususiyatlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Biroq filtrlarni yuvish suvi Nukus inshootiga keladigan kanal suvidan farq qiladi. Shu sababli ularning natijalarini Nukus sharoitiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llab bo‘lmaydi [4].

D. A. Butko va hammualliflar suv tozalash inshootlarida hosil bo‘ladigan loyqaning xususiyatlarini o‘rgangan. Ular loyqani siljitish uchun kerak bo‘ladigan kuch bilan uning tuzilishi orasidagi bog‘lanishni tekshirgan. Shuningdek, laboratoriyada olingan natijalarni tindirgichning o‘zida o‘lchangan qiymatlar bilan taqqoslagan. Bu ish qirg‘ich yordamida loyqani yig‘ishni o‘rganishda zarrachalar o‘lchamidan tashqari, loyqaning siljishga qarshiligini ham tekshirish foydali ekanini ko‘rsatadi [5].

V. F. Fomina va A. V. Fomin Rossiyaning Siktivkar shahridagi suv tozalash inshootida gorizontal tindirgichlar ishini yaxshilash masalasini ko‘rib chiqqan. Ular daryo suvi sifati va haroratining mavsum davomida o‘zgarishini hisobga olgan. Tadqiqotda tindirgichning chiqish qismiga mayda havo pufakchalari yordamida tozalash bo‘limini qo‘shish taklif etilgan. Bu tajriba tindirgich ishini

baholashda mahalliy suv manbai va ishlash sharoitiga e’tibor berish kerakligini ko‘rsatadi [6].

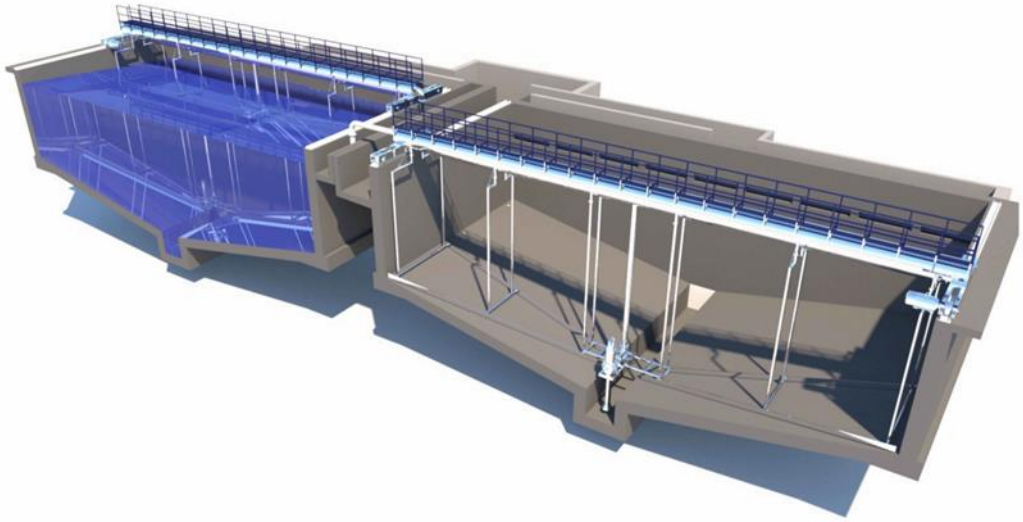
O‘zbekistonda A. X. Vaxidovning darsligida suv tozalash inshootlari va ularning ishlashi yoritilgan. Unda tozalash usuli hamda inshoot o‘lchamlari suv manbasining sifati va mahalliy sharoitga qarab tanlanishi tushuntirilgan. Ushbu manba suvni tindirishning umumiy o‘rnini tushuntiradi, ammo tindirgich tubidagi loyqaning zarracha o‘lchamlari bo‘yicha batafsil tadqiqot hisoblanmaydi [7].

