TOG‘ OLDI HUDUDLARIDA TOMCHILATIB SUG‘ORISH SUVLARIDAGI MUALLAQ ZARRACHALARNING MORFOLOGIK VA O‘LCHAM XUSUSIYATLARI ASOSIDA FILTR TURINI TANLASHGA MUHANDISLIK YONDASHUVI

Xolmatova Xusnora Nurmuxammad qizi
“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti
kholmatovakhusnora@gmail.com

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqot tog‘ oldi hududlarida tomchilatib sug‘orish tizimlarida foydalaniladigan suv tarkibidagi mexanik muallaq zarrachalarning morfologik va o‘lcham xususiyatlarini SEM usulida aniqlash hamda ushbu ma’lumotlar asosida filtr turini tanlashga dastlabki muhandislik yondashuvini shakllantirishga qaratilgan. Tadqiqot Toshkent viloyati Parkent tumanidagi suv manbalaridan olingan namunalar asosida olib borildi. SEM tahlilida zarrachalarning o‘lchami keng diapazonda ekanligi va turli morfologik shakllarda uchrashi aniqlandi. Olingan natijalar tomchilatib sug‘orish tizimlarini mexanik zarrachalardan himoyalash qurilmalarini tanlashda zarracha o‘lchami va morfologiyasini hisobga olish zarurligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari filtrning yakuniy konstruktiv parametrlarini belgilash emas, balki keyingi gidravlik va ekspluatatsion sinovlar uchun dastlabki muhandislik asosini shakllantiradi.*

Kalit so‘zlar: *tomchilatib sug‘orish, muallaq zarrachalar, zarracha o‘lchami, zarracha morfologiyasi, fizik tiqilish, filtr, tomchilatkich, tog‘ oldi hududi, sug‘orish suvi, mexanik zarrachalar.*

Аннотация. *Данное исследование направлено на определение морфологических и размерных характеристик механических взвешенных частиц, содержащихся в воде, используемой в системах капельного орошения в предгорных районах, методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), а также на формирование предварительного инженерного подхода к выбору типа фильтра на основе полученных данных. Исследование проводилось на основе образцов, отобранных из источников воды в Паркентском районе Ташкентской области. С помощью СЭМ-анализа*

установлено, что частицы имеют широкий диапазон размеров и встречаются в различных морфологических формах. Полученные результаты показали необходимость учета размеров и морфологии частиц при выборе устройств для защиты систем капельного орошения от механических частиц. Результаты исследования не предназначены для определения окончательных конструктивных параметров фильтра, а формируют предварительную инженерную основу для последующих гидравлических и эксплуатационных испытаний.

Ключевые слова: *капельное орошение, взвешенные частицы, размер частиц, морфология частиц, физическое засорение, фильтр, капельница, предгорная территория, оросительная вода, механические частицы.*

Abstract. *This study is aimed at determining the morphological and size characteristics of mechanical suspended particles contained in water used in drip irrigation systems in foothill areas using scanning electron microscopy (SEM), as well as developing a preliminary engineering approach to filter type selection based on the obtained data. The study was conducted using samples collected from water sources in Parkent District, Tashkent Region. SEM analysis showed that the particles have a wide size range and occur in various morphological forms. The obtained results demonstrated the need to consider particle size and morphology when selecting devices for protecting drip irrigation systems from mechanical particles. The results of the study are not intended to determine the final design parameters of the filter but provide a preliminary engineering basis for subsequent hydraulic and operational tests.*

Keywords: *drip irrigation, suspended particles, particle size, particle morphology, physical clogging, filter, emitter, foothill area, irrigation water, mechanical particles.*

1. Kirish. Tomchilatib sug‘orish tizimlarining barqaror ishlashiga sug‘orish suvining tarkibidagi mexanik muallaq zarrachalar salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Ushbu zarrachalar tomchilatkichlarning tor oqim kanallariga kirib, suv o‘tish kesimini kamaytirishi yoki oqim yo‘lini to‘sib qo‘yishi natijasida fizik tiqilish jarayonini yuzaga keltiradi. Tadqiqotlarda tomchilatkichlarning tiqilish darajasi zarrachalarning o‘lchami va konsentratsiyasi, shuningdek, tomchilatkich konstruksiyasi va suv oqimining gidravlik sharoitlari bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan [1, 2, 7, 8].

