

UDK:528.88

M.M.Abdukarimov. Alfraganus University, Umumkasbiy fanlar kafedrası katta o'qituvchisi.

SUV OMBORI TO'G'ONI DEFORMATSIYASINI (VERTIKAL CHO'KISHINI) KUZATISHDA INSAR TEXNOLOGIYASINI QO'LLASH. (TO'POLANG SUV OMBORI MISOLIDA)

Annotatsiya. Ushbu maqolada Gidrotexnik inshootlardan biri bo'lgan suv ombori to'g'oni deformatsiyasini vertikal cho'kishini monitoringini olib borishda zamonaviy InSAR texnologiyalaridan foydalanib olib borish ko'rib chiqilgan. Unda obyekt sifatida O'zbekiston respublikasi Surxondaryo viloyatida joylashgan To'palang suv ombori tanlangan. Olib borilgan ishlar nazariy tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: InSAR, deformatsiya, monitoring, suv ombori to'g'oni, vertikal cho'kish, kosmik suratlar.

THE USE OF INSAR TECHNOLOGY FOR MONITORING RESERVOIR DAM DEFORMATION (VERTICAL SUBSIDENCE). ((USING THE EXAMPLE OF THE TUPOLANG RESERVOIR))

Abstract. The article discusses the use of modern InSAR technologies to control the vertical draft of a reservoir dam, one of the hydraulic structures. The Topalang reservoir, located in the Surkhandarya region of the Republic of Uzbekistan, was chosen as the site. The results were theoretically analyzed.

Key words: InSAR, deformation, monitoring, reservoir dam, vertical subsidence, satellite images.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ INSAR ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИИ ПЛОТИНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА (ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПРОСАДКИ). (НА ПРИМЕРЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ТОПОЛАНГ)

Аннотация. В статье рассматривается применение современных технологий InSAR для контроля вертикальной осадки плотины водохранилища — одного из гидротехнических сооружений. В качестве объекта выбрано водохранилище Топаланг, расположенное в Сурхандарьинской области Республики Узбекистан. Полученные результаты были теоретически проанализированы.

Ключевые слова: InSAR, деформация, мониторинг, плотина водохранилища, вертикальная просадка, космические снимки.

Kirish. Suv omborlari daryolarning suvlari hisobiga ma'lum vaqt davomida to'ldirilib, xalq xo'jaligi tarmoqlarini kerakli vaqtda zarur miqdorda suv bilan ta'minlashga mo'ljallangan gidrotexnik inshootlar majmuasidir. Suv omborlar xalq xo'jaligining turli sohalarida muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, qishloq xo'jaligi, energetika, sanoat va shu kabi sohalarda o'z o'rniga ega. Daryo oqimi suv hajmini ichimlik suvi ta'minoti, irrigatsiya, gidroenergetika, sanoat, ekologiya, suv toshqini xavfi va boshqa talablarni ko'zda tutgan holda suv omborlari quriladi. Suv ombori oqimni fasllar va yillar bo'yicha tartibga soladi, kanal va boshqa suv o'tkazish inshootlari bilan birga hududlar bo'ylab qayta taqsimlashga imkoniyat yaratadi.

Hozirgi vaqtga kelib gidrotexnika inshootlarining texnik holati xavfsizlik nuqtayi nazaridan alohida ahamiyatga ega. Gidrotexnik inshootlarning xususan Suv omborlari to'g'onlarining texnik holatini nazoratini olib borish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Chunki Gidrotexnika inshootlarini samarali ishlashi bu faqat suv bilan bog'liq masalalarni hal qilibgina qolmasdan balki, mamlakatimizning iqtisodiy ko'rsatkichlariga ham bevosita tasir ko'rsatadi. Misol uchun hozirgi vaqtga kelib O'zbekistonda sug'oriladigan yer maydonlari 4.2 mln.ga dan oshadi. Mavjud barcha sug'oriladigan yerlarda hosilni yetishtirish sun'iy sug'orishga asoslangan. Bu yerlarni sug'orish uchun 300 ga yaqin gidrotexnika inshootlari, shu bilan birga 20 mlrd.m³ hajmga ega bo'lgan 59 ta suv omborlari, 65 ga yaqin yirik gidrouzellar, 1000 dan ortiq kichik gidrotexnika inshootlari, 60 dan ortiq magistral va xo'jaliklararo kanallar ishlatiladi. Mavjud yer maydonlarining qariyb yarmi umumiy suv sarfi 6.4 mln.m³/s bo'lgan 1.5 mingdan ortiq, shu jumladan 24 yirik nasos stantsiyalari yordamida sug'oriladi.

