# SUV OMBORI TO‘G’ONI VA ASOSLARIDA FILTRATSIYA JARAYONLARINING SHAKLLANISH QONUNIYATLARINI TADQIQ ETISH

**Qaxorov O'ktam Abduraximovich**
TIQXMMI MTU texnika fanlari doktori DSc
**Qodirov Zayniddin Zaripovich**
Buxoro davlat texnika universiteti,
Qishloq xòjaligi fanlari falsafa doktori
**Qurbonov Ulug'bek Idiyevich**
Buxoro davlat texnika universiteti
https://doi.org/10.5281/zenodo.23245414

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada suv ombori to‘g’oni va uning asoslarida filtratsiya jarayonlarining shakllanish qonuniyatlari hamda ularga ta’sir etuvchi asosiy gidrogeologik va geotexnik omillar tadqiq etilgan. Filtratsiya jarayonining to‘g’on tanasi, poydevor gruntlari, suv sathi va gidravlik gradient bilan o‘zaro bog’liqligi tahlil qilingan. Tadqiqotda Darsi qonuni asosida filtratsiya sarfi, filtratsiya koeffitsiyenti va gidravlik gradient o‘rtasidagi munosabatlar ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, depressiya egri chizig’ining shakllanishi, filtratsion bosimning o‘zgarishi, suffoziya va kontakt eroziyasi kabi xavfli jarayonlarning to‘g’on barqarorligiga ta’siri baholangan. Filtratsiyaga qarshi konstruksiyalar, drenaj tizimlari, piezometrik kuzatuvlar va zamonaviy raqamli monitoring texnologiyalaridan foydalanish gidrotexnik inshootlarning filtratsion xavfsizligini ta’minlashning muhim shartlari sifatida asoslangan.

**Kalit so‘zlar:** suv ombori, to‘g’on, filtratsiya, filtratsiya koeffitsiyenti, gidravlik gradient, poydevor, depressiya egri chizig’i, suffoziya.

**Аннотация.** В данной статье изучаются закономерности формирования фильтрационных процессов в водохранилище, плотине и ее основаниях, а также основные гидрогеологические и геотехнические факторы, влияющие на них. Анализируется взаимосвязь фильтрационного процесса с телом плотины, грунтами основания, уровнем воды и гидравлическим градиентом. Исследование рассматривает зависимость между расходом фильтрации, коэффициентом фильтрации и гидравлическим градиентом на основе закона Дарси. Также оценивается влияние опасных процессов, таких как образование кривой понижения уровня воды, изменения фильтрационного давления, удушение и контактная эрозия, на устойчивость плотины. Обосновывается использование антифильтрационных сооружений, дренажных систем, пьезометрических наблюдений и современных цифровых технологий мониторинга как важных условий обеспечения фильтрационной безопасности гидротехнических сооружений.

**Ключевые слова:** водохранилище, плотина, фильтрация, коэффициент фильтрации, гидравлический градиент, основание, кривая понижения уровня воды, удушение.

**Abstract.** This article investigates the patterns governing the formation of filtration processes within a reservoir dam and its foundation, as well as the key hydrogeological and geotechnical factors influencing them. It analyzes the interrelationships between the filtration process and the dam body, foundation soils, water level, and hydraulic gradient. The study examines the relationships between filtration discharge, the filtration coefficient, and the hydraulic gradient based on Darcy's law. Furthermore, it evaluates the impact of factors such as the formation of the phreatic line (depressions curve), changes in filtration pressure, suffusion, and contact erosion on dam stability. The use of anti-seepage structures, drainage systems, piezometric observations, and modern digital monitoring technologies is substantiated as a crucial requirement for ensuring the filtration safety of hydraulic structures.

**Key words:** reservoir, dam, filtration, filtration coefficient, hydraulic gradient, foundation, phreatic line, suffusion.

