

Abdulkarimov M.M.*Alfraganus universiteti, Turizm fakulteti, Umumkasbiy fanlar kafedrası**katta o'qituvchisi**e-mail: makhsudabdukarakimov774@gmail.com**<https://orcid.org/0009-0001-4313-1559>*

TUPROQLI TO'G'ONLARNING DEFORMATSION XAVFSIZLIGINI BAHOLASHNING KO'P DARAJALI MEZONLAR TIZIMI VA ERTA OGOHLANTIRISH ALGORITMI (TO'POLON TO'G'ONI MISOLIDA)

Annotatsiya. Zamonaviy monitoring vositalari to'g'on deformatsiyasini millimetr aniqligida qayd etish imkonini bergani bilan, o'lchash natijasining o'zi hali inshoot holatini baholash degani emas: xom qiymatni xavfsizlik to'g'risidagi qarorga aylantirish uchun rasmiylashtirilgan mezonlar tizimi talab etiladi. Maqolada tuproqli to'g'onlarning deformatsion xavfsizligini baholashning uch darajali mezonlar tizimi taklif etilgan: metrologik daraja (o'lchangan siljishning statistik haqiqiylikni tekshirish), normativ daraja (mutlaq chegaraviy qiymatlar bilan solishtirish) va kinematik daraja (deformatsiya tezligi hamda tezlanishi bo'yicha tasniflash). Tizim asosida bosqichma-bosqich erta ogohlantirish algoritmi ishlab chiqilgan va u To'polon tuproqli to'g'onining (Surxondaryo viloyati) haqiqiy monitoring ma'lumotlariga tatbiq etilgan. Hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, to'g'on tojidagi GNSS-3 stansiyasida qayd etilgan 28 mm gorizonta siljish birlashtirilgan o'rtacha kvadratik xatolikning uch karrasidan ($3\sigma_L = 8,49$ mm) sezilarli darajada oshadi va statistik jihatdan haqiqiy deformatsiya sifatida tasniflanadi; ayni paytda u ICOLD tavsiya etgan 30 mm chegaraviy qiymatning 93 % ini tashkil etadi. Radiolokatsion interferometriya bo'yicha yuklanmagan quyi b'ef qiyaligida aniqlangan 30,94 mm/yil tezlik oylik ifodada 2,58 mm/oy ga teng bo'lib, taklif etilgan tasnifda "nazorat" darajasiga tushadi. Natijalar mezonlarni faqat mutlaq qiymatga emas, balki tezlik va tezlanishga bog'lash zarurligini, shuningdek chegaraviy qiymatlarni inshootning individual xususiyatlariga moslashtirish lozimligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: to'g'on xavfsizligi; deformatsiya mezonlari; statistik ishonchlilik; deformatsiya tezligi; erta ogohlantirish; tuproqli to'g'on; ICOLD; To'polon to'g'oni.

Аннотация. Хотя современные средства мониторинга позволяют регистрировать деформацию плотины с миллиметровой точностью, сам результат измерения ещё не является оценкой состояния сооружения: для преобразования исходного значения в решение о безопасности требуется формализованная система критериев. В статье предложена трёхуровневая система критериев оценки деформационной безопасности грунтовых плотин: метрологический уровень (проверка статистической достоверности измеренного смещения), нормативный уровень (сопоставление с предельно

допустимыми значениями) и кинематический уровень (классификация по скорости и ускорению деформации). На основе этой системы разработан пошаговый алгоритм раннего предупреждения, который применён к фактическим данным мониторинга грунтовой плотины Тупаланг (Сурхандарьинская область). Расчёты показали, что зафиксированное на станции GNSS-3 в гребне плотины горизонтальное смещение 28 мм существенно превышает утроенную комбинированную среднюю квадратическую погрешность ($3\sigma_L = 8,49$ мм) и классифицируется как статистически достоверная деформация; при этом оно составляет 93 % рекомендованного ICOLD предельного значения 30 мм. Выявленная методом радиолокационной интерферометрии скорость 30,94 мм/год на незагруженном низовом откосе в месячном выражении равна 2,58 мм/мес и в предложенной классификации соответствует уровню «контроль». Результаты показывают необходимость привязки критериев не только к абсолютному значению, но и к скорости и ускорению деформации, а также целесообразность адаптации предельных значений к индивидуальным особенностям сооружения.