Mamlakatimizdagi mavjud suv omborlarining deyarli barchasi (Andijon suv omboridan tashqari) gruntli to'g'onlardan tashkil topgan. Mazkur grunt yadroli suv omborlari to'g'oni tabiiy (ya'ni zilzila, yog'ingarchilik, infiltratsiya jarayoni va shamol) hamda texnogen omillar ta'sirida (loyihadagi kamchiliklar, qurilish me'yorlariga rioya etmaslik) turli darajadagi deformatsiyaga uchrashi ehtimoli yuqori bo'lib hisoblanadi.

Olib borilgan izlanishlarning asosiy maqsadi - Suv omborlari to'g'onlarining cho'kish va siljish parametrlarni o'lchash va ma'lumotlarni to'plashning zamonaviy metodologiyasidan foydalangan holda ma'lum bir reja bo'yicha ularni baholash uchun amalga oshirilgan, takroriy kuzatishlar natijasida ma'lumotlarni olish va ularni qayta ishlab xavfsizlik me'yorlari bo'yicha solishtirish, ayni kundagi holatini baholash uchun axborot-tahlil tizimini ishlab chiqishdan iboratdir.

Olib borilgan ishning nazariy va amaliy ahamiyati. So'ngi 2 yilgacha O'zbekiston hududidagi barcha suv omborlari to'g'onlarini deformatsiyasini geodezik kuzatishda asosan an'anaviy usullardan foydalanib kelingan. Bular,

vertikal cho'kishini geometrik nivelirlash, trigonometrik nivelirlash va gidrostatik nivelirlash, gorizonta siljishini esa stvor usuli, chiziqli-burchak usuli, alohida yo'nalishlar usuli hamda GNSS sy'omka usullari bo'lgan. Ushbu olib borilgan ilmiy izlanishlarimiz ham an'anaviy usullardan foydalanib, hamda zamonaviy GIS va masofadan zondlash usullaridan foydalanib suv omborlari to'g'onlari deformatsiyalarini kuzatildi va ulardan olingan natijalarni solishtirilib, aniqligini baholandi. InSAR texnologiyasini qo'llash orqali suv omborlari to'g'onlari deformatsiyalarini kuzatishda aniqligi yetarlicha bo'lishi va bu texnologiyani keyinchalik barcha shu kabi ishlarda qo'llab yaxshi natijalar olish mumkinligi ko'rishimiz mumkin.

Обзор литературы

Интерферометрический синтетический радар (InSAR) ма'lumotlaridan to'g'ri foydalangan holda yer harakatini kartalashtirish uchun kuchli vosita hisoblanadi. Graham, L.C. 1974 yilda topografik kartalashtirish uchun birinchi InSAR tajribasini o'tkazdi, Zebker H.A. va Goldstein R.M. 1986 yilda esa yon tomondan ko'rish radaridan (SLAR) foydalangan holda birinchi amaliy natijalar haqida xabar berishgan.