Tomchilatib sug‘orish tizimlarida tiqilish fizik, kimyoviy va biologik jarayonlar natijasida yuzaga kelishi mumkin [3, 4]. Mexanik zarrachalar bilan bog‘liq fizik tiqilishning oldini olishda sug‘orish suvini tizimga uzatishdan oldin mexanik tozalash muhim hisoblanadi. Buning uchun amaliyotda to‘rli (screen), diskli va donador muhitli (media) filtrlardan foydalaniladi [5, 6]. Filtrlash qurilmasini tanlashda suvdagi zarrachalarning xususiyatlari bilan bir qatorda, tizim sarfi, ish bosimi, ruxsat etilgan bosim yo‘qotilishi va tomchilatkichlarning konstruktiv talablari ham hisobga olinadi [5, 6].

Suvdagi umumiy muallaq moddalar miqdori (TSS) zarrachalar yuklamasini umumiy baholash imkonini beradi, biroq ushbu ko‘rsatkich alohida zarrachalarning o‘lchami va shakli haqida ma’lumot bermaydi. Ayniqsa, mexanik filtrlash nuqtayi nazaridan zarrachalarning o‘lcham diapazoni va morfologik xususiyatlarini alohida baholash muhimdir. Skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yordamida zarrachalarning morfologiyasi va geometrik o‘lchamlarini mikrometr diapazonida kuzatish mumkin.

Shu nuqtayi nazardan, tog‘ oldi hududlaridagi sug‘orish suvlarida uchraydigan mexanik muallaq zarrachalarning individual xususiyatlarini o‘rganish filtratsiya qurilmalarini dastlabki tanlash uchun qo‘shimcha ma’lumot berishi mumkin. Bunda SEM natijalari filtrning amaliy samaradorligini bevosita belgilamaydi, balki zarracha xususiyatlari bilan filtrning nominal filtrlash talablari o‘rtasidagi dastlabki muhandislik bog‘lanishini shakllantirishga xizmat qiladi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi Parkent tumani tog‘ oldi hududlarida tomchilatib sug‘orishda foydalaniladigan suv tarkibidagi mexanik muallaq zarrachalarning morfologik va o‘lcham xususiyatlarini SEM asosida baholash hamda olingan natijalar asosida filtr turini tanlash uchun dastlabki muhandislik yondashuvini ishlab chiqishdan iborat.

2. MATERIALLAR VA TADQIQOT USULLARI

2.1. Tadqiqot hududi va suv namunalarini olish. Tadqiqot uchun Parkent tumani tog‘oldi hududlarida tomchilatib sug‘orishda foydalaniladigan suv manbalaridan 7 ta namuna olindi. Namunalar quyidagi manbalardan olindi: S1 — Nevich soyi; S2 — Novdak katta arig‘i; S3 — sug‘orish basseyni; S4 — Shampan soyining 1-nuqtasi; S5 — Nodir Rufat basseyni; S6 — Shampan soyining 2-nuqtasi; S7 — Shampan katta arig‘i.