Ko‘rib chiqilgan manbalarda tindirgichning ishlashi, zarrachalarning cho‘kishi va loyqaning xususiyatlari turli tomondan o‘rganilgan. Nukus suv tozalash inshootidagi tadqiqotda esa asosiy e’tibor tindirgichning turli masofalarida yig‘ilgan loyqaga qaratildi. Suv kirishidan 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 va 78 metr masofalardan olingan namunalar taqqoslandi. Bu orqali tindirgichning qaysi joylarida mayda yoki yirik zarrachalar ulushi ko‘proq ekanini aniqlash maqsad qilindi.

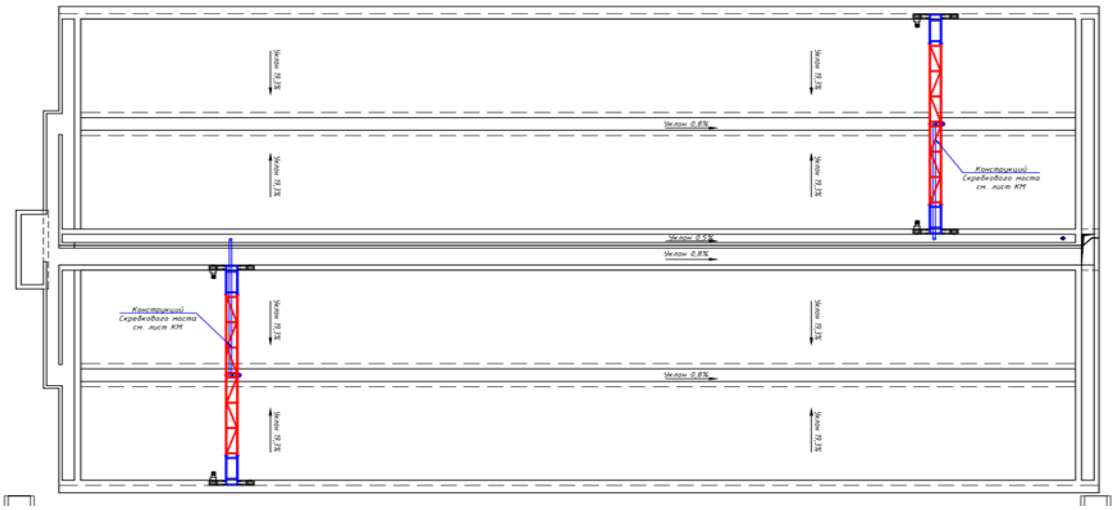
TADQIQOT OBYEKTI

Obyekt Nukus shahridagi Nukus suv tozalash inshootining qirg‘ichli mexanizm bilan jihozlangan gorizontal tindirgichidir. Suv manbai Do‘stlik kanali. Taqdim etilgan texnik jadval bir seksiya uchun uzunlikni 80 m, enini 20 m, chuqurlikni 4 m, hajmni 6 938 m³ va o‘rtacha suv sarfini 625 l/s deb ko‘rsatadi. loyihalash institutining chizmasida tub ko‘ndalang yo‘nalishda markaziy nov tomon qiya ekanligi ko‘rinadi [8].

TINDIRGICHNING KONSTRUKTIV TAVSIFI



1-rasm. Qirg‘ichli tindirgichning uch o‘lchamli loyiha tasviri.



2-rasm. Tindirgich seksiyalari va qirg‘ich ko‘priklarining rejasi.

Reja chizmasida ko‘ndalang qiyalik 19,3%, markaziy nov bo‘ylab esa 0,8% qiymati ko‘rsatilgan. O‘ng va chap tomon tushunchalari maqolada suvning asosiy harakat yo‘nalishiga nisbatan qabul qilinadi; namuna nuqtalarining ko‘ndalang aniq koordinatalari qayd etilmagan.

80 × 20 × 4 ko‘paytmasi 6 400 m³ ni beradi va texnik jadvaldagi hajmdan farq qiladi. Qiya tub va nov geometriyasi mavjudligi sababli 4 m ni barcha nuqtalar uchun bir xil chuqurlik deb olish to‘g‘ri emas. Hajm farqi chizma asosida yakuniy tekshirilmagan. Shu bois bu ishda haqiqiy tezlik, sirt yuklamasi va ushlanish vaqtini tajriba sharoitiga bog‘lab hisoblash bajarilmadi.