Ключевые слова: безопасность плотин; критерии деформации; статистическая достоверность; скорость деформации; раннее предупреждение; грунтовая плотина; ICOLD; плотина Тупаланг.

Abstract. Although modern monitoring instruments make it possible to record dam deformation with millimetre accuracy, a measurement result is not in itself an assessment of the structure's condition: converting a raw value into a safety decision requires a formalised system of criteria. This paper proposes a three-level system of criteria for assessing the deformation safety of earthfill dams: the metrological level (verification of the statistical validity of the measured displacement), the normative level (comparison against absolute threshold values), and the kinematic level (classification by deformation velocity and acceleration). On this basis, a step-by-step early-warning algorithm has been developed and applied to actual monitoring data from the Topalang earthfill dam (Surkhandarya region, Uzbekistan). The calculations show that the horizontal displacement of 28 mm recorded at station GNSS-3 on the dam crest substantially exceeds three times the combined root-mean-square error ($3\sigma_L = 8.49$ mm) and is therefore classified as a statistically genuine deformation; at the same time, it constitutes 93 % of the 30 mm threshold recommended by ICOLD. The displacement rate of 30.94 mm/yr identified by radar interferometry on the unloaded downstream slope corresponds to 2.58 mm/month and falls within the "control" level of the proposed classification. The results demonstrate the need to link assessment criteria not only to absolute magnitude but also to deformation velocity and acceleration, and the value of adapting threshold values to the individual characteristics of each structure.

Keywords: dam safety; deformation criteria; statistical reliability; deformation rate; early warning; earthfill dam; ICOLD; Topalang dam.

Kirish. Gidrotexnika inshootlari xavfsizligini ta'minlash tizimida o'lchash va baholash bosqichlari ko'pincha bir-biridan ajratilmaydi. Holbuki, ular turli metodologik mazmunga ega: o'lchash inshootning haqiqiy holati to'g'risida son ma'lumot beradi, baholash esa shu sonni normativ talablar va inshootning fizik xususiyatlari kontekstida talqin qiladi. Zamonaviy avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari kuniga minglab o'lchov natijasini shakllantirgani sababli, ushbu ma'lumotlar oqimini xavfsizlik to'g'risidagi aniq qarorga aylantiradigan rasmiylashtirilgan mezonlar tizimiga bo'lgan ehtiyoj yanada kuchaymoqda [1; 2].

Amaldagi normativ hujjatlar odatda mutlaq chegaraviy qiymatlarni belgilaydi — masalan, ma'lum sinf inshootlari uchun ruxsat etilgan maksimal gorizonttal siljish [1; 3]. Biroq faqat mutlaq qiymatga tayanish ikki jiddiy kamchilikka ega. Birinchidan, u o'lchash xatoligini hisobga olmaydi: chegaraga yaqin qiymat asbob shovqini natijasi bo'lishi ham mumkin. Ikkinchidan, u deformatsiyaning rivojlanish sur'atini e'tibordan chetda qoldiradi, holbuki inshoot vayron bo'lishidan oldin, qoida tariqasida, tezlanuvchi deformatsiya bosqichi kuzatiladi [4]. Shu sababli chegaraviy qiymatdan ancha past, ammo tez o'sib borayotgan siljish chegaraga yaqin, lekin barqaror siljishdan ko'ra ko'proq xavf tug'dirishi mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi — o'lchash natijasidan xavfsizlik qaroriga o'tishning uch darajali mezonlar tizimini asoslash, shu asosda erta ogohlantirish algoritmini shakllantirish hamda uni To'polon tuproqli to'g'onining haqiqiy monitoring ma'lumotlariga tatbiq etib, tizimning amaliy ishlash qobiliyatini ko'rsatishdir.