## KIRISH

Suv omborlari suv resurslarini mavsumiy tartibga solish, sug’orish tizimlarini barqaror suv bilan ta’minlash, gidroenergetika salohiyatidan foydalanish, aholi va sanoat ehtiyojlari uchun suv zaxirasini shakllantirishda muhim gidrotexnik inshootlardan biri hisoblanadi. Suv omborlarining ishonchli va xavfsiz ishlashi, avvalo, to‘g’on konstruksiyalarining mustahkamligi, turg’unligi hamda ularning gidrogeologik sharoitga mos loyihalashtirilganligiga bog’liq. To‘g’onning uzoq muddatli ekspluatatsiyasi davomida uning tanasi va asoslarida yuzaga keladigan filtratsiya jarayonlarini muntazam o‘rganish ushbu inshootlarning texnik xavfsizligini ta’minlashning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Filtratsiya suvning gruntning g’ovak muhiti orqali yuqori naporli hududdan past naporli hududga harakatlanishi natijasida shakllanadi. Suv ombori to‘g’onlarida filtratsiya jarayoni tabiiy gidravlik hodisa bo‘lib, uning ma’lum darajada mavjudligi konstruksiyaning normal ish rejimiga mos kelishi mumkin. Biroq filtratsiya oqimining me’yordan ortishi yoki uning yo‘nalishi va parametrlarining keskin o‘zgarishi to‘g’onning barqarorligi uchun xavf tug’dirishi mumkin. Ayniqsa, filtratsion bosimning oshishi, depressiya egri chizig’ining yuqorilashi, grunt zarrachalarining suv oqimi ta’sirida ko‘chishi va filtratsion chiqishlarning paydo bo‘lishi gidrotexnik inshootning deformatsiyalanish jarayonlarini tezlashtirishi ehtimolini oshiradi. To‘g’on va uning asoslaridagi filtratsiya jarayonining shakllanishi ko‘plab omillarga bog’liq. Jumladan, suv omboridagi suv sathi, to‘g’onning geometrik o‘lchamlari, gruntning granulometrik tarkibi, g’ovakligi, zichligi, suv o‘tkazuvchanligi, poydevor qatlamlarining geologik tuzilishi, gidravlik gradient va drenaj tizimining konstruktiv xususiyatlari filtratsiya oqimining miqdori va yo‘nalishini belgilaydi.

Filtratsiya jarayonlarini o‘rganishda gruntli muhitda suv harakatini ifodalovchi Darsi qonuni muhim nazariy asos hisoblanadi. Ushbu qonun orqali filtratsiya sarfi, filtratsiya koeffitsiyenti va gidravlik gradient o‘rtasidagi bog’liqlikni aniqlash mumkin. Shu bilan birga, real gidrotexnik inshootlarda gruntning qatlamlanganligi, filtratsiya yo‘lining murakkabligi, chegaraviy shartlarning o‘zgarishi va drenaj tizimining mavjudligi sababli oddiy analitik yechimlar bilan bir qatorda sonli modellashtirish usullaridan ham foydalanish talab etiladi. Filtratsiya jarayonining xavfli ko‘rinishlaridan biri suffoziya jarayoni bo‘lib, bunda suv oqimi gruntning mayda zarrachalarini o‘z tarkibiga qo‘shib olib chiqishi natijasida gruntning ichki tuzilishi o‘zgarishi mumkin. Bunday jarayon filtratsion kanallarning shakllanishi, gruntning

suv o‘tkazuvchanligi ortishi va filtratsiya sarfining ko‘payishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, to‘g’on tanasi bilan poydevorning tutashuv zonalarida yuzaga keladigan kontakt filtratsiyasi ham alohida nazoratni talab etadi.

Mavjud ilmiy tadqiqotlarda to‘g’onlarda filtratsiya jarayonlarini baholash, filtratsiyaga qarshi konstruksiyalarni takomillashtirish, drenaj tizimlarining samaradorligini oshirish va gidrotexnik inshootlarning texnik holatini monitoring qilish masalalariga katta e’tibor qaratilgan. Shu bilan birga, to‘g’on tanasi va poydevor gruntlarining o‘zaro ta’siri, filtratsiya parametrlarining vaqt davomida o‘zgarishi hamda filtratsion jarayonlarni raqamli monitoring qilish imkoniyatlarini kompleks tadqiq etish dolzarb ilmiy-amaliy masala bo‘lib qolmoqda. Shu nuqtayi nazardan, suv ombori to‘g’oni va uning asoslarida filtratsiya jarayonlarining shakllanish qonuniyatlarini aniqlash, filtratsiya oqimining asosiy parametrlarini baholash, xavfli filtratsion zonalarni aniqlash hamda ularni boshqarish va monitoring qilishning samarali usullarini ishlab chiqish gidrotexnik inshootlarning ishonchliligi va uzoq muddatli xavfsiz ekspluatatsiyasini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotning maqsadi suv ombori to‘g’oni va asoslarida filtratsiya jarayonlarining shakllanish qonuniyatlarini aniqlash, filtratsiyaga ta’sir etuvchi asosiy omillarni baholash hamda to‘g’onning filtratsion xavfsizligini ta’minlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot doirasida to‘g’on tanasi va poydevor gruntlarining filtratsion xususiyatlarini tahlil qilish, gidravlik gradient va filtratsiya koeffitsiyentining filtratsiya sarfiga ta’sirini aniqlash, depressiya egri chizig’i va filtratsion bosimning shakllanishini baholash hamda drenaj va monitoring tizimlarining samaradorligini asoslash asosiy vazifalar sifatida belgilandi.

