ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -12

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 12

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

QOPLAMALI KANALLARNING GIDRAVLIK HISOBI

T.U.Apakxujayeva
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti T.f.f.d, dots
M.Mamajonov
"TIQXMMI" MTU magistranti

Abstract. This study is aimed at evaluating the hydraulic and economic efficiency of alternative materials to traditional concrete linings in irrigation canals. The research provides an in-depth analysis of geomembranes, sand-bentonite mixtures, asphalt, and stone linings in terms of filtration coefficient, Manning's roughness coefficient, lining thickness, and their impact on water losses. The results showed that geomembrane linings minimize seepage and improve hydraulic efficiency. However, their mechanical stability was found to be limited. Although concrete linings possess high structural strength, they are characterized by high economic costs. The findings indicate that combined lining systems provide an optimal balance between hydraulic efficiency and economic feasibility.

Keywords: irrigation canals, geomembrane, filtration, Manning coefficient, hydraulic optimization, water losses.

Аннотация. Данное исследование направлено на оценку гидравлической и экономической эффективности материалов, альтернативных традиционным бетонным покрытиям оросительных каналов. В научной работе проведён углублённый анализ геомембран, песчано-бентонитовых смесей, асфальтовых и каменных покрытий с точки зрения коэффициента фильтрации, коэффициента шероховатости Маннинга, толщины покрытия и их влияния на потери воды. Результаты показали, что геомембранные покрытия минимизируют фильтрацию и повышают гидравлическую эффективность. Однако было установлено, что их механическая устойчивость ограничена. Бетонные покрытия обладают высокой конструктивной прочностью, но отличаются высокими экономическими затратами. Результаты исследования показали, что комбинированные системы покрытий обеспечивают оптимальный баланс между гидравлической эффективностью и экономической целесообразностью.

Ключевые слова: оросительные каналы, геомембрана, фильтрация, коэффициент Маннинга, гидравлическая оптимизация, потери воды.

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot sug'orish kanallarida an'anaviy beton qoplamalarga muqobil bo'lgan materiallarning gidravlik va iqtisodiy samaradorligini baholashga qaratilgan. Ilmiy ishda geomembrana, qum-bentonit aralashmalari, asfalt va tosh qoplamalarning filtratsiya koeffitsienti, Manning g'adir-budirlik koeffitsienti, qoplama qalinligi va suv yo'qotishlariga ta'siri

ISSN 3030-3907

chuqur tahlil qilingan. Natijalar geomembrana qoplamalarining filtratsiyani minimal darajaga tushirishini va gidravlik samaradorlikni oshirishini ko‘rsatdi. Biroq, ularning mexanik barqarorligi cheklanganligi aniqlandi. Beton qoplamalar yuqori konstruktiv mustahkamlikka ega bo‘lsa-da, iqtisodiy xarajatlari yuqori ekanligi bilan ajralib turadi. Tadqiqot natijalari kombinatsiyalangan qoplama tizimlari gidravlik samaradorlik va iqtisodiy maqbullik o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minlashini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: sug‘orish kanallari, geomembrana, filtratsiya, Manning koeffitsienti, gidravlik optimallashtirish, suv yo‘qotish.

KIRISH.

Suv resurslarining cheklanganligi va ulardan samarali foydalanish zarurati zamonaviy gidrotexnika sohasining asosiy muammolaridan biri hisoblanadi. Qishloq xo‘jaligi sohasida suv iste’molining yuqori ulushga egaligi sug‘orish tizimlarining samaradorligini oshirishni strategik ahamiyatga ega masalaga aylantirmoqda. Ochiq kanallar orqali suv yetkazib berish jarayonida yuzaga keladigan filtratsion yo‘qotishlar umumiy suv sarfining katta qismini tashkil etib, ayrim hollarda 50 foizgacha yetishi mumkin.[1]

Markaziy Osiyo, xususan O‘zbekiston sharoitida bu muammo yanada dolzarb bo‘lib, bu yerda yuqori bug‘lanish, filtratsiya va kanal infratuzilmasining yetarli darajada emasligi suvdan samarasiz foydalanishga olib keladi. An’anaviy beton qoplamalar ushbu muammoni hal etishda uzoq vaqt davomida asosiy vosita bo‘lib kelgan bo‘lsa-da, ularning yuqori qiymati, ekspluatatsiya jarayonida yoriqlar hosil bo‘lishi va texnik xizmat ko‘rsatish murakkabligi yangi materiallarni izlashni taqozo etmoqda.