INTERFEROGRAMMA bir xil orbitadan olingan ikkita SAR tasvirini birlashtirish orqali hosil bo'ladi, lekin orbitaning asosiy chizig'idagi farq bilan. DInSAR kosmik tizimining dastlabki qo'llanilish sohalari katta maydonlarda cho'kishni baholash va zilzilalar natijasida yuzaga keladigan deformatsiyalarni aniqlashni o'z ichiga oladi. Honda K. va boshqalar (2012) DInSAR yordamida Yaponiyaning Okinava prefekturasidagi Taiho hududida tuproq to'g'onining barqarorligini kuzatdilar. Ular 2006 yil 6 dekabr dan 2010 yil 17 dekabrgacha Alos PALSAR yordamida tuproq to'g'onlarining tashqi deformatsiyasini o'lchashdi. DInSAR o'lchov natijalari GPS o'lchovlari bilan taqqoslandi va 80% aniqlikni ko'rsatdi. DInSAR ma'lumotlari va yer usti ma'lumotlari o'rtasidagi yana bir qiyosiy tadqiqot Di Martire D. va boshqalar tomonidan (2015) Envisat-ASAR (2002 yil 29 noyabr - 2010 yil 30 iyul) tomonidan olingan 51 ta surat yordamida

amalgga oshirildi. Janubiy Apennin (Italiya) da joylashgan Konza to'g'oni, kuchli zilzila epitsentriga juda yaqin (MVt $\frac{1}{46}$, 9), 1980 yil 23 noyabrda sodir bo'lgan. Ushbu natijalar shuni ko'rsatadiki, bu usul fuqarolik ob'ektlarini, ayniqsa katta ta'sir qiluvchi omil va ular bilan bog'liq xavfga ega bo'lgan to'g'onlarni aniq kuzatish uchun ishonchli. D. Tarchi va bir qator olimlar 1999 yili inshootlarni kuzatish uchun yer usti interferometriya tamoyillarini taklif qilishdi.

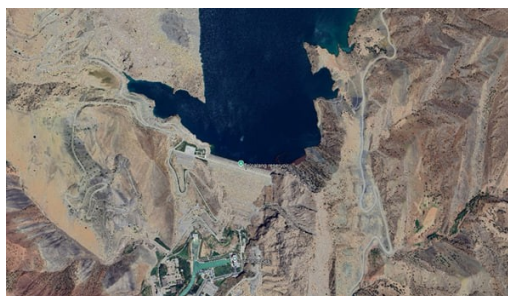
Materiallar va metodlar. Mazkur ishda to'g'onning vertikal cho'kishini kuzatishda differensial radar interferometriyasi ma'lumotlarini va yerdagi o'lchov ma'lumotlari tahlil qilindi. Natijalar yakunida InSAR metodlari va geodezik o'lchash ma'lumotlar o'rtasida yuqori bog'liqlikni ko'rsatdi, yuqori xavfli ehtimol mavjud to'g'onlarni aniq monitoring qilish uchun ushbu usulning ishonchliligini ko'rsatildi. Misol tariqasida su'niy yo'ldosh har gal belgilangan obyekt ustidan uchib o'tganda ma'lumotlarni qayd etib boradi natijalar esa bu ma'lumotlar asosida analitik hisoblarga asoslangan holda olinadi.

Misol tariqasida ushbu texnologiya boshqa davlatlar amaliyotida ham keng qo'llaniladi. Xitoyning Shuibuya to'g'onining sirt deformatsiyasini kuzatish uchun InSAR ko'p yillik vaqt seriyasidan foydalanilgan holda retrospektiv analizi tahlil qilingan va natijalar asosida maqola chop etilgan. Ushbu maqolada InSAR va ananaviy kuzatuvlar o'rtasidagi 0,93 koeff. Yuqori korrelyatsiya aniqlanib InSAR usulining ishonchliligini tasdiqlagan. Interferometriya natijasida olingan deformatsiyalar tarixi joydagi geodezik kuzatuvlar bilan tasdiqlangan. Bundan tashqari InSAR natijalari to'g'on deformatsiyasini keng maydonda, jumladan, unga yondosh bo'lgan hududlarni kuzatish, to'g'onning butun yuzasi hamda unga tutash hududda uzluksiz o'rganish imkonini beradi, bu esa to'g'onning uzluksiz deformatsiyasi haqida aniq tasavvur beradi.