Materiallar va usullar. 2.1. Mezonlar tizimining umumiy tuzilishi. Taklif etilayotgan tizim ketma-ket qo'llaniladigan uch darajadan iborat bo'lib, har bir daraja o'ziga xos savolga javob beradi:

- metrologik daraja: qayd etilgan siljish haqiqiy deformatsiyami yoki o'lchash shovqinimi?
- normativ daraja: siljishning mutlaq qiymati ruxsat etilgan chegaraga nisbatan qay darajada?
- kinematik daraja: deformatsiya qanday sur'atda va qanday tendensiya bilan rivojlanmoqda?

Darajalarning ketma-ketligi majburiy: statistik jihatdan tasdiqlanmagan qiymatni normativ chegara bilan solishtirish, shuningdek tezlik tahlilisiz mutlaq qiymat asosida yakuniy xulosa chiqarish metodologik xatolikka olib keladi.

2.2. Birinchi daraja — statistik ishonchlilik mezoni. O'lchangan siljish haqiqiy deformatsiya sifatida qabul qilinishidan avval statistik tekshiruvdan o'tkaziladi [5]. Gorizonttal

bo'yicha birlashtirilgan o'lchash xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_L = \sqrt{(\sigma_X^2 + \sigma_Y^2)} \quad (1)$$

Siljish quyidagi shartlarni qanoatlantirgandagina ishonchli deb hisoblanadi:

$$\Delta L > 2\sigma_L \quad (95 \% \text{ ishonchlilik}); \quad \Delta L > 3\sigma_L \quad (99,7 \% \text{ ishonchlilik}) \quad (2, 3)$$

Vertikal siljish uchun ham shunga o'xshash mezonlar qo'llaniladi: $\Delta Z > 2\sigma_Z$ va $\Delta Z > 3\sigma_Z$. Amaliyotda 3σ mezonni qaror qabul qilish uchun asosiy, 2σ esa ogohlantiruvchi chegarasifatida qabul qilinishi maqsadga muvofiq.

2.3. Ikkinchi daraja — normativ chegaraviy qiymatlar. Statistik jihatdan tasdiqlangan siljish amaldagi normativ hujjatlarda belgilangan chegaralar bilan solishtiriladi. Xalqaro yirik to'g'onlar komissiyasi (ICOLD) tegishli sinf inshootlari uchun gorizontalsiljishning 30 mm chegaraviy qiymatini tavsiya etadi [1]. Baholashning aniqligini oshirish uchun mutlaq qiymat o'rniga nisbiy ko'rsatkichdan foydalanish taklif etiladi:

$$K_n = \Delta L / \Delta L_{\text{ruxsat}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

bu yerda ΔL_{ruxsat} — normativ chegaraviy qiymat. $K_n < 70 \%$ holat

barqaror, 70–90 % kuchaytirilgan e'tibor talab qiladigan, 90 % dan yuqori qiymat esa chegaraga yaqinlashish holati sifatida talqin qilinadi. Nisbiy ko'rsatkichning afzalligi shundaki, u turli sinfdagi va turli balandlikdagi inshootlar bo'yicha natijalarni qiyoslash imkonini beradi.

2.4. Uchinchi daraja — kinematik mezonlar.

Deformatsiyaning mutlaq qiymatidan tashqari, uning rivojlanish sur'ati muhim tashxisiy ko'rsatkich hisoblanadi [5]. Gorizontalsiljish tezligi:

$$v = \Delta d / \Delta t \quad (5)$$

tezlanish esa quyidagicha aniqlanadi:

$$a = dv/dt = (v_2 - v_1) / \Delta t \quad (6)$$

Musbat va o'sib boruvchi tezlanish progressiv deformatsiyaning hamda konstruktiv xavf ehtimolini ko'rsatadi; $a \approx 0$ barqaror bosqichga, $a < 0$ esa muvozanat holatiga qaytayotgan so'nuvchi jarayonga mos keladi. Inshoot vayron bo'lishidan oldin, qoida tariqasida, tezlanuvchi deformatsiya bosqichi kuzatiladi [4]. 1-jadvalda P-648/Gidroloyiha va AQSh Muhandis qo'shinlari korpusi (USACE) mezonlariga asoslangan tezlik bo'yicha tasnif keltirilgan.