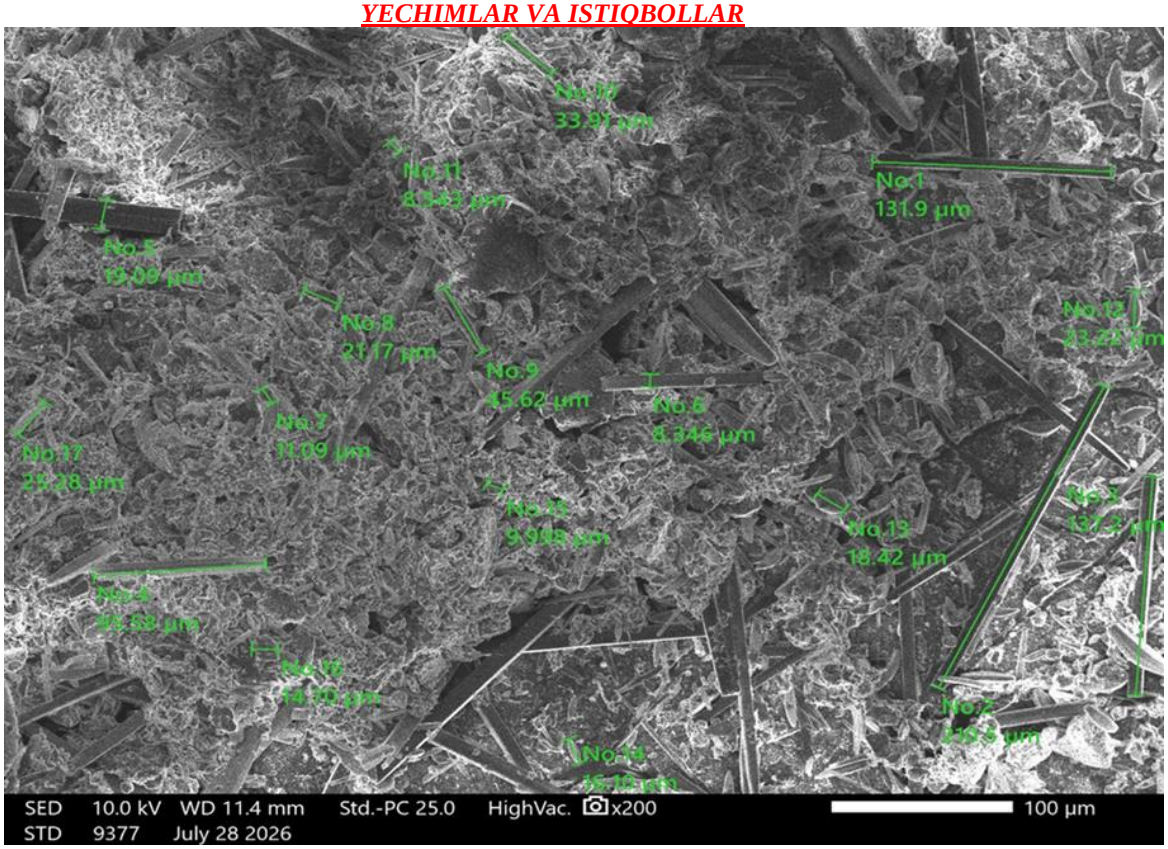
Har bir suv namunasi 1 L sig‘imli shisha idishga olindi. Namunalar laboratoriya sharoitida mexanik muallaq zarrachalarni ajratish va keyinchalik SEM tahlilini amalga oshirish uchun tayyorlandi.

SEM tahlili uchun S1 — Nevich soyidan olingan namuna tanlandi. Mazkur namuna bo‘yicha SEM tasvirida aniqlangan zarrachalar ushbu tadqiqotda morfologik va o‘lcham xususiyatlarini baholash uchun asos qilib olindi. Shu sababli SEM natijalari barcha 7 ta suv manbasining to‘liq zarracha tarkibini emas, balki S1 namunasida kuzatilgan va tahlil qilingan zarrachalarni tavsiflaydi.

2.2. Namunani membranali ajratish. Suv namunasidagi muallaq zarrachalarni SEM tahliliga tayyorlash maqsadida membranali vakuum filtrlash usulidan foydalanildi. Filtrlash jarayonida LH-85 diafragmali vakuum nasosi qo‘llanildi. Qurilmaning maksimal vakuumi 150 mbar, unumdorligi 30 L/min, elektr ta’minoti 220 V, 50 Hz va quvvati 180 W ni tashkil etdi.

Filtrlashdan so‘ng membrana yuzasida ushlanib qolgan zarrachalar SEM tahliliga tayyorlandi. Ushbu tadqiqotda membrananing nominal g‘ovak o‘lchami aniqlanmaganligi sababli, SEM tasvirlarida kuzatilgan zarrachalar suv namunasidagi barcha mexanik zarrachalarning to‘liq granulometrik tarkibini ifodalamaydi. Shuning uchun olingan natijalar membrana yuzasida ushlangan zarrachalarning morfologik va geometrik xususiyatlarini tavsiflash sifatida talqin qilindi.