## ADABIYOTLAR TAHLILI

Suv omborlari to‘g’onlari va ularning asoslarida filtratsiya jarayonlarini o‘rganish geotexnika, gidrotexnika va muhandislik geologiyasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda filtratsiya to‘g’on tanasi, poydevor va qirg’oq tutashuvlarida suvning g’ovak muhit orqali harakatlanishi bilan bog’liq murakkab gidrogeologik jarayon sifatida talqin qilinadi. Mazkur jarayonni baholashda suv sathi, gidravlik gradient, gruntning filtratsiya koeffitsiyenti, g’ovakligi, granulometrik tarkibi va filtratsiya yo‘lining geometrik parametrlari asosiy omillar sifatida qaraladi. Klassik grunt mexanikasi tadqiqotlarida K. Terzaghi, R.B. Peck va G. Mesri gruntlarda suv harakati, g’ovak bosimi va kuchlanish-deformatsiya holatining o‘zaro bog’liqligiga katta e’tibor qaratgan. Ularning yondashuvlariga ko‘ra, gruntning suv bilan to‘yinganlik darajasi va g’ovak bosimining o‘zgarishi inshootning kuchlanish holatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [1]. Ushbu nazariy qoidalar to‘g’on asoslarida filtratsiya ta’sirida yuzaga keladigan deformatsion jarayonlarni tushuntirish uchun muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. B.M. Das va K. Sobhan tomonidan grunt mexanikasiga bag’ishlangan tadqiqotlarda Darsi qonuni g’ovak muhitdagi suv oqimini baholashning asosiy nazariy vositasi sifatida ko‘rib chiqiladi. Filtratsiya sarfining gidravlik gradient va gruntning suv o‘tkazuvchanlik xususiyatlariga bog’liqligi to‘g’on filtratsion hisoblarining fundamental asosini tashkil etadi [2]. Bunda filtratsiya koeffitsiyentining gruntning granulometrik tarkibi va g’ovaklik darajasiga bog’liqligi alohida ahamiyatga ega. H.R. Cedergren filtratsiya, drenaj va oqim tarmoqlarini tadqiq etishda filtratsion oqim chiziqlari hamda ekvipotensial chiziqlardan foydalanish masalalarini batafsil yoritgan. Uning