Holat	Vertikal tezlik (mm/oy)	Gorizontalsiljish tezlik (mm/oy)	Talqin	Tavsiya etiladigan chora
Normal	0–1	0–2	Tabiiy / elastik jarayon	Kuzatuvning odatdagi davriyligi
Nazorat	1–3	2–5	Yuklanish	Kuzatuv

Holat	Vertikal tezlik (mm/oy)	Gorizontaal tezlik (mm/oy)	Talqin	Tavsiya etiladigan chora
			ortgan yoki deformatsiya jadallashgan	davriyligini oshirish
Ogohlantirish	3–5	5–10	Konstruktiv xavf ehtimoli	Jadal kuzatuv, ekspert bahosi
Kritik	> 5	> 10	Progressiv deformatsiya, tezlanish aniqlangan	Zudlik bilan tiklash choralari

1-jadval. Deformatsiya tezligi bo'yicha xavf darajasini tasniflash mezonlari (P-648/Gidroloyiha va USACE asosida) [6; 7].

2.5. Natijalarni fizik talqin qilish: filtratsion kechikish. Tuproqli to'g'onlarda suv sathining o'zgarishi bilan to'g'on gavdasi deformatsiyasi o'rtasida vaqt kechikishi kuzatiladi. Bu hodisa lyoss-gilli o'zak orqali filtratsiya oqimining inersiyasi bilan izohlanadi: gidrostatik bosim to'g'on gavdasiga bir zumda emas, balki ichki filtratsiya rejimi qayta shakllangandan keyingina ta'sir qiladi [8; 9]. Filtratsiya oqimi tezligi Darsi qonuniga bo'ysunadi:

$$v_f = k \cdot i = k \cdot (\Delta H_{\text{suv}} / L_{\text{filtr}}) \quad (7)$$

bu yerda v_f — filtratsiya oqimi tezligi (m/s); k — filtratsiya koeffitsienti (m/s); i — gidravlik gradient; ΔH_{suv} — suv

sathlari farqi (m); L_{filtr} — filtratsiya yo'lining uzunligi (m). Ushbu kechikish (5) tenglama bo'yicha hisoblangan tezlikni to'g'ri talqin qilish uchun muhim: suv ombori to'lish davrida qayd etilgan tezlik oshishi progressiv jarayon emas, balki mavsumiy siklning bir qismi bo'lishi mumkin. Shu sababli kinematik tasnif kamida bitta to'liq to'lish–bo'shatish sikli doirasida qo'llanilishi lozim.

2.6. Erta ogohlantirish algoritmi. Yuqoridagi uch daraja quyidagi ketma-ket algoritmgaga birlashtiriladi (2-jadval). Algoritmning har bir qadami oldingi qadam natijasi ijobiy bo'lgandagina bajariladi.

Qadam	Bajariladigan amal	Chiqish natijasi
1	(1)–(3) bo'yicha statistik tekshiruv	Siljish haqiqiy yoki shovqin sifatida tasniflanadi
2	(4) bo'yicha normativ chegaraga nisbatan K_n	Chegaraga yaqinlik darajasi aniqlanadi

Qadam	Bajariladigan amal	Chiqish natijasi
	hisoblanadi	
3	(5)–(6) bo'yicha tezlik va tezlanish hisoblanadi	1-jadval bo'yicha xavf darajasi belgilanadi
4	(7) asosida mavsumiy omil hisobga olinadi	Sikldan tashqari trend ajratiladi
5	Yakuniy qaror shakllantiriladi	Kuzatuv rejimi yoki muhandislik chorasini tayinlanadi

2-jadval. Deformatsion xavfsizlikni baholashning bosqichma-bosqich algoritmi.