2.3. SEM tahlili. Membranada ushlangan zarrachalarning morfologik xususiyatlarini o‘rganish uchun JEOL IT-210 skanerlovchi elektron mikroskopidan foydalanildi. Tasvirga olish 10,0 kV tezlashtiruvchi kuchlanishda, SED detektori va 11,4 mm ishchi masofada amalga oshirildi. Tahlil yuqori vakuum sharoitida bajarildi. SEM tahliliga tayyorlash jarayonida namuna qoplama (coating) bosqichidan o‘tkazildi.



1-rasm. S1 — Nevich soyidan olingan suv namunasidagi mexanik muallaq zarrachalarning SEM tasviri. SED detektori, tezlashtiruvchi kuchlanish — 10,0 kV; ishchi masofa — 11,4 mm; masshtab chizig‘i — 100 µm.

Olingan SEM tasvirida masshtab chizig‘i 100 µm ni tashkil etdi. Zarrachalarning o‘lchamlari ushbu masshtabga nisbatan aniqlanib, tahlil uchun konturi yetarlicha aniq ko‘rinadigan va tasvir chegarasida to‘liq joylashgan zarrachalar tanlandi. Jami 17 ta zarracha o‘lcham bo‘yicha tahlil qilindi.

2.4. Zarracha o`lchamini aniqlash. SEM tasviridagi zarrachalarning o‘lchami ularning maksimal geometrik uzunligi asosida baholandi. Bunda zarrachaning tasvirda ko‘rinadigan eng katta chiziqli o‘lchami 100 µm masshtab chizig‘iga nisbatan aniqlandi. Ushbu yondashuv zarrachalarni ekvivalent diametr yoki sferik zarracha sifatida baholashni nazarda tutmaydi.

Tahlil qilingan 17 ta zarrachaning maksimal geometrik uzunligi 8,346–210,5 µm oralig‘ida bo‘ldi. Ularning o‘rtacha qiymati 48,86 µm, median qiymati esa 21,17 µm ni tashkil etdi.

Zarrachalar quyidagi o‘lcham guruhlariga ajratildi: <10 µm, 10–20 µm, 20–50 µm, 50–100 µm va >100 µm. Har bir guruhdagi zarrachalar sonining jami tahlil qilingan zarrachalar soniga nisbati quyidagi ifoda orqali hisoblandi:

$$P_i = (n_i/N) \times 100,$$

bu yerda P_i — i-guruh zarrachalarining ulushi, %; n_i — ushbu guruhdagi zarrachalar soni; N — tahlil qilingan jami zarrachalar soni.

2.5 Morfologik baholash. SEM tasvirlarida zarrachalarning tashqi morfologik shakli vizual ravishda baholandi. Bunda zarrachalarning geometrik ko‘rinishi, konturining muntazam yoki notekisligi, cho‘zilganligi, plastinkasimonligi va sirtining nisbatan silliq yoki g‘adir-budir ko‘rinishi qayd etildi. Kuzatilgan zarrachalar orasida yumaloq, notekis, cho‘zilgan, konussimon, plastinkasimon va burchakli shakllar uchradi. Morfologik kuzatuvlar zarrachalarning suv oqimidagi harakati va filtrlovchi element bilan o‘zaro ta’sirini tushuntirish uchun qo‘shimcha tavsif sifatida qo‘llanildi. Biroq SEM tasvirining o‘zi zarrachalarning mineralogik yoki kimyoviy tarkibini aniqlash imkonini bermaganligi sababli, bunday xulosalar ushbu tadqiqotda chiqarilmadi. Zarrachalarning element tarkibini aniqlash uchun energiya-dispersiv rentgen spektroskopiyasi (EDS) kabi qo‘shimcha tahlil usullaridan foydalanish talab etiladi.