yondashuvida oqim tarmog'i yordamida filtratsiya sarfi, gidravlik gradient va bosim taqsimotini baholash imkoniyati mavjud [3]. Ushbu metod ayniqsa bir jinsli gruntlardan tashkil topgan to‘g’onlarda filtratsiya jarayonlarini dastlabki hisoblashda samarali hisoblanadi. R. Fell va hammualliflarning gruntli to‘g’onlarga bag’ishlangan tadqiqotlarida filtratsiya to‘g’on xavfsizligining asosiy omillaridan biri sifatida baholangan. Mualliflar filtratsiya jarayonlarini tahlil qilishda to‘g’on tanasi bilan bir qatorda poydevor va qirg’oq tutashuvlarini ham kompleks o‘rganish zarurligini ta’kidlaydilar [4]. Ayniqsa, yuqori filtratsion gradientlar mavjud bo‘lgan zonalarda grunt zarrachalarining ko‘chishi va ichki eroziya xavfi ortishi mumkin.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, filtratsiya jarayonlarini tadqiq etishda uchta asosiy ilmiy yo‘nalish shakllangan. Birinchi yo‘nalish — nazariy-analitik yondashuv bo‘lib, Darsi qonuni, oqim tarmoqlari va gidravlik gradient asosida filtratsiya parametrlarini aniqlashga qaratilgan. Ikkinchi yo‘nalish — sonli modellashtirish, bunda murakkab geologik va konstruktiv sharoitlarda filtratsiya oqimining ikki yoki uch o‘lchamli taqsimoti aniqlanadi. Uchinchi yo‘nalish — instrumental monitoring, ya’ni piezometrlar, drenaj suv sarfi o‘lchovlari va boshqa kuzatuv vositalari orqali real ekspluatatsiya sharoitidagi filtratsiya parametrlarini aniqlashdan iborat. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning tahlili to‘g’on tanasi, poydevor, drenaj tizimi va ekspluatatsion suv sathi o‘zgarishlarini yagona tizim sifatida baholash zarurligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, filtratsiya koeffitsiyentining makon bo‘yicha o‘zgarishi, qatlamlararo kontakt zonalarida filtratsiya oqimining konsentratsiyasi, piezometrik bosimning vaqt bo‘yicha dinamikasi va ichki eroziya xavfini birgalikda baholash amaliy jihatdan muhimdir. Demak, adabiyotlarda suv ombori to‘g’onlaridagi filtratsiya jarayonlarining nazariy asoslari va asosiy xavf omillari yetarlicha yoritilgan bo‘lsa-da, konkret gidrotexnik inshoot sharoitida filtratsiya parametrlari – grunt xususiyatlari – suv sathi – drenaj samaradorligi – poydevor geologiyasi o‘rtasidagi o‘zaro bog’liqlikni kompleks baholash masalasi alohida tadqiqotni talab qiladi. Shu sababli mazkur tadqiqotda filtratsiya jarayonining shakllanish qonuniyatlarini kompleks tahlil qilish, uning xavfli zonalarini aniqlash va monitoring asosida boshqarish mexanizmlarini takomillashtirishga e’tibor qaratish maqsadga muvofiqdir.

## TADQIQOT NATIJALARI VA MUHOKAMASI

Tadqiqot davomida suv ombori to‘g’oni va uning asoslarida filtratsiya jarayonining shakllanishiga ta’sir etuvchi asosiy gidrogeologik, geotexnik va konstruktiv omillar tizimli ravishda tahlil qilindi. Tahlil natijalari filtratsiya oqimining shakllanishida to‘g’on tanasi va poydevor gruntlarining suv o‘tkazuvchanligi, suv sathlari farqi, filtratsiya yo‘lining uzunligi, gidravlik gradient hamda drenaj tizimining holati hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Filtratsiya jarayonining asosiy miqdoriy ko‘rsatkichi sifatida filtratsiya sarfi qabul qilindi. Darsi qonuniga muvofiq filtratsiya sarfi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q = k \cdot I \cdot A$$

bu yerda: Q – filtratsiya sarfi, $m^3/s$; k – gruntning filtratsiya koeffitsiyenti, m/s; I – gidravlik gradient; A – filtratsiya oqimining ko‘ndalang kesim yuzasi, $m^2$.

Gidravlik gradient esa:

**I = ΔH / L**

ifoda orqali aniqlanadi. Bu yerda ΔH – suv sathlari yoki gidravlik naporlar farqi, L – filtratsiya yo‘lining uzunligi.

Masalan, filtratsiya koeffitsiyenti k = $1 \cdot 10^{-6}$ m/s, gidravlik gradient I = 0,20 va filtratsiya yuzasi A = 100 m² deb qabul qilinganda:

Q = $1 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}20 \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-5}$ m³/s

qiymat olinadi. Ushbu hisoblash filtratsiya sarfi gruntning suv o‘tkazuvchanligi va gidravlik gradient bilan bevosita bog’liqligini ko‘rsatadi. Bunda k qiymatining ortishi yoki gidravlik gradientning kuchayishi filtratsiya oqimining oshishiga olib keladi.

Filtratsiya jarayonining shakllanish qonuniyatlari. Tadqiqot natijalari asosida filtratsiya jarayonining rivojlanishini quyidagi ketma-ketlikda ifodalash mumkin:

suv sathlari farqining ortishi → gidravlik gradientning oshishi → filtratsiya tezligining ortishi → grunt zarrachalariga ta’sir etuvchi gidrodinamik kuchlarning kuchayishi → g’ovaklik va suv o‘tkazuvchanlikning o‘zgarishi → filtratsiya oqimining qayta taqsimlanishi.