So‘nggi yillarda geosintetik materiallar, xususan geomembranalar, shuningdek, tabiiy va kompozit qoplamalarga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. Biroq ushbu materiallarning gidravlik samaradorligi va iqtisodiy maqbulligini kompleks baholashga bag‘ishlangan tadqiqotlar yetarli emas. Shu sababli mazkur ishda turli qoplama materiallarining gidravlik, filtratsion va iqtisodiy ko‘rsatkichlari tahlil qilindi.[1,8]

METODOLOGIYA. Kanallardagi oqim harakati va suv yo‘qotishlarini baholash uchun klassik gidravlik modellar qo‘llaniladi. Oqim tezligi Manning tenglamasi orqali aniqlandi:[3,6]

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

bu yerda,

n— g‘adir-budirlik koeffitsienti (qoplama turiga qarab olinadi);

I — kanal tubining nishabligi;

R— gidravlik radius (m), u quyidagi bog‘liqlikda topiladi:

ISSN 3030-3907

$$R = \frac{\omega}{\chi}$$

bu yerda, ω — tirik kesim yuzasi(m^2), χ — ho‘llangan perimetr (m).

Qoplamaning silliqligi ortishi bilan g‘adir-budirlik koeffitsienti kamayadi, bu esa bir xil kesimda ko‘proq suv o‘tkazish yoki kesim o‘lchamlarini ixchamlashtirish imkonini beradi.

Kanal tubi va yon bag‘irlari orqali sizib chiqayotgan suv miqdorini aniqlashda **Darsi qonuni** va **Kostyakov formulasi**dan foydalaniladi.[2,6] Solishtirma filtratsiya sarfi quyidagi empirik formula orqali ifodalanishi mumkin:

$$q = \frac{\sigma Q^m}{100}$$

Bu yerda: σ -kanal qoplamasining holatini hisobga oluvchi koeffitsient;
m-o‘tkazuvchanlik darajasini ko‘rsatuvchi parametr.

Materiallarning uzoq muddatli samaradorligini baholash uchun **Hayotiy sikl xarajatlari (Life Cycle Cost - LCC)** usuli qo‘llanildi.[4] Umumiy xarajatlar (LCC) quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$LCC = C_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} - \frac{S}{(1+r)^n}$$

Bu yerda: C_0— dastlabki investitsiya (qurilish) xarajatlari;
C_t — yillik ekspluatatsiya va ta’mirlash xarajatlari;
r— diskontlash stavkasi;
n— inshootning xizmat muddati;
S — qoldiq qiymat.

Modellashtirish orqali turli qoplama variantlari uchun suv yo‘qotishlari, oqim tezligi va energetik gradientlar hisoblab chiqildi. Shu bilan birga, iqtisodiy tahlilda hayotiy sikl xarajatlari (Life Cycle Cost Analysis) usuli qo‘llanilib, materiallarning uzoq muddatli samaradorligi baholanadi.

TAHLIL VA NATIJALAR. Sug‘orish kanallarida qo‘llaniladigan turli qoplama materiallarining samaradorligini baholashda gidravlik va iqtisodiy ko‘rsatkichlar asosiy ahamiyat kasb etadi. Xususan, filtratsiya koeffitsienti, Manning g‘adir-budirlik koeffitsienti va suv yo‘qotishlar darajasi kanalning umumiy gidravlik samaradorligini belgilaydi. Shu bilan birga, materialning iqtisodiy qiymati va ekspluatatsiya muddati ham tanlov jarayonida muhim omil hisoblanadi.

Betonning gidravlik xossalari uning sirt tuzilishi, mikro-yoriqlar darajasi, beton sinfi, zichligi, suv shimuvchanligi, eskirish jarayonlari va montaj sifati bilan bog‘liq. Beton qoplamalarda **Manning *n*=0.013–0.017** diapazonda bo‘ladi.[3,4] Bu qiymat boshqa qoplama materiallari bilan taqqoslanganda o‘rtacha gidravlik

ISSN 3030-3907

silliqlikni bildiradi. Ekspluatatsiya davomida quyidagi jarayonlar tufayli g‘adir-budurlik oshadi:

- **Karbonatlanish va yuvilish** natijasida yuzaning mikrotuzilishi g‘adir-budur holatga keladi.
- **Kimyoviy eroziya** (tuproqdagi sulfatlar, pH o‘zgarishi) yuzani yemiradi.
- **Mexanik eroziya** – suv oqimining quyqa, qum va loyqa bilan ishqalanishi.
- **Mikro-yoriqlarning paydo bo‘lishi** – bu kontakt sirtini notekislashtiradi.