Radiolokatsion sensorlar (SAR) bilan jihozlangan qarama-qarshi yo'nalishdagi qutubiy Sentinel-1 su'niy yo'ldosh guruhi C-diapozonda, to'lqin amplituda uzunligi 5,5 sm bo'lgan mikroto'lqin deformatsiyalarni aniqlashda samarali hisoblanadi. Ushbu texnoogiyani qo'llanilishi va umuman InSAR haqida

batafsil ma'lumotni havola ([https://egms.land.copernicus.eu/.](https://egms.land.copernicus.eu/)) orqali olish mumkim.

Tadqiqot olib borilgan obyekt bo'lib O'zbekiston Respublikasi Surxondaryo viloyatining Sariosiyo tumanida joylashgan To'polang suv ombori olingan.



1-rasm.Google Earth dasturidan olingan To'polang suv ombori kosmik surati.

To'palang suv ombori – yirik gidrotexnik inshoot bo'lib, suv ombori qurilishi 2 bosqichda amalga oshirilgan. 1-bosqichi 1982-1986 yillarda amalga oshirilgan va suv ombor hajmi 126 mln.m³ ga teng bo'lgan. 2-bosqich 2010-yildan hozirgi vaqtga qadar davom etmoqda. 2-bosqichda suv ombori hajmi 500 mln.m³ ga yetkazish rejalashtirilgan. To'palang suv ombori o'zanli suv ombor bo'lib, qor va muzlilar suv omborning suv olish manbasi hisoblanadi. Suv ombor irrigatsiya, energetika va daryodagi sel suvlarini tartibga solishga xizmat qiladi.

Seysmik jihatdan 9 ballik hududda joylashgan bo'lib, 1-darajali muhandislik sinfiga kirishi belgilangan. Suv ombori kosasining loyihaviy hajmi 500 mln.m³. To'g'on balandligini 180 m ga yetkazish reja qilingan, to'g'on uzunligi esa 400 m ni tashkil qiladi. Suv omborining jadallashgan suv sathi belgisi (ФПУ)-962, normal dimlangan sath belgisi (НПУ)-960 m, o'lik xajmdagi sath belgisi (УМО)-824 m. Asosiy suv chiqarish inshooti soni 1 ta, quvvati 270 m³/s.

2022-yil 2-martdagi 3/118452 sonli shartnomaga asosan To'palang suv omborida "Gidrotexmonitoring" MCHJ tomonidan navbatdagi geodezik o'lchov ishlari amalga oshirilgan. O'lchov ishlarni amalga oshirishdan maqsad To'palang GES inshootlari va suv ombor to'g'oni tanasida mavjud vertikal cho'kish holatlarini aniqlash, shuningdek xavfsizlik deklaratsiyasiga o'lchov asosida

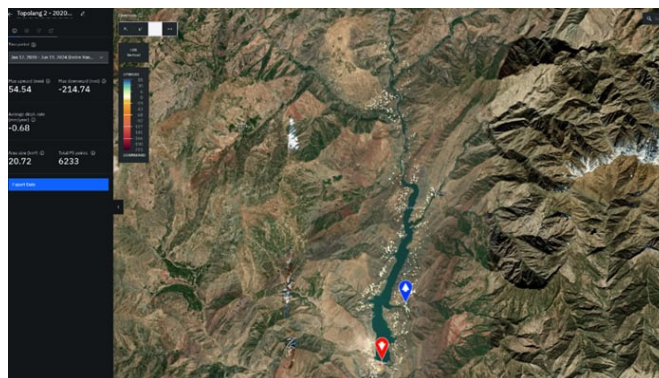
olingan ma'lumotlarni kiritish maqsadi qo'yilgan. O'lchovlar 2022-yilda 2 siklda may va oktabr oylarida amalga oshirilgan. Ushbu o'lchov ishlari texnik hisobotiga ko'ra avvalgi geodezik o'lchovlar 2019-2020 yillarda olib borilgan.