NAMUNA OLISH VA LABORATORIYA USULI

Namunalar 2026-yil 14-avgustda bir kunda olindi. Suv kirishidan masofalar x = 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 va 78 m bo‘lib, ular x/L = 0,0625–0,975 oralig‘ini qamrab oladi. Barcha namunalar o‘ng qiya tubdan olingan. Bir nuqtadagi mustaqil takroriy namunalar haqida ma’lumot yo‘q; ma’lumotlar to‘plami to‘qqizta joyning bittadan natijasidan iborat.

Diametri 50 mm va uzunligi 0,5 m silindrsimon quvur cho‘kindi qatlamining tubigacha botirildi. Quvurdagi butun loyqa ustuni bitta namuna sifatida tahlil qilindi. Vertikal qatlamlar alohida ajratilmadi. Quvur uzunligi cho‘kindi qalinligining o‘lchovi emas; har bir nuqtadagi botirish chuqurligi va olingan material massasi qayd etilmagan.



3-rasm. Tindirgichning o‘ng qiya tubidan silindrsimon quvur yordamida namuna olish.

Namuna olishdan oldin asosiy suv kelishi to‘xtatilgan va tindirgich bo‘shatilgan. Boshlanish qismida oz miqdorda suv tushib turgan. Tadqiqotchining dala kuzatuviga ko‘ra, qirg‘ichli mexanizm chiqish tomoniga to‘liq harakatlangan, ammo qaytishda kirishdagi qalin qumli qatlamdan o‘tishda qiynalgan. Kirish qismidagi cho‘kindi qalinroq va qumliroq bo‘lib, chiqish tomoniga qarab qum kamaygan, mayda loyqa ko‘paygan. Qumli qatlamning zich yig‘ilishi harakatga qarshilikni oshirgan bo‘lishi mumkin. Zichlik va mexanizm yuklamasi asbob bilan o‘lchanmagan. Mexanizm ishining buzilishi bilan namuna olish oralig‘i taxminan 0,5–2 kun deb baholandi. Koagulyant qo‘llanmagan.

MA’LUMOTLARNI QAYTA ISHLASH

Granulometrik tahlil jadvalda millimetr o‘lchamli yirik fraksiyalar ham mavjud. Ularning ajratilish usuli tasdiqlanmagani uchun barcha fraksiyalar faqat areometr yordamida aniqlangan deb da’vo qilinmaydi [3, 9].



4-rasm. Namuna olishdagi tub cho‘kindisi va boshlanish qismidagi qoldiq suv oqimi.

Asosiy manba Excel jadvali bo‘lib, unda 13 ta o‘lcham oralig‘i keltirilgan [10]. Bo‘sh kataklar faqat yig‘indilarni hisoblashda 0 hissasi bilan olindi; bu ular laboratoriyada mutlaq nol deb o‘lchanganini anglatmaydi. Shu konvensiyada har bir qatordagi ko‘rsatilgan foizlar 100% ga teng. 0,002 mm dan kichik fraksiya uchun alohida ustun yo‘q, shuning uchun bu fraksiya miqdori aniqlanmagan deb qoldirildi.

Taqqoslash uchun to‘rtta guruh tuzildi: >0,5 mm; 0,5–0,1 mm; 0,1–0,05 mm; 0,05–0,002 mm. Hududiy o‘rtachalar namunalar bo‘yicha oddiy arifmetik o‘rtacha bo‘lib, cho‘kindi massasi yoki uzunlik bo‘yicha vaznlanmagan.