Mazkur qonuniyat ayniqsa gruntli to‘g’onlarda muhim ahamiyatga ega. To‘g’on tanasi yoki poydevor tarkibida suv o‘tkazuvchan qatlamlarning mavjudligi filtratsiya oqimining ayrim zonalarda konsentratsiyalanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Natijada filtratsiya bosimi va gradienti lokal ravishda oshib, konstruksiyaning ayrim qismlarida xavfli filtratsion sharoitlar shakllanishi ehtimoli ortadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, filtratsiya jarayonini faqat suv sarfi orqali baholash yetarli emas. Piezometrik bosim, depressiya egri chizig’ining holati, filtratsiya chiqish joylari, drenaj suvining sarfi va loyqaligi kabi ko‘rsatkichlarni ham birgalikda kuzatish zarur. Chunki filtratsiya sarfining ma’lum darajada barqaror bo‘lishi inshootning xavfsizligini to‘liq kafolatlamaydi. Filtratsiya oqimining yo‘nalishi yoki bosim taqsimotidagi o‘zgarishlar kelajakdagi xavfli jarayonlarning dastlabki belgisi bo‘lishi mumkin.

Grunt xususiyatlarining filtratsiyaga ta’siri. Filtratsiya jarayonining intensivligi gruntning granulometrik tarkibi bilan chambarchas bog’liq. Qumli va shag’alli gruntlarda g’ovaklar nisbatan yirik bo‘lgani sababli suv o‘tkazuvchanlik yuqori bo‘ladi. Gil va zich loyli gruntlarda esa suv harakati sezilarli darajada cheklanadi. Shu sababli qatlamlangan poydevorda filtratsiya oqimi yuqori suv o‘tkazuvchan qatlamlar bo‘ylab konsentratsiyalanishi mumkin. To‘g’on tanasidagi turli grunt qatlamlarining filtratsiya koeffitsiyentlari o‘rtasidagi katta farq filtratsiya oqimining notekis taqsimlanishiga olib keladi. Bunday sharoitda qatlamlararo kontakt zonalari alohida nazorat qilinishi lozim. Ayniqsa, suv o‘tkazuvchan qumli qatlam bilan kam o‘tkazuvchan gil qatlamning tutashuv joylarida gidravlik gradientning lokal oshishi mumkin. Shuningdek, gruntning zichligi ham muhim omil hisoblanadi. To‘g’on qurilishi vaqtida gruntning yetarli darajada zichlanmasligi g’ovaklikning ortishiga va natijada filtratsiya koeffitsiyentining yuqori bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin. Ekspluatatsiya davrida esa suv bilan uzoq muddatli to‘yinganlik gruntning mexanik xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatib, filtratsion jarayonning dinamikasini o‘zgartirishi mumkin.

Depressiya egri chizig’ining o‘zgarishi. Tadqiqotda filtratsiya jarayonini baholashning muhim ko‘rsatkichlaridan biri sifatida depressiya egri chizig’i ko‘rib chiqildi. Depressiya egri chizig’i to‘g’on tanasida filtratsiya suvlarining erkin sathi yoki gidravlik naporning fazoviy taqsimlanishini tavsiflaydi. Normal ekspluatatsiya sharoitida depressiya egri chizig’i drenaj tizimi tomon asta-sekin pasayib borishi va filtratsiya suvlarining nazorat ostida chiqarilishini ta’minlashi kerak. Agar ushbu egri chiziqning holati vaqt davomida yuqorilasa yoki drenaj

zonasidan tashqariga siljisa, bu filtratsion sharoitning o‘zgarayotganidan dalolat berishi mumkin. Shu sababli piezometrik kuzatuvlar asosida depressiya egri chizig’ining vaqt bo‘yicha dinamikasini aniqlash to‘g’on xavfsizligini baholashning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Suv omboridagi suv sathi oshganda piezometrik bosimning tabiiy ravishda ortishi kutiladi. Biroq suv sathi o‘zgarmagan sharoitda piezometrik bosimning keskin oshishi filtratsiya yo‘lining o‘zgarishi yoki drenaj samaradorligining pasayishi bilan bog’liq bo‘lishi mumkin.