Ekspluatatsiyaning 5–10 yili ichida ko‘pgina kanallarda ***n*=0.015–0.017** ga ko‘tariladi.[6] Bu oqim tezligi va o‘tkazuvchanlikni 8–15% ga kamaytiradi. Shu sababli, beton kanallarni loyihalashda boshlang‘ich n emas, balki **ekspluatatsion n** hisobga olinadi.

HDPE geomembrana — irrigatsiya kanallarining gidravlik samaradorligini keskin oshiruvchi zamonaviy geosintetik materialdir.[1,8] U polietilen asosida tayyorlanadi va yuqori elastiklik, silliq sirt, past qo‘polik hamda nolga yaqin filtratsiya bilan ajralib turadi. O‘zbekiston amaliyotida asosan **HDPE geomembrana** keng tarqalgan.

HDPE geomembrana qoplamalarda zichlik $\rho = 930-970\ \mathrm{kg/m^3}$, qalinligi 0.7–2.0 mm, sirt: juda silliq, suv o‘tkazuvchanlik: deyarli 0 va UV nurga chidamliligi juda yuqori.

HDPE geomembrana qoplamalarning cho‘zilish mustahkamligi 15–30 MPa va uzayish darajasi 500–900%. Egiluvchanligi yuqori va teshilishga chidamliligi 150–300 N/mm. Bu material kanal deformatsiyasiga moslasha oladi, shuning uchun yoriq hosil qilmaydi.



1-rasm. Geomembrana qoplamasi

Geomembrana sirtining silliq bo‘lishi oqim tezligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Odatda:

ISSN 3030-3907

- Geomembrana bilan qoplangan kanalning o‘tkazuvchanligi **15–25% ortadi [5]**
- Gelmint va suv o‘tlari sirtga yopishmaydi, sirtning g‘adir-budurligi o‘zgarmaydi
- Yillik ekspluatatsiyada sirt silliqligi saqlanib qoladi, n o‘zgarmaydi (betonda o‘zgaradi)

Geotekstil qoplamalar eroziyaga qarshi himoya sifatida qo‘llanadi. Geotekstil qoplamalar gidravlik jihatdan geomembrana va betondan farqli o‘laroq, suvni o‘tkazsada, kanal yoki qirg‘oqning yuvilishiga yo‘l qo‘ymaydi.[8]

Suv o‘tkazish xususiyati bilan geometrik barqarorlik o‘rtasida optimal muvozanat yaratiladi.

Geotekstil qoplamalarni cho‘zilishga chidamliligi 8–20 kN/m. Yirtilishga chidamliligi yuqori. Egilish qobiliyati juda yaxshi

Geotekstil to‘qima yoki to‘qilmagan shaklda bo‘lib, uning sirt tuzilishi g‘adir-budurligi yuqori, **Manning *n* = *0.018–0.025*. [5,8]** Bu geomembrana va beton bilan taqqoslaganda 2–2.5 baravar yuqoriligini ko‘ratadi. Bu qiymatlar quyidagi faktorlar bilan belgilanadi:

- Tola tuzilmasining notekisligi.
- Teshiklar (g‘ovaklar)ning o‘zaro tartibsiz joylashuvi.
- Tola uchlari oqimga qarshilik tug‘diradi.
- Oqim tarkibidagi qattiq zarralar to‘rga osongina yopishadi.

Natijada yo‘qotilishlar sezilarli bo‘lib, kichik kanallarda oqim tezligini 10–20% ga kamaytiradi.

Geotekstilning asosiy afzalligi — u **suvni o‘tkazadi**, lekin **grunt zarralarini ushlab qoladi**. Filtratsiya qobiliyati:

- Geotekstil orqali filtratsiya mavjud, lekin boshqariladigan
- G‘ovaklik 25–45%
- Suv o‘tkazuvchanlik koeffitsienti yuqori
- Zarralarning kanaldan yuvilib ketishiga to‘sqinlik qiladi

Quyida turli qoplama materiallarining asosiy gidravlik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari keltirilgan (1-jadval).