2.7. Tadqiqot ob'ekti va dastlabki ma'lumotlar. Algoritm Surxondaryo viloyatidagi To'polon tuproqli to'g'onining monitoring ma'lumotlariga tatbiq etilgan. To'g'onda 2024-yildan buyon o'nta stansiyadan iborat doimiy ko'p tizimli GNSS tarmog'i ishlaydi; tizim statik rejimda gorizont bo'yicha $\sigma_X = \sigma_Y = \pm 2$ mm, vertikal bo'yicha ± 4 mm aniqlikni ta'minlaydi [10; 11]. Bundan tashqari, PQ-158-sonli Qaror ijrosi doirasida 2020–2024-yillar uchun Sentinel-1 radiolokatsion ma'lumotlari asosida PS-InSAR va SBAS tahlillari bajarilgan [12; 13]. Ushbu ikki manba mezonlar tizimini sinovdan o'tkazish uchun yetarli dastlabki bazani tashkil etadi.

Natijalar. **3.1. Birinchi darajaning qo'llanilishi.** To'g'on tojida joylashgan GNSS-3 stansiyasida to'plangan gorizont siljish 28 mm ni tashkil etgan. (1) tenglamaga ko'ra, $\sigma_X = \sigma_Y = \pm 2$ mm bo'lganda birlashtirilgan xatolik $\sigma_L = \sqrt{(2^2 + 2^2)} = 2,83$ mm ga teng. Bundan $2\sigma_L = 5,66$ mm va $3\sigma_L = 8,49$ mm kelib chiqadi.

Kuzatilgan 28 mm qiymat $3\sigma_L$ dan 3,3 barobar katta bo'lgani sababli, u 99,7 % ishonchlilik darajasida statistik jihatdan haqiqiy deformatsiya sifatida tasniflanadi va keyingi darajalarga o'tkaziladi.

3.2. Ikkinchi darajaning qo'llanilishi. (4) tenglamaga ko'ra, ICOLD tavsiya etgan $\Delta L_{\text{ruxsat}} = 30$ mm qiymatga nisbatan $K_n = 28 / 30 \cdot 100 \% = 93,3 \%$. Bu ko'rsatkich 2.3-bandda belgilangan tasnifga muvofiq "chegaraga yaqinlashish" holatiga to'g'ri keladi va inshootning ushbu nuqtasini alohida nazoratga olishni taqozo etadi. Shu bilan birga, mutlaq qiymat hali chegaradan oshmagani sababli, yakuniy xulosa faqat kinematik daraja natijalari asosida shakllantirilishi lozim.

3.3. Uchinchi darajaning qo'llanilishi. Kinematik baholash uchun radiolokatsion interferometriya natijalari ham jalb etildi, chunki ular uzoq muddatli (2020–2024-yy.) tezlik qiymatlarini beradi. SBAS tahlili to'g'onning yuklanmagan quyi b'ef

qiyaligida 30,94 mm/yil gorizontaal siljish tezligini aniqlagan [13]. Oylik ifodaga keltirilganda bu $30,94 / 12 = 2,58$ mm/oy ni tashkil etadi va 1-jadvalga muvofiq gorizontaal bo'yicha "nazorat" darajasiga (2–5 mm/oy)

tushadi. PS-InSAR bo'yicha to'g'onning o'rtacha yillik cho'kishi $-8,69$ mm/yil bo'lib [13], bu 0,72 mm/oy ga teng va vertikal bo'yicha "normal" darajaga (0–1 mm/oy) mos keladi. Hisoblash natijalari 3-jadvalda umumlashtirilgan.