“Gidrotexmonitoring” MCHJ tomonidan suv omborda mavjud barcha nazorat o'lchov asoblari (NO'A) yangilangan va o'lchov ishlari aynan yangilangan NO'A larda olib borilgan. Shuningdek oktabr oyida amalga oshirilgan geodezik o'lchov ishlari davrida stantsiya oldida, GES va Gidrouzel yaqinida qurilish ishlari amalga oshirilgani belgilangan.

2022-yilning may – oktabr oylarida olib borilgan geodezik o'lchovlar natijasiga ko'ra GES inshooti, ma'muriyat binosi hududlarida 1 – 1.5 mm ko'tarilish holatlari qayd etilgan. Shuningdek o't o'chirish binosida +15 mm, 46-markada +17.5 mm va 43-markada +14.7 mm ko'tarilish holatlari qayd etilgan. Undan tashqari 30-markada +0.5 mm, 37-markada +19.3 mm, 35-markada +16.3 mm, 36-markada +17.7 mm ko'tarilish holatlari kuzatilgan.

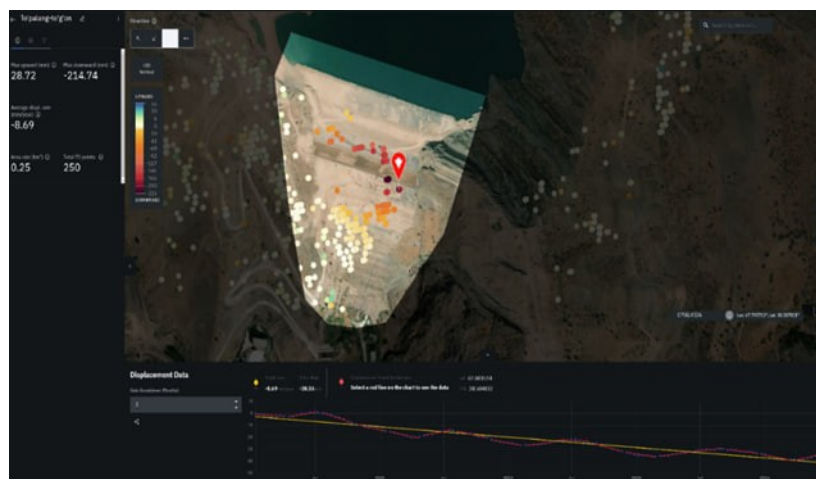
Natijalar va ularning muhokamasi. To'palang suv omborining 2020-yil yanvar oyidan 2024-yil iyun oyiga qadar olingan radiolokatsion kosmik suratlarni interferometrik qayta ishlash natijasi DSI va PSI tartibida tahlil qilindi. Dastlab PSI kesimida interferometrik qayta ishlash natijasi keltirib o'tilgan.

Amalga oshirilgan o'rganishlar natijasida suv ombori to'g'oni va akvatoriyasida jami 6233 ta nazorat nuqtalar kesimida vertikal deformatsiya holatlari aniqlandi. O'rganilgan hududda eng maksimal cho'kish holati suv ombori to'g'oni quyi bef qismida kuzatilgan bo'lib -214.74 mm ni tashkil qiladi. Eng maksimal ko'tarilish holati suv ombor havzasi chap tomonida kuzatilib 54.54 mm ni tashkil qiladi. Barcha nuqtalar kesimida o'rtacha yillik deformatsiya ko'rsatkichi -0.68 mm ekanligini aniqlandi.