2.6 Filtr turini tanlashga dastlabki muhandislik yondashuvi. SEM tahlilida aniqlangan zarrachalarning o‘lcham va morfologik xususiyatlari mexanik filtrlash qurilmasini dastlabki tanlashda hisobga olinishi mumkin. Biroq SEM tasvirida aniqlangan zarracha o‘lchamini filtrning aniq to‘r ko‘zchasi yoki nominal filtrlash darajasi bilan bevosita tenglashtirish to‘g‘ri emas. Chunki real filtrlash jarayonida zarrachalarning shakli, filtr materiali, suv sarfi, ish bosimi, zarrachalar konsentratsiyasi va filtrning ekspluatatsion holati ham natijaga ta’sir qiladi.To‘rli va diskli filtrlar mexanik zarrachalarni ajratishda keng qo‘llaniladigan filtrlash qurilmalari hisoblanadi [5, 6]. To‘rli filtrlar uchun nominal to‘r o‘lchami mesh soni va unga mos teshik o‘lchami orqali ifodalanadi. University of Florida ma’lumotlariga ko‘ra, masalan, 120 mesh taxminan 125 µm, 150 mesh 105 µm, 180 mesh 89 µm, 200 mesh 74 µm, 270 mesh 53 µm va 325 mesh 44 µm nominal ochilish o‘lchamlariga mos keladi [9]. Ushbu qiymatlar to‘rli filtrlarni zarracha o‘lchami bilan dastlabki geometrik jihatdan taqqoslash uchun foydalanilishi mumkin.Biroq mazkur tadqiqot natijalari asosida ma’lum bir mesh qiymatini optimal filtr sifatida belgilash maqsadga muvofiq emas. Filtrning amaliy tanlovi tomchilatkich ishlab chiqaruvchisi tomonidan tavsiya etilgan filtrlash darajasi, tomchilatkichning suv o‘tish kanali, tizim sarfi va bosim sharoitlari hamda filtrning ifloslanish va tozalash sharoitlari bilan birgalikda baholanishi lozim [9]. Shu sababli ushbu tadqiqotda SEM natijalari filtr turini tanlashning dastlabki mezoni sifatida

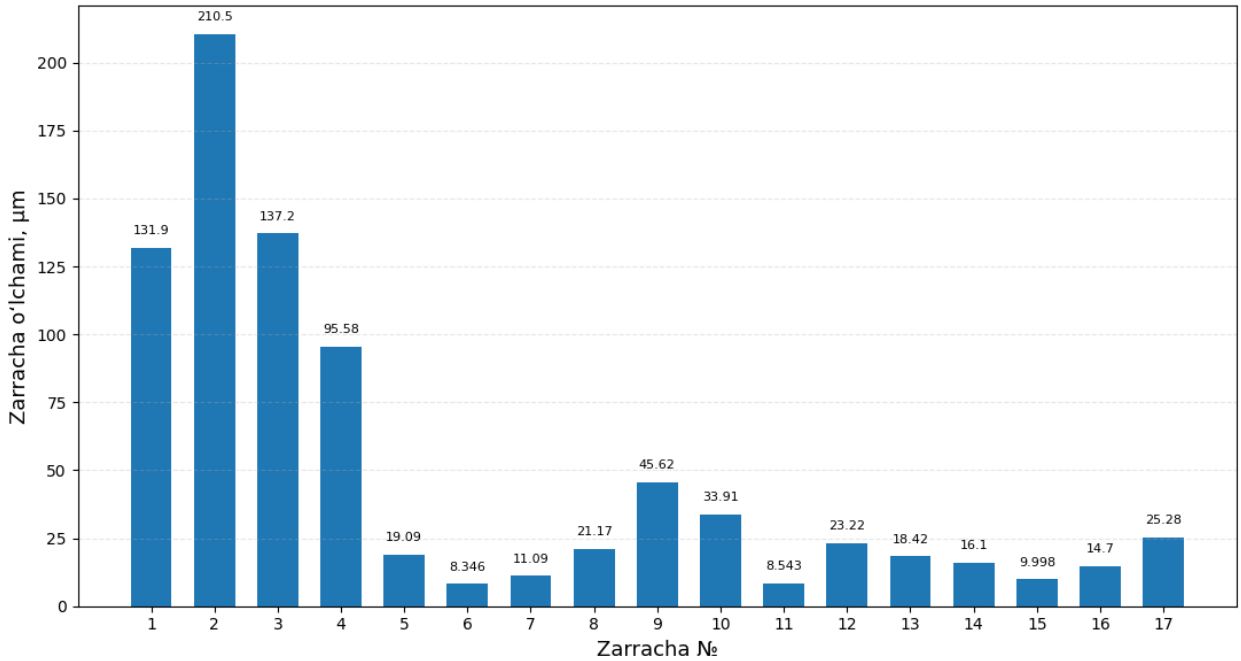
qaralib, yakuniy filtr parametrlarini aniqlash keyingi gidravlik va ekspluatatsion tajribalarga qoldiriladi.