Suffoziya va ichki eroziya xavfi. Filtratsiya jarayonining xavfli ko‘rinishlaridan biri suffoziya hisoblanadi. Yuqori gidravlik gradient sharoitida suv oqimi gruntning mayda zarrachalariga ta’sir qilib, ularning filtratsiya yo‘nalishi bo‘yicha ko‘chishiga sabab bo‘lishi mumkin. Bu jarayon dastlab sezilmasligi mumkin, biroq vaqt o‘tishi bilan gruntning ichki tuzilishi o‘zgarib, suv o‘tkazuvchanlikning ortishiga olib keladi.

Shunday qilib, quyidagi o‘zaro bog’liqlik shakllanishi mumkin:

gidravlik gradientning ortishi → grunt zarrachalarining ko‘chishi → g’ovaklikning o‘zgarishi → filtratsiya yo‘llarining kengayishi → filtratsiya sarfining ortishi → ichki eroziya xavfining kuchayishi.

Mazkur jarayonning xavfliligi shundaki, filtratsiya sarfining dastlabki ortishi kichik bo‘lishi mumkin, biroq ichki eroziya rivojlanishi bilan oqim kanallari kengayib, jarayon o‘z-o‘zini kuchaytiruvchi xususiyat kasb etishi mumkin. Shu sababli filtratsiya suvining faqat miqdorini emas, balki uning loyqaligi, chiqish joyi va kimyoviy tarkibidagi o‘zgarishlarni ham monitoring qilish maqsadga muvofiq.

Filtratsion xavfsizlikni monitoring qilish. Tadqiqot natijalari asosida suv ombori to‘g’onlarida filtratsion monitoringni quyidagi ko‘rsatkichlar asosida tashkil etish taklif qilindi:

| **Monitoring ko‘rsatkichi** | **Nazorat qilinadigan parametr** | **Ahamiyati** |
|---|---|---|
| Piezometrik sath | Gidravlik napor va bosim | Depressiya egri chizig’ini aniqlash |
| Drenaj sarfi | Filtratsiya suvining miqdori | Filtratsiya dinamikasini baholash |
| Suv loyqaligi | Zarrachalar mavjudligi | Suffoziya va ichki eroziya belgilarini aniqlash |
| Suv ombori sathi | Yuqori napor | Filtratsiya gradientini baholash |
| To‘g’on deformatsiyasi | Cho‘kish va siljish | Filtratsiya bilan bog’liq deformatsiyalarni aniqlash |
| Grunt namligi | Namlanish darajasi | Filtratsiya zonasining o‘zgarishini baholash |

Mazkur ko‘rsatkichlarni birgalikda tahlil qilish filtratsiya jarayonining holatini ancha ishonchli baholash imkonini beradi. Ayniqsa, piezometrik ma’lumotlar bilan drenaj sarfi o‘rtasidagi bog’liqlikni vaqt bo‘yicha kuzatish filtratsion holatdagi o‘zgarishlarni erta aniqlash imkonini beradi.

Olingan nazariy va hisobiy natijalar shuni ko‘rsatadiki, to‘g’on filtratsiyasi bitta parametr bilan belgilanadigan jarayon emas, balki suv sathi, gruntning filtratsion xususiyatlari, gidravlik gradient, poydevor geologiyasi va drenaj tizimining o‘zaro ta’siri natijasida shakllanadigan murakkab tizimdir. Adabiyotlarda keltirilgan nazariy yondashuvlar bilan taqqoslaganda, Darsi qonuni filtratsiya jarayonining asosiy miqdoriy bog’lanishini ifodalash

uchun samarali bo‘lsa-da, real to‘g’on sharoitida gruntning bir jinsli emasligi, filtratsiya yo‘llarining murakkabligi va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan chegaraviy shartlar hisobga olinishi zarur. Shu sababli murakkab gidrogeologik sharoitlarda analitik hisoblarni instrumental monitoring va sonli modellashtirish bilan to‘ldirish maqsadga muvofiq.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari filtratsion xavfsizlikni ta’minlashda “hisoblash – monitoring – tahlil – prognozlash – profilaktik boshqaruv” tamoyiliga asoslangan kompleks yondashuv samarali ekanligini ko‘rsatadi. Bunda filtratsiya sarfi, piezometrik bosim, depressiya egri chizig’i, drenaj holati va deformatsiya ko‘rsatkichlari o‘zaro bog’langan holda baholanishi lozim. Shuningdek, zamonaviy raqamli monitoring vositalaridan foydalanish filtratsiya jarayonlarining real vaqtga yaqin rejimda kuzatilishini ta’minlashi mumkin. Sensorlardan olinadigan ma’lumotlarni muntazam yig’ish va ularning dinamikasini tahlil qilish orqali xavfli filtratsion o‘zgarishlarni dastlabki bosqichda aniqlash hamda tegishli muhandislik choralarini o‘z vaqtida amalga oshirish imkoniyati oshadi.