Ko'rsatkich	Qiymat	Hisoblangan mezon	Tasnif
GNSS-3, gorizontaal siljish	28 mm	$3\sigma_L = 8,49$ mm; $K_n = 93,3$ %	Statistik jihatdan haqiqiy; chegaraga yaqin
To'g'on, vertikal tezlik (PSI)	$-8,69$ mm/yil	0,72 mm/oy	Normal
Yuklanmagan qiyalik, gorizontaal tezlik (SBAS)	30,94 mm/yil	2,58 mm/oy	Nazorat
To'g'on, umumiy vertikal deformatsiya	$-38,55$ mm	Kuzatuv davri bo'yicha to'plangan	Kuzatuvni davom ettirish

3-jadval. Mezonlar tizimining To'polon to'g'oni ma'lumotlariga tatbiq etilishi natijalari [10–13].

Uch darajaning birgalikdagi natijasi shuni ko'rsatadiki, To'polon to'g'oni bo'yicha ikkita alohida e'tibor talab qiladigan nuqta ajratiladi: mutlaq qiymati chegaraga yaqinlashgan toj zonasidagi GNSS-3 stansiyasi va tezligi "nazorat" darajasiga tushgan yuklanmagan quyi b'ef qiyaligi. Muhim jihati shundaki, bu ikki nuqta turli darajadagi mezonlar orqali aniqlangan: birinchisi mutlaq qiymat bo'yicha, ikkinchisi esa faqat tezlik bo'yicha. Faqat mutlaq chegaraga tayanadigan an'anaviy yondashuvda ikkinchi zona e'tibordan chetda qolar edi.

Muhokama. Olingan natijalar mezonlar tizimini ko'p darajali qurishning amaliy zaruratini tasdiqlaydi. Xalqaro tajriba ham shu xulosani qo'llab-quvvatlaydi. Gruziyadagi Enguri to'g'onida DAMAST loyihasi doirasida suv ombori to'lish va bo'shatish davrlarida deformatsiya yo'lining farqlanishi — gisterezis effekti — aniqlangan bo'lib [14], bu hodisa (7) tenglama bilan tavsiflangan filtratsion inersiya mexanizmiga mos keladi va mavsumiy tsiklni progressiv trenddan ajratish zarurligini ko'rsatadi. Meksikadagi Sanalona to'g'onida suv sathi va siljish

o'rtasida $r = 0,97$ korrelyatsiya qayd etilgani [15] gidrostatik yuklanishning yetakchi omil ekanligini tasdiqlaydi, ya'ni kuzatilgan siljishlarni birinchi navbatda yuklanish o'zgarishi kontekstida talqin qilish lozim.

Shu bilan birga, taklif etilgan tizimning bir necha cheklovini qayd etish zarur. Birinchidan, kinematik tasnif tezlik hisoblanadigan vaqt oralig'iga sezgir: qisqa oraliqda hisoblangan tezlik mavsumiy tebranishni progressiv trend sifatida ko'rsatishi mumkin. Shu sababli tasnif kamida bitta to'liq to'lish–bo'shatish sikli, imkon qadar esa bir necha sikl bo'yicha qo'llanilishi kerak. Ikkinchidan, ICOLD tavsiya etgan 30 mm chegarasi umumlashtirilgan qiymat bo'lib, u inshootning balandligi, o'zak konstruksiyasi va grunt xususiyatlarini to'liq hisobga olmaydi; uzoq muddatli kuzatuv ma'lumotlari to'plangan sari inshootga xos individual chegaralarni ishlab chiqish maqsadga muvofiq. Uchinchidan, radiolokatsion interferometriya natijalari yo'ldoshning ko'rish chizig'i bo'ylab o'lchanadi va gorizontal tashkil etuvchini ajratish qo'shimcha farazlarni talab qiladi; shu sababli 30,94 mm/yil qiymatiga asoslangan tasnif yerusti o'lchovlari bilan tasdiqlanishi lozim.

To'rtinchi va eng muhim jihat — mezonlar tizimi qaror qabul qilishni almashtirmaydi, balki uni tartibga soladi. Har qanday "ogohlantirish" yoki "kritik" tasnif muhandislik ekspertizasi bilan tasdiqlanishi, o'lchash tizimining texnik holati tekshirilishi va imkoniyat

bo'lganda mustaqil usul (klassik geodezik o'lchovlar) bilan nazorat qilinishi kerak [2; 3].