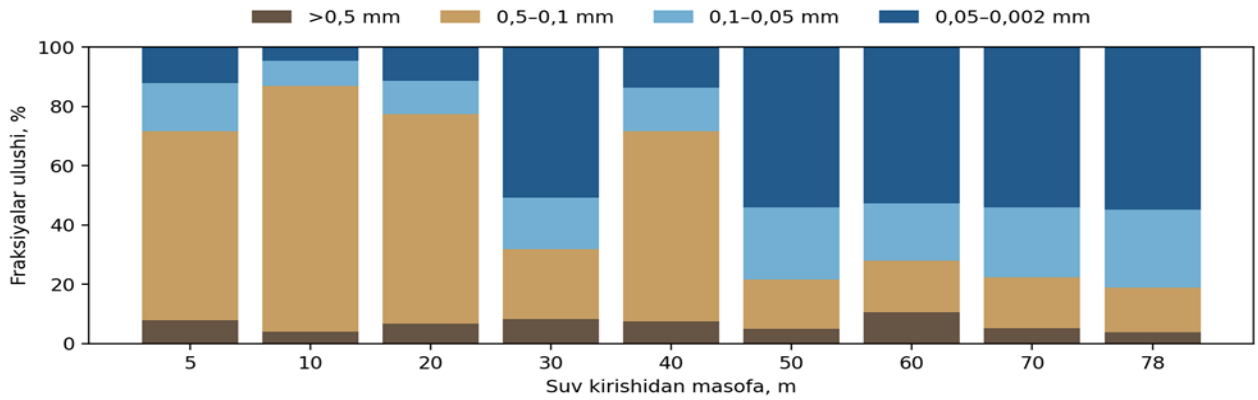
FRAKSION TARKIB NATIJALARI

Laboratoriya jadvalidagi fraksiyalarni to‘rtta guruhga birlashtirish natijalari (1-jadval)

1-jadval.

Masofa m	>0,5 mm %	0,5–0,1 mm %	0,1–0,05 mm %	0,05–0,002 mm %
5	7,93	63,83	16,24	12,00
10	4,02	82,93	8,56	4,49

20	6,75	70,64	11,38	11,23
30	8,28	23,63	17,36	50,73
40	7,59	64,02	14,67	13,72
50	4,97	16,63	24,36	54,04
60	10,51	17,49	19,33	52,67
70	5,12	17,27	23,64	53,97
78	3,86	15,06	26,34	54,74

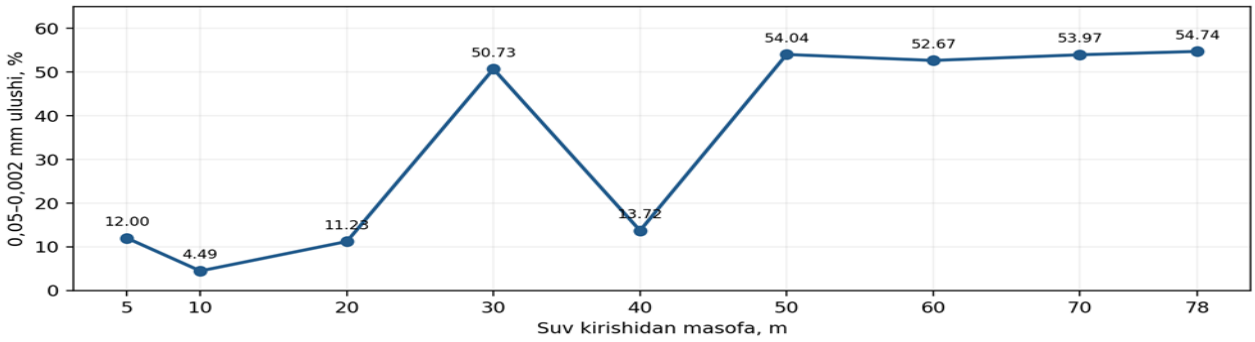


5-rasm. To‘qqizta nuqtadagi yiriklashtirilgan fraksiya guruhlarining taqsimoti.

5, 10 va 20 m nuqtalarda 0,5–0,1 mm guruhining ulushi mos ravishda 63,83; 82,93 va 70,64% bo‘ldi. 40 m nuqtada ham ushbu guruh 64,02% ni tashkil etdi. 50–78 m nuqtalarda esa uning ulushi 16,63–18,74% oralig‘iga tushdi. Shunday qilib, boshlang‘ich nuqtalar bilan oxirgi nuqtalar orasida tarkibiy farq mavjud.