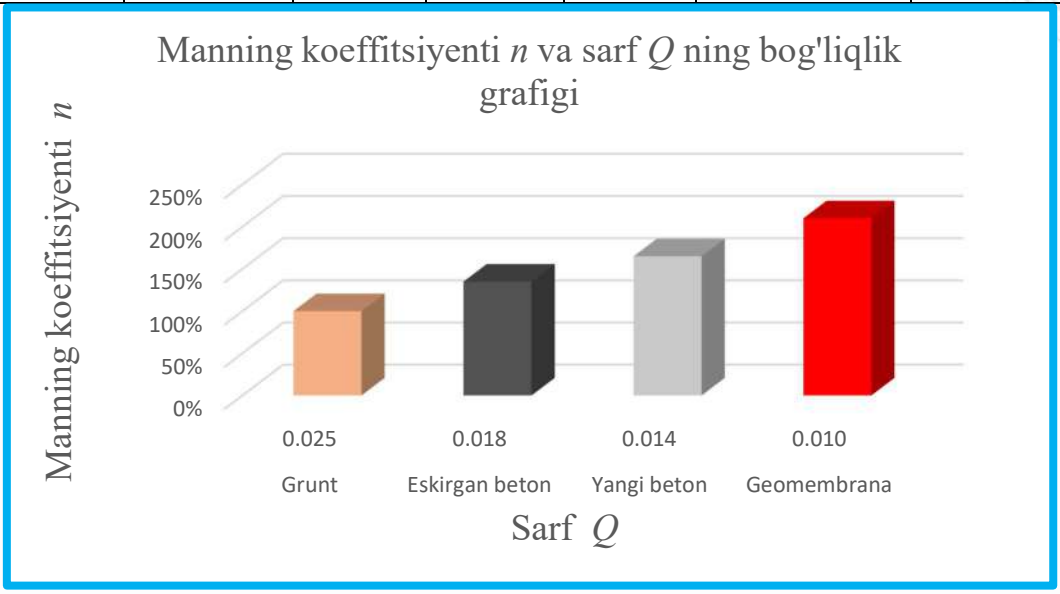
1-jadval

Turli qoplama materiallarining gidravlik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari

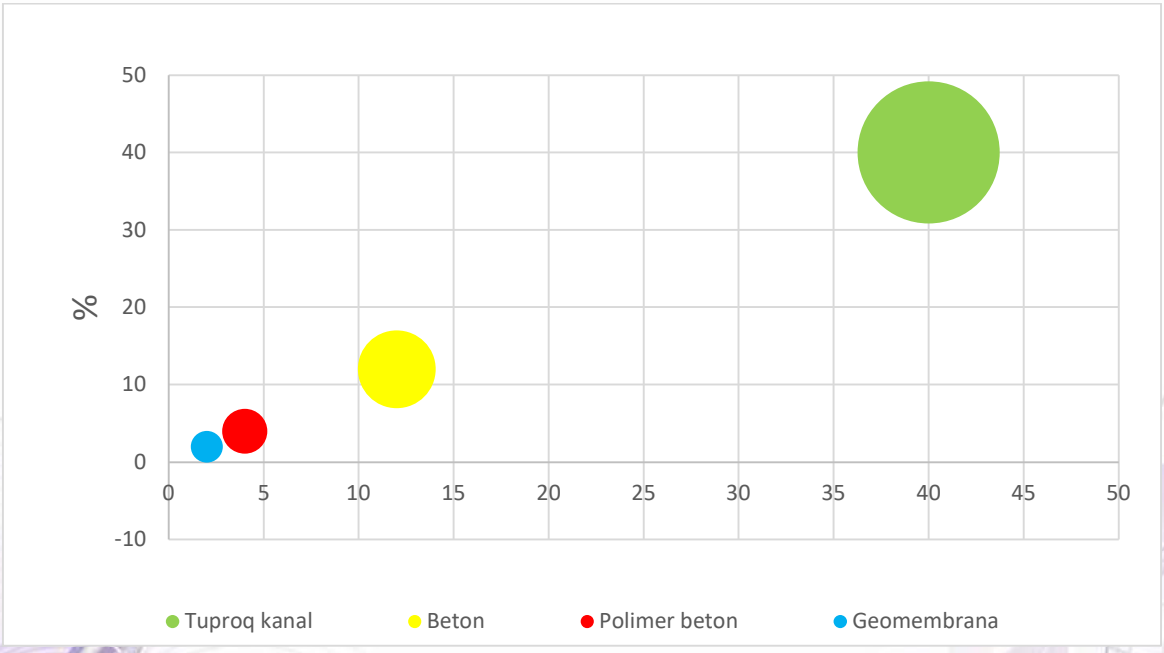
Material	Filtratsiya koeffitsienti	Manning n	Suv yo‘qotish (%)	Iqtisodiy bahosi	Afzalligi	Kamchiligi
Geomembrana	Juda past	0.010–0.013	5–10	O‘rtacha	Yuqori gidroizolyatsiya	Mexanik shikastlanish

ISSN 3030-3907

Beton	Past	0.013–0.017	10–20	Yuqori	Yuqori mustahkamlik	Qimmat
Bentonit	O‘rtacha	0.018–0.025	20–30	Past	Arzon	Barqaror emas
Asfalt	O‘rtacha	0.015–0.022	15–25	O‘rtacha	O‘rtacha samaradorlik	Deformatsiya
Tosh qoplama	Yuqori	0.025–0.035	30–40	Juda past	Arzon	Gidroizolyatsiya yo‘q