Xulosa. Maqolada tuproqli to'g'onlarning deformatsion xavfsizligini baholashning uch darajali mezonlar tizimi — metrologik, normativ va kinematik darajalar — asoslab berildi hamda ular asosida besh qadamli erta ogohlantirish algoritmi shakllantirildi.

Tizimning To'polon to'g'oni ma'lumotlariga tatbiq etilishi quyidagi natijalarni berdi. To'g'on tojidagi GNSS-3 stansiyasida qayd etilgan 28 mm gorizontal siljish $3\sigma_L = 8,49$ mm mezonidan sezilarli oshgani sababli statistik jihatdan haqiqiy deformatsiya sifatida tasniflandi va normativ chegaraning 93,3 % ini tashkil etdi. Yuklanmagan quyi b'ef qiyaligida aniqlangan 30,94 mm/yil tezlik oylik ifodada 2,58 mm/oy bo'lib, "nazorat" darajasiga to'g'ri keldi; to'g'onning o'rtacha yillik cho'kishisi esa "normal" darajada qoldi.

Tadqiqotning asosiy metodologik xulosasi shundan iboratki, mutlaq chegaraviy qiymat va deformatsiya tezligi mezonlari inshootning turli nuqtalarida turli xavf o'choqlarini aniqlaydi. Faqat mutlaq qiymatga tayanadigan an'anaviy yondashuv sekin, ammo barqaror rivojlanayotgan deformatsiya zonalarini o'z vaqtida aniqlay olmaydi. Shu sababli To'polon to'g'oni uchun kinematik mezonlarni doimiy monitoring reglamentiga rasman kiritish, kamida bitta to'liq to'lish–bo'shatish sikli bo'yicha kuzatuvni

yakunlab, inshootga xos individual chegaraviy qiymatlarni ishlab chiqish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

- [1] ICOLD. Dam Safety Guidelines. International Commission on Large Dams. — Paris: ICOLD, 2022.
- [2] Scaioni M., Marsella M., Crosetto M., Tornatore V., Wang J. Geodetic and Remote-Sensing Sensors for Dam Deformation Monitoring // Sensors. — 2018. — Vol. 18, №11. — P. 3682.
- [3] ShNK 2.02.02-20. Gidrotexnika inshootlari. Asosiy loyiha qoidalari. O'zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. — Toshkent, 2020.
- [4] Fell R., MacGregor P., Stapledon D., Bell G. Geotechnical Engineering of Dams. 2nd Edition. — London: CRC Press, Taylor & Francis, 2015. — 1368 p.
- [5] Chen M., Zhang H. GNSS-based deformation monitoring methodology for hydraulic structures // Journal of Geodesy. — 2018. — Vol. 92, №4. — P. 341–358.
- [6] P-648/Gidroprojekt. Instruktsiya po nablyudeniyu za deformatsiyami osnovaniy i sooruzheniy gidroenergeticheskikh ob'yektov. — M.: Gidroprojekt, 1980.
- [7] USACE EM 1110-2-1908. Instrumentation of Embankment Dams and Levees. U.S. Army Corps of Engineers. — Washington D.C., 1995.
- [8] Muborakov H.M. Gidrotexnika inshootlarini geodezik usullarda kuzatish metodikasi. — Toshkent: Fan, 2020. — 212 b.
- [9] Abdurahmonov S.K., Toshmatov A.R. Gidrotexnika inshootlarida filtratsion jarayonlar va ularning deformatsiyaga ta'siri // Irrigatsiya va melioratsiya. — 2023. — №1. — B. 56–64.
- [10] CHC Navigation iStar GNSS qabul qilgich texnik ko'rsatkichlari. — URL: <https://www.chcnav.com/product-detail/istar> (murojaat sanasi: 15.03.2025).
- [11] HCmonitor GNSS monitoring dasturiy ta'minoti. CHC Navigation (Chcnav) kompaniyasi. — URL: <https://www.chcnav.com> (murojaat sanasi: 20.01.2025).
- [12] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-maydagi PQ-158-sonli Qarori "To'polon suv ombori to'g'oni zilzilabardoshligini radiolokatsion kosmik suratlarni interferometrik qayta ishlash va natijalarni tahlil qilish asosida baholash to'g'risida". — Toshkent, 2023.
- [13] Texnik-analitik hisobot: To'polon suv omborida amalga oshirilgan ishlar yuzasidan. — Toshkent: "Gidrotexmonitoring" MChJ, 2024.
- [14] DAMAST Consortium. Remote Sensing and Geodetic Monitoring of the Enguri High Arch Dam, Georgia // Remote Sensing. — 2020. — Vol. 12, №24. — P. 4006.