>0,5 mm guruh ulushi 3,86–10,51% oralig‘ida. Eng katta qiymat 60 m nuqtada kuzatildi. Bu zarrachalarning o‘zi kattalashganini emas, shu namunada yirik zarrachalar ulushi yuqoriroq bo‘lganini bildiradi. Tadqiqotga ko'ra, qirg‘ich chiqish tomoniga yurishda materialning bir qismini surib, 60 m atrofidagi tarkibga ta’sir qilgan bo‘lishi mumkin. Bu ehtimoliy tushuntirishdir: aynan shu nuqtaga qancha material ko‘chirilgani o‘lchanmagan. Tubdagi tarkib tabiiy cho‘kish, qirg‘ich harakati va suv tushirish ta’sirini birgalikda aks ettirishi mumkin.

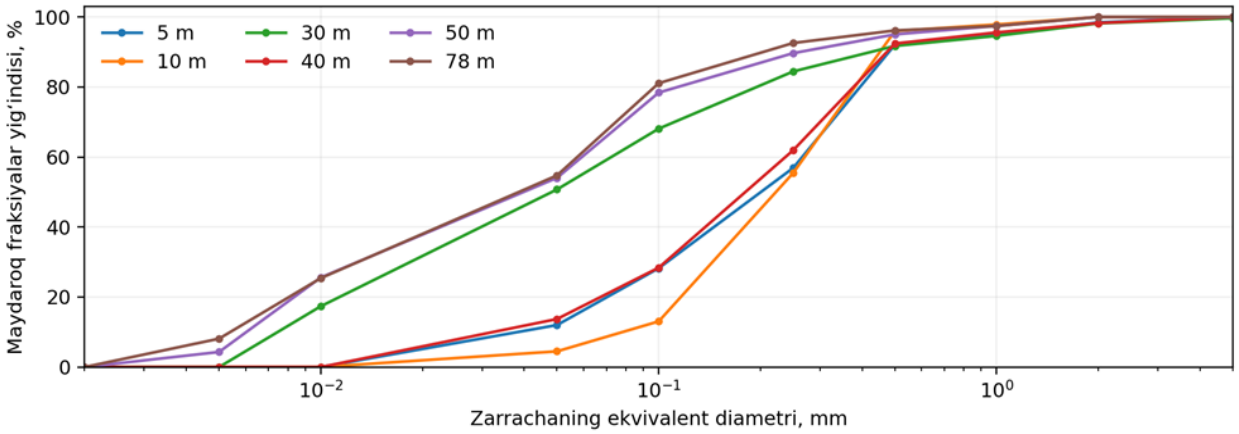
Uzunlik bo‘yicha o‘zgarish va muhokama



6-rasm. 0,05–0,002 mm fraksiyalar yig‘indisining masofa bo‘yicha o‘zgarishi. Chiziq nuqtalarni bog‘laydi, oraliqdagi o‘lchovni ifodalamaydi.

5–20 m hududdagi uch namuna uchun 0,05–0,002 mm guruhining o‘rtachasi 9,24%, 50–78 m hududdagi to‘rtta namuna uchun 53,86% bo‘ldi. Farq 44,62 foiz punktiga teng. Oxirgi hududning alohida qiymatlari 52,67–54,74% oralig‘ida joylashgan. Bu qiymatlar aynan tekshirilgan to‘qqizta namunaning tavsifiy natijalari bo‘lib, butun tindirgich loyqasining massaviy o‘rtachasi emas.

30 m nuqtada mayda guruh ulushi 50,73%, 40 m nuqtada esa 13,72% bo‘lib, mahalliy kamayish 37,01 foiz punktini tashkil etdi. Ushbu notekislikni tekislash yoki o‘lchov xatosi sifatida chiqarib tashlashga asos yo‘q. Keyingi kuzatuvlarda 25–45 m hududida zichroq joylashtirilgan namuna nuqtalari va takroriy olishlar talab qilinadi.