2-rasm. Manning koeffitsiyenti va sarf ning bog‘liqlik grafigi



3-rasm. Filtratsiya bo‘yicha taqqoslash grafigi

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar turli materiallar o‘rtasida jiddiy farqlar mavjudligini ko‘rsatdi. Geomembrana qoplamalar eng past filtratsiya koeffitsientiga ega bo‘lib, deyarli to‘liq gidroizolyatsiyani ta’minlaydi. Bu holat suv yo‘qotishlarini minimallashtirishga olib keladi va kanalning gidravlik samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, uning yuzasi silliq bo‘lganligi sababli Manning koeffitsienti ham past bo‘lib, oqim tezligi yuqori bo‘ladi.

Beton qoplamalarda esa filtratsiya nisbatan past bo‘lishiga qaramasdan, vaqt o‘tishi bilan mikrodeformatsiyalar va yoriqlar paydo bo‘lishi natijasida suv sizib chiqish ehtimoli ortadi. Bu esa uning uzoq muddatli samaradorligini pasaytiradi. Shuningdek, beton qoplamalarning yuqori kapital xarajatlari ularni iqtisodiy jihatdan cheklaydi.

Qum-bentonit aralashmalari filtratsiyani kamaytirishda ma’lum samara bersa-da, ularning mexanik barqarorligi past va vaqt o‘tishi bilan degradatsiyaga uchraydi.[9] Asfalt qoplamalar esa o‘rtacha gidravlik xususiyatlarga ega bo‘lib, harorat ta’sirida deformatsiyalanish ehtimoli bilan cheklanadi.[10] Tosh qoplamalar esa asosan konstruktiv barqarorlikni ta’minlash uchun xizmat qilib, gidroizolyatsiya nuqtai nazaridan samarasiz hisoblanadi.

XULOSA. Tahlil natijalaridan kelib chiqib shuni xulosa qilish mumkinki, kanal qoplamasini tanlashda birgina gidravlik samaradorlikni emas, balki iqtisodiy va ekspluatatsion omillarni ham hisobga olish zarur. Geomembrana eng samarali gidroizolyatsiyani ta’minlasa-da, uning mexanik himoyaga muhtojligi uni mustaqil qoplama sifatida cheklaydi. Shu nuqtai nazardan kombinatsiyalangan qoplama tizimlari, ya’ni geomembrana va himoya qatlamlarining birgalikda qo‘llanilishi eng maqbul yechim sifatida namoyon bo‘ladi.

Bunday yondashuv nafaqat filtratsiyani minimallashtiradi, balki konstruktiv barqarorlikni ham ta’minlaydi. Shuningdek, hayotiy sikl xarajatlari tahlili shuni ko‘rsatadiki, boshlang‘ich xarajatlar yuqori bo‘lsa-da, uzoq muddatli istiqbolda bunday yechimlar iqtisodiy jihatdan ham samarali hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Han, X., et al. (2020). Hydraulic performance of geomembrane-lined irrigation canals. *Water*, 12(9), 2343. https://doi.org/10.3390/w12092343
2. Elkamhawy, E., et al. (2021). Numerical modeling of seepage losses in lined canals. *Water*, 13(21), 3135. https://doi.org/10.3390/w13213135
3. Singh, B. K. (2024). Effect of lining thickness on hydraulic efficiency of irrigation channels. *Journal of Offshore Structure and Technology*.
4. Rahimov, Q., et al. (2024). Beton qoplamalarning iqtisodiy samaradorligini baholash. *Texnika fanlari ilmiy jurnali*.

ISSN 3030-3907

5. Fatxulloev, J., & Gafarova, M. (2025). Hydraulic performance evaluation of canal lining materials. *Water Resources Management*.
6. O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi normativ hujjatlari (2022). Sug‘orish kanallarini loyihalash va ekspluatatsiya qilish bo‘yicha texnik talablar. Toshkent.
7. Xudayberdiyev, A. (2018). Irrigation systems efficiency in arid regions of Uzbekistan. Toshkent: Fan nashriyoti.
8. Raxmatov, B. (2020). Geosynthetic materials in canal lining systems. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash instituti ilmiy ishlari.
9. Karimov, Sh. (2016). Bentonite-based sealing materials for hydraulic structures. *Uzbek Journal of Engineering*.
10. Yo‘ldoshev, N. (2019). Thermal stability of asphalt linings in hydraulic canals. *Construction and Building Materials Research*.

ISSN 3030-3907