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

3.1. Zarrachalarning morfologik xususiyatlari. S1 — Nevich soyidan olingan suv namunasining SEM tasvirida turli geometrik shakl va sirt xususiyatlariga ega bo‘lgan mexanik muallaq zarrachalar kuzatildi (1-rasm). Tahlil qilingan zarrachalar orasida yumaloq, notekis, cho‘zilgan, konussimon, plastinkasimon va burchakli shakllar qayd etildi. Ayrim zarrachalar nisbatan silliq konturga ega bo‘lsa, ayrimlarida notekis va g‘adir-budir sirt ko‘rinishi kuzatildi.

Zarrachalarning shakli va sirt morfologiyasidagi bunday farqlar ularning suv oqimidagi harakati hamda filtrlovchi element bilan o‘zaro ta’siriga ta’sir qilishi mumkin. Ilgari olib borilgan tadqiqotlarda zarracha xususiyatlari, jumladan, ularning o‘lchami va shakli, shuningdek, suv oqimining gidrodinamik sharoitlari tomchilatkichlarda fizik tiqilish jarayoni bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan [1, 2, 7, 8]. Biroq ushbu tadqiqotda zarrachalarning filtrdagi harakati yoki ushlanish jarayoni alohida tajriba orqali aniqlanmaganligi sababli, SEM asosidagi morfologik kuzatuvlar ushbu jarayonlarning bevosita isboti sifatida emas, balki qo‘shimcha tavsif sifatida qaraladi.

3.2. Zarrachalarning o‘lcham xususiyatlari. SEM tasvirida o‘lchami aniqlangan 17 ta zarrachaning maksimal geometrik uzunligi 8,346–210,5 µm oralig‘ida bo‘ldi. Zarralarning o‘rtacha maksimal geometrik uzunligi 48,86 µm, median qiymati esa 21,17 µm ni tashkil etdi.



2-rasm. S1 — Nevich soyidan olingan suv namunasida SEM tasvirida aniqlangan 17 ta zarrachaning maksimal geometrik uzunligi.

O‘lchamlarning keng diapazonda kuzatilishi namunada mayda va nisbatan yirik mexanik zarrachalar birgalikda mavjudligini ko‘rsatadi.

Tahlil qilingan zarrachalarning 11 tasi, ya’ni 64,7 %, 10–50 µm oralig‘ida joylashgan. Shu bilan birga, 100 µm dan katta bo‘lgan 3 ta zarracha (17,6 %) ham aniqlandi. Ushbu natijalar S1 namunasining SEM tasvirida nisbatan mayda zarrachalar bilan bir qatorda yirik mexanik zarrachalar ham mavjudligini ko‘rsatadi.

Shuni ta’kidlash kerakki, keltirilgan foizlar suv namunasidagi barcha zarrachalarning ulushini emas, balki SEM tasvirida aniqlanib, o‘lchami baholangan 17 ta zarracha orasidagi taqsimotni ifodalaydi. Bundan tashqari, membrananing nominal g‘ovak o‘lchami aniqlanmaganligi sababli, ushbu natijalar suv namunasining to‘liq granulometrik tarkibi sifatida talqin qilinmaydi.

3.3. Zarracha o`lchamlarining filtr tanlashdagi ahamiyati. Aniqlangan zarracha o‘lchamlari tomchilatib sug‘orish tizimida mexanik filtrlash talablarini dastlabki baholash uchun muhim ma’lumot beradi. Xususan, 10–50 µm oralig‘idagi zarrachalarning tahlil qilingan namunalardagi ulushi yuqori bo‘lishi nisbatan mayda mexanik zarrachalarni ham hisobga oladigan filtrlash yechimini ko‘rib chiqish zarurligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, 100 µm dan katta zarrachalarning mavjudligi yirik mexanik aralashmalarni tizimning keyingi qismlariga o‘tkazmaslik masalasini ham dolzarb qiladi.