7-rasm. Tanlangan namunalarning kumulyativ granulometrik taqsimoti. Faqat berilgan sinf chegaralari asosida tuzilgan; <0,002 mm ulushi alohida o‘lchanmagan.

NATIJALARNING TALQINI VA TADQIQOT CHEGARALARI

Oxirgi qismdagi mayda fraksiyalar bilan boyish o‘lchamga ko‘ra fazoviy saralanish bilan mos keladi. Biroq bu holatning sababini faqat gidravlik saralanish deb belgilash mumkin emas. Oqim tuzilishi va tindirgich geometriyasining ta’siri adabiyotlarda modellashtirilgan [10, 11, 12], ushbu tajribada esa suv tezligi va

muallaq zarrachalar oqimi o‘lchanmagan. Bundan tashqari, namunalar bo‘shatilgan tindirgichdan olingan.

Dala kuzatuvida qirg‘ichning chiqish tomoniga yurishi va qaytishi bir xil sharoitda kechmagani aniqlangan. Mexanizm chiqish tomoniga to‘liq borgan, lekin qaytishda kirish qismidagi qalin qumli qatlamga duch kelib qiynalgan. Bu kuzatuv qumli cho‘kindining zich yig‘ilishi qirg‘ichga qarshilikni oshirgan bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq qatlam zichligi, qirg‘ichga ta’sir qilgan kuch va elektr yuritma yuklamasi o‘lchanmagan. Shu sababli qarshilikning miqdori yoki mexanizm ishining buzilishiga aynan qaysi fraksiya sabab bo‘lganini mavjud jadvaldan aniqlab bo‘lmaydi. Qirg‘ichning oldingi yurishi materialni surgan, suv tushirish va qoldiq oqim esa sirt qatlamini qayta siljitgan bo‘lishi mumkin. Bu ta’sirlarning alohida hissasi tekshirilmagan.

Har bir nuqtada butun ustun bitta namuna bo‘lgani sababli vertikal qatlamlanish tahlil qilinmaydi. O‘ng qiya tubdagi natijalar markaziy nov va chap tubni to‘liq ifodalamaydi. Qatlam qalinligi va massasi mavjud bo‘lmagani uchun loyqa hajmi, umumiy quruq massa yoki tozalash davriyligi hisoblanmadi. Kirish va chiqishdagi muallaq moddalar konsentratsiyasi bo‘lmagani sababli tindirish samaradorligi ham baholanmadi.

Metodik jihatdan areometrik tahlil natijasi zarrachalarning sedimentatsion ekvivalent diametriga tegishli [3]. Namuna tayyorlash tartibi noma’lum bo‘lgani uchun o‘lchangan taqsimotni ishchi suvdagi tabiiy agregatlar o‘lchamiga tenglashtirish mumkin emas. Fraksiya nomlari geometrik o‘lchamni bildiradi; mineralogik yoki kimyoviy tarkib haqida xulosa chiqarilmaydi.

XULOSA

1. Nukus suv tozalash inshootining gorizontal tindirgichida 5–78 m oralig‘idagi to‘qqizta nuqtadan olingan tub cho‘kindilarining fraksion tarkibi taqqoslandi. Namunalar 2026-yil 14-avgustda o‘ng qiya tubdan silindrsimon quvur bilan olingan.

2. 0,05–0,002 mm guruhining ulushi dastlabki 5–20 m nuqtalarda o‘rtacha 9,24%, oxirgi 50–78 m nuqtalarda 53,86% bo‘lib, 44,62 foiz punktiga farq qildi. Oxirgi nuqtalarda ushbu guruhning ulushi bir-biriga yaqin bo‘ldi.

3. 30–40 m oralig‘idagi keskin o‘zgarish tarkibning uzunlik bo‘yicha bir tekis almashmaganini ko‘rsatadi. Ushbu hudud keyingi namuna olishlarda alohida tekshirilishi lozim.