## XULOSA

Olib borilgan tadqiqot natijalari suv ombori to‘g’oni va uning asoslarida filtratsiya jarayonlari inshootning texnik holati va xavfsizligini belgilovchi muhim omillardan biri ekanligini ko‘rsatdi. Filtratsiya jarayonining shakllanishi suv omboridagi suv sathi, gidravlik gradient, gruntlarning filtratsiya koeffitsiyenti, granulometrik tarkibi, poydevorning geologik tuzilishi hamda drenaj tizimining samaradorligi bilan bevosita bog’liq.. Tadqiqotda Darsi qonuni asosida filtratsiya sarfining filtratsiya koeffitsiyenti, gidravlik gradient va filtratsiya yuzasiga bog’liqligi aniqlandi. Gidravlik gradientning ortishi filtratsiya oqimining tezlashishiga, ayrim sharoitlarda esa grunt zarrachalarining ko‘chishi va ichki eroziya xavfining kuchayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli to‘g’onning filtratsion holatini baholashda faqat filtratsiya sarfi emas, balki piezometrik bosim, depressiya egri chizig’i, drenaj suvining sarfi va loyqaligi kabi ko‘rsatkichlarni ham kompleks tahlil qilish zarur. To‘g’on asoslarining geologik va gidrogeologik xususiyatlari filtratsiya oqimining yo‘nalishi hamda intensivligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Suv o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan qatlamlar va qatlamlararo kontakt zonalarida filtratsiya oqimining konsentratsiyalanishi mumkinligi aniqlandi. Bunday zonalarni oldindan aniqlash va ularda filtratsiyaga qarshi himoya choralarini qo‘llash inshootning ekspluatatsion xavfsizligini oshiradi. Filtr va drenaj tizimlarining samarali ishlashi to‘g’on tanasi va poydevoridagi ortiqcha g’ovak bosimini kamaytirish, filtratsiya suvlarini xavfsiz chiqarish hamda ichki eroziya va suffoziya jarayonlarining oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Shu sababli drenaj tizimining texnik holatini muntazam tekshirish va uning filtratsion samaradorligini baholab borish zarur. Shunday qilib, filtratsiya jarayonlarini chuqur o‘rganish, xavfli zonalarni aniqlash, filtr-drenaj tizimlarini takomillashtirish va muntazam monitoringni yo‘lga qo‘yish suv ombori to‘g’onlarining uzoq muddatli, barqaror va xavfsiz ekspluatatsiyasini ta’minlashning muhim shartlaridan biridir.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Das B.M., Sobhan K. Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning.
2. Fell R., MacGregor P., Stapledon D., Bell G., Foster M. Geotechnical Engineering of Dams. 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2015.

3. U.S. Bureau of Reclamation. Design Standards No. 13: Embankment Dams. Chapter 8: Seepage. Denver, Colorado: Technical Service Center, 2014.
4. U.S. Bureau of Reclamation. Design Standards No. 13: Embankment Dams. Chapter 3: Foundation Surface Treatment. Denver, Colorado: Technical Service Center, 2012.
5. U.S. Bureau of Reclamation. Design Standards No. 13: Embankment Dams. Chapter 16: Cutoff Walls. Denver, Colorado: Technical Service Center.
6. Duncan J.M., Wright S.G., Brandon T.L. Soil Strength and Slope Stability. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
7. Craig R.F. Craig's Soil Mechanics. 8th ed. London: Spon Press, 2012.
8. Powrie W. Soil Mechanics: Concepts and Applications. 3rd ed. London: CRC Press, 2014.
9. Harr M.E. Groundwater and Seepage. Mineola, NY: Dover Publications, 2012.
10. USACE. Instrumentation for Embankment Dams and Levees. Engineering and Construction guidance. U.S. Army Corps of Engineers.
11. U.S. Bureau of Reclamation. Design Standards and Data Collection Guides. Technical Service Center, U.S. Department of the Interior.
12. Foster M., Fell R., Spannagle M. The statistics of embankment dam failures and accidents. Canadian Geotechnical Journal. 2000; 37(5): 1000–1024.