Biroq SEM tasvirida aniqlangan maksimal geometrik uzunlikni filtrning nominal teshik o‘lchami bilan bevosita tenglashtirish mumkin emas. Zarrachaning filtr orqali o‘tishi yoki ushlanishi uning shakli va yo‘nalishi, filtr elementining konstruksiyasi va materiali, suv sarfi, ish bosimi, zarrachalar konsentratsiyasi hamda filtrning ifloslanish holatiga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu sababli SEM natijalari filtrning aniq filtrlash samaradorligini emas, balki filtr turini dastlabki tanlash uchun zarur bo‘lgan zarracha xususiyatlarini tavsiflaydi.

3.4. To`rli filtrlarning geometrik taqqoslanishi. To‘rli filtrlarni dastlabki baholashda ularning mesh soniga mos nominal teshik o‘lchamlarini SEM tasvirida aniqlangan zarracha o‘lchamlari bilan geometrik jihatdan taqqoslash mumkin. University of Florida ma’lumotlariga ko‘ra, to‘rli filtrlar uchun 120 mesh taxminan 125 µm, 150 mesh 105 µm, 180 mesh 89 µm, 200 mesh 74 µm, 270 mesh 53 µm va 325 mesh 44 µm nominal teshik o‘lchamlariga mos keladi [9]. 1-jadvalda ushbu

nominal qiymatlar 17 ta tahlil qilingan zarrachaning maksimal geometrik uzunligi bilan taqqoslangan.

1-jadval. SEM tasvirida aniqlangan 17 ta zarrachaning to‘rli filtrlarning nominal teshik o‘lchamlari bilan geometrik taqqoslanishi

To‘rli filtr, mesh	Nominal teshik o‘lchami, µm	O‘lchami teshikdan kichik bo‘lgan zarrachalar, dona	Ulushi, %
120 mesh	125	14	82,4
150 mesh	105	14	82,4
180 mesh	89	13	76,5
200 mesh	74	13	76,5
270 mesh	53	13	76,5
325 mesh	44	12	70,6

Izoh: “O‘lchami teshikdan kichik bo‘lgan zarrachalar” ko‘rsatkichi zarrachaning maksimal geometrik uzunligini filtrning nominal teshik o‘lchami bilan taqqoslash asosida hisoblangan. Ushbu ulush filtrning haqiqiy zarracha ushlab qolish samaradorligini ifodalamaydi.

3.5. Jadval natijalarining muhokamasi. 1-jadvaldan ko‘rinadiki, 125 µm nominal teshik o‘lchamiga ega 120 mesh variantida 17 ta zarrachadan 14 tasi (82,4 %) ushbu qiymatdan kichik maksimal geometrik uzunlikka ega. 105 µm nominal teshik o‘lchamiga ega 150 meshda ham 14 ta zarracha (82,4 %) ushbu mezonga mos keladi. 89 va 74 µm nominal teshik o‘lchamlariga mos 180 va 200 mesh variantlarida bu ko‘rsatkich 13 ta zarrachani (76,5 %) tashkil etdi. 53 µm va 44 µm nominal teshik o‘lchamlariga ega 270 va 325 mesh variantlarida esa mos ravishda 13 ta (76,5 %) va 12 ta (70,6 %) zarracha nominal ochilishdan kichik bo‘ldi.

Ushbu taqqoslash natijalarini filtrning real ishlash samaradorligi sifatida talqin qilish mumkin emas. Jadval faqat o‘lchangan zarracha uzunliklari bilan nominal teshik o‘lchamlari o‘rtasidagi geometrik nisbatni ko‘rsatadi. Amaliy filtr tanlovida tomchilatkichning suv o‘tish kanali, ishlab chiqaruvchi tomonidan tavsiya etilgan filtrlash darajasi, suv sarfi, ish bosimi, ruxsat etilgan bosim yo‘qotilishi va filtrning tozalanish sharoitlari ham hisobga olinishi kerak [9].