4. Dala kuzatuviga ko‘ra, qirg‘ich chiqish tomoniga to‘liq yurib, qaytishda kirishdagi qalin qumli qatlamdan o‘tishda qiynalgan. Qumning zich yig‘ilishi mexanizmga qarshilikni oshirgan bo‘lishi mumkin. 60 m namunadagi yirik

zarrachalar ulushiga qirg‘ichning materialni surishi ta’sir qilgan bo‘lishi ehtimol. Bu ikki tushuntirish kuzatuv va taxminga asoslangan bo‘lib, kuch va zichlik o‘lchovlari bilan tasdiqlanmagan. Keyingi tekshiruvlarda qatlam qalinligi va zichligi, mexanizmning harakat yo‘nalishi hamda yuritma yuklamasini bir vaqtda qayd etish, chap tub va novdan takroriy namuna olish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Guy H. P.** Laboratory Theory and Methods for Sediment Analysis // USGS Techniques of Water-Resources Investigations. – 1969. – Book 5, Chapter C1. – URL: https://pubs.usgs.gov/publication/twri05C1.

2. **International Organization for Standardization (ISO).** ISO 17892-4:2016. Geotechnical Investigation and Testing — Laboratory Testing of Soil — Part 4: Determination of Particle Size Distribution. – 2016. – URL: https://www.iso.org/standard/55246.html.

3. **ASTM International.** ASTM D7928-21. Standard Test Method for Particle-Size Distribution of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation Hydrometer Analysis. – 2021. – URL: https://store.astm.org/d7928-21.html.

4. **Artemenok N. D., Urvantseva M. I.** Комплексная оценка процессов очистки промывных вод водопроводных станций в Западной Сибири // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 2. – URL: https://vstnews.ru/ru/archives-all/2011/2011-02/1097-kompleksnaja-ocenka.

5. **Butko D. A., Lysov V. A., Nechayeva L. I., Popovyan G. V., Ryltseva Yu. A.** Косвенное определение свойств водопроводного осадка // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 2. – URL: https://www.vstnews.ru/ru/archives-all/2013/2013-02/3851-kosvennoje-opredelenije-svojstv.

6. **Fomina V. F., Fomin A. V.** Модернизация горизонтальных отстойников с использованием напорной флотации // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 6. – URL: https://www.vstnews.ru/ru/archives-all/2016/2016-06/6489-modernizacija-gorizontalnyh.

7. **Vaxidov A. X.** Avtomatika asoslari va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish: darslik. – Toshkent, 2014. – B. 134–136. – URL: https://staff.tiiame.uz/storage/users/351/books/dFc2KPzKYjzkRMlWLetGCmIRU16kCVMILzbtEBsA.pdf.

8\. Loyihalash instituti materiallari. Nukus suv tozalash inshootining gorizontal tindirgichiga oid loyiha materiallari: reja, kesimlar va uch o‘lchamli tasvirlar.

9. **ASTM International.** ASTM D6913/D6913M-17(2025). Standard Test Methods for Particle-Size Distribution of Soils Using Sieve Analysis. – URL: https://store.astm.org/d6913_d6913m-17r25.html.

10. **Stamou A., Gkesouli A.** Modeling Settling Tanks for Water Treatment Using Computational Fluid Dynamics // Journal of Hydroinformatics. – 2015. – Vol. 17, No. 5. – P. 745–762. – URL: https://iwaponline.com/jh/article/17/5/745/3505/Modeling-settling-tanks-for-water-treatment-using.

11. Comparing the Flow Dynamics and Particle Settling in Full-Scale Sedimentation Tanks of Different Lengths // Water Supply. – 2017. – Vol. 17, No. 4. – P. 998–1006. – URL: https://iwaponline.com/ws/article-abstract/17/4/998/14983/Comparing-the-flow-dynamics-and-particle-settling.

12. **Ghawi A. H., Kriš J.** A CFD Methodology for the Design of Rectangular Sedimentation Tanks in Potable Water Treatment Plants // AQUA. – 2009. – Vol. 58, No. 3. – P. 212–220. – DOI: 10.2166/aqua.2009.027.