- [15] Vazquez-Ontiveros J.R., Hernandez-Andrade D. GNSS monitoring of the Sanalona earthfill dam: correlation of displacement and water level // *Journal of Surveying Engineering*. — 2021. — Vol. 147, №1. — 04020022.
- [16] Bonatz M. Deformation analysis of earth-fill dams using GNSS measurements // *Survey Review*. — 2008. — Vol. 40, №309. — P. 236–247.
- [17] Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent Scatterers in SAR Interferometry // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. — 2001. — Vol. 39, №1. — P. 8–20.
- [18] Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. — 2002. — Vol. 40, №11. — P. 2375–2383.
- [19] Xujaev, M. (2020). Mahmudkhuja Behbudiy as a leader of jadid reforms. *The Light of Islam*, 3, 39-47.
- [20] Evlen, H., Juraev, D., Ziyamukhamedova, U., Khujaev, M., & Jalilov, F. (2025). PLA/Ti6Al4V composite scaffolds for bone tissue engineering: mechanical and thermal properties via FDM and bioprinting. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 1-25.
- [21] Abduraimova, N., Sharopova, N., Khujaev, M., Sapayev, V., Fattoyeva, O., & Yusufov, S. (2025). Economic development through analysis of the education and entrepreneurship impacts. *Economic Annals-XXI/Ekonomičnij Časopis-XXI*, 214(3/4), 84.
- [22] Isoxonovich, M. X. (2022). Middle Ages Movarounnahr Rulers in the Views OF Researchers. *European Journal of Innovation in Nonformal Education*, 2(6), 134-136.
- [23] Xujayev, M. I. (2018). THE COVERAGE OF THE PROBLEM OF NATIONALARITY AND ITS ROLE ON THE PRESENT DAY IN AHMAD ZAKI VALADI'S WORK. *Мировая наука*, (6 (15)), 61-63.
- [24] Хужаев, М. И. (2018). АҲМАД ЗАКИ ВАЛИДИЙНИНГ ДИНИЙ-ФАЛСАФИЙ МЕРОСИНИНГ ИЛДИЗЛАРИ. In *Инновационные подходы в современной науке* (pp. 177-182).
- [25] Khujaev, M. (2024). AHMED ZAKI: ON THE IDEAS OF THE PHILOSOPHY OF HISTORY. *Экономика и социум*, (1 (116)), 235-239.



ALFRAGANUS

XALQARO ILMIY JURNAL

VOL. 3 • ISSUE 14 • 2026

UMUMKASBIY FANLAR

NASHR MA'LUMOTLARI

Ushbu jurnal O'zbekiston Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy
kommunikatsiyalar agentligida № 060125 guvohnoma
bilan ro'yxatdan o'tgan.

«ALFRAGANUS UNIVERSITY» nashriyotida tayyorlandi.

Muharrir: Xolbekov S.

ISSN: 2992-8974

journals.afu.uz

journals@afu.uz

Tel: +998 90 335 09 30

ALFRAGANUS UNIVERSITY

TOSHKENT • 2026