4. XULOSA. Tadqiqotda Parkent tumani tog‘oldi hududlarida tomchilatib sug‘orishda foydalaniladigan suv tarkibidagi mexanik muallaq zarrachalarning morfologik va o‘lcham xususiyatlari SEM usulida baholandi. S1 — Nevich soyidan

olingan suv namunasining SEM tasvirida tahlil qilingan 17 ta zarrachaning maksimal geometrik uzunligi 8,346–210,5 µm oralig‘ida bo‘lib, o‘rtacha qiymat 48,86 µm, median qiymat 21,17 µm ni tashkil etdi.

Tahlil qilingan zarrachalarning 11 tasi (64,7 %) 10–50 µm oralig‘ida, 3 tasi (17,6 %) esa 100 µm dan katta bo‘ldi. Zarrachalar morfologik jihatdan yumaloq, notekis, cho‘zilgan, konussimon, plastinkasimon va burchakli shakllarda kuzatildi.

Zarracha o‘lchamlari 44–125 µm nominal teshik o‘lchamlariga ega to‘rli filtrlar bilan geometrik jihatdan taqqoslanganda, o‘lchangan zarrachalarning 70,6–82,4 % qismi tegishli nominal teshik o‘lchamidan kichik bo‘ldi. Ushbu natija filtrning haqiqiy ushlab qolish samaradorligini emas, balki zarracha o‘lchami va filtrning nominal teshik o‘lchami o‘rtasidagi geometrik nisbatni ifodalaydi.

Shunday qilib, SEM asosidagi zarracha o‘lchami va morfologiyasi to‘rli filtr turini dastlabki tanlashda foydalaniladigan muhim ma’lumot sifatida qaralishi mumkin. Biroq yakuniy filtr turi va parametrlarini belgilashda tomchilatkich konstruksiyasi, tizim sarfi, ish bosimi, ishlab chiqaruvchi tavsiyalari va ekspluatatsion sharoitlarni hisobga olgan holda qo‘shimcha gidravlik hamda tajribaviy tadqiqotlar talab etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Orhan N., Kalem B. Clogging Analysis in Drip Irrigation Systems: CFD and DEM Approaches // Irrigation and Drainage. – 2025. – Vol. 74, Issue 4. – P. 1395–1409. – DOI: 10.1002/ird.3108.

2. Bounoua S., Tomas S., Labille J., Molle B., Granier J., Haldenwang P., Izzati S.N. Understanding physical clogging in drip irrigation: in situ, in-lab and numerical approaches // Irrigation Science. – 2016. – Vol. 34, Issue 4. – P. 327–342. – DOI: 10.1007/s00271-016-0506-8.

3. Shen Y., Puig-Bargués J., Li M., Xiao Y., Li Q., Li Y. Physical, chemical and biological emitter clogging behaviors in drip irrigation systems using high-sediment loaded water // Agricultural Water Management. – 2022. – Vol. 270. – Article 107738. – DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107738.

4. Shi K., Lu T., Zheng W., Zhang X., Zhangzhong L. A Review of the Category, Mechanism, and Controlling Methods of Chemical Clogging in Drip Irrigation System // Agriculture. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – Article 202. – DOI: 10.3390/agriculture12020202.

5. Phocaides A. Technical Handbook on Pressurized Irrigation Techniques. – 2nd ed. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007. – ISBN 978-92-5-105817-6.

6. Dasberg S., Or D. Drip Irrigation. – Berlin; Heidelberg: Springer, 1999. – 162 p. – DOI: 10.1007/978-3-662-03963-2.

7. do Amaral M.A.C.M., Coelho R.D., de Oliveira Costa J., de Sousa Pereira D.J., de Camargo A.P. Dripper clogging by soil particles entering lateral lines directly during irrigation network assembly in the field // Agricultural Water Management. – 2022. – Vol. 273. – Article 107884. – P. 1–10. – DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107884.

8. Wang H., Ling G., Hu M., Wang W., Hu X. Physical Clogging Characteristics of Labyrinth Emitters under Low-Quality (Sand-Laden Water) Irrigation // Agronomy. – 2022. – Vol. 12, No. 7. – Article 1615. – DOI: 10.3390/agronomy12071615.

9. Haman D.Z., Zazueta F.S. Screen Filters in Drip Irrigation Systems. – University of Florida, IFAS Extension, AE61/WI009. Revised 2024.