2-rasm. To'palang suv ombori kosmik monitoring tahlili natijasi.(vertikal deformatsiya)

Suv ombori to'g'onida vertikal va gorizontaal deformatsiyani aniqlash uchun jami 250 ta nazorat nuqtalar kesimida aniqlandi. To'g'onida jami 290 ta nazorat o'lchov qurilmalari mavjud. To'g'on balandligi 185 m. To'g'onni nazorat qilish belgilari 5 ta, stvor belgilari 13 ta, reperlar 4 ta, yuzadagi markalar esa 32 tani tashkil qiladi, Suv ombor to'g'oni quyi bef bermalarida cho'kish holatlari ko'plab kuzatilgan. Maksimal cho'kish holati quyi befda kuzatilgan bo'lib, -214.74 mm ni tashkil qiladi (monitoring davr uchun). To'g'on usti o'rkachida va quyi bef birinchi va ikkinchi bermalarda vertikal cho'kish holatlari kuzatilgan. Mavjud cho'kish holatlarining qiymatlari 35–210 mm oralig'ida. To'g'on quyi bef qismi yuqoridan pastga qarab cho'kish holatlari kamayish holatida. To'g'on o'ng tomonida vertikal deformatsiya holatlari kuzatilgan va 90 mm ga yetadi. Suv ombor to'g'onidagi mavjud barcha nuqtalarning kuzatuv davriga nisbatan deformatsiyasi -38.55 mm ni tashkil etadi, o'rtacha yillik cho'kish -8.69 mm ni tashkil etadi.

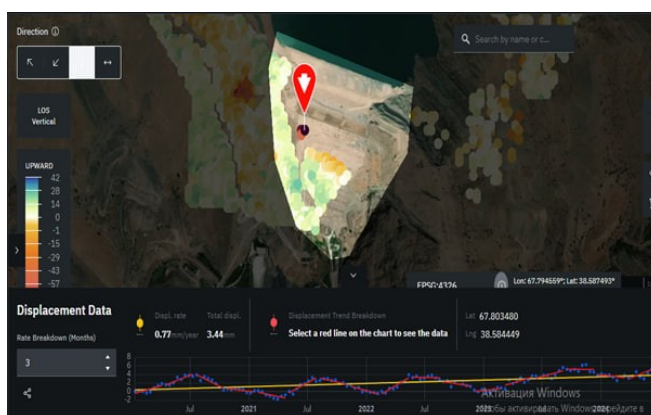


3-rasm To'g'on qismida kuzatilgan o'zgarishlar (vertikal deformatsiya).

Amalga oshirilgan (DSI kesimida) o'rganishlar natijasida suv ombori to'g'oni va akvatoriyasida jami 18391 ta nazorat nuqtalar kesimida vertikal

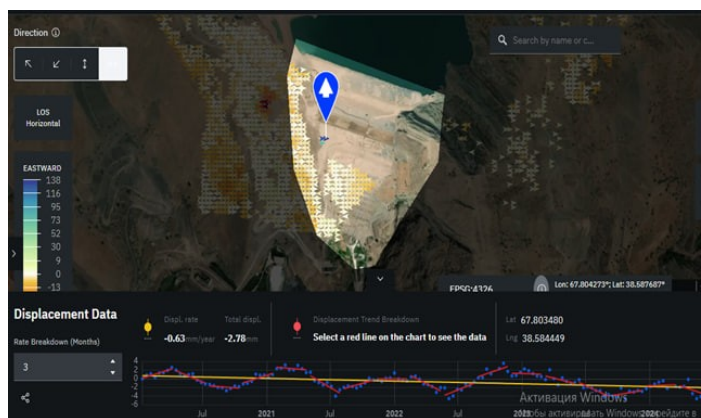
deformatsiya holatlari aniqlanlandi. O'rganilgan hududda eng maksimal cho'kish holati suv ombori to'g'oni quyi befida kuzatilgan bo'lib -113.91 mm ni tashkil qiladi. Eng maksimal ko'tarilish suv ombor o'ng tomonida kuzatilib 41.38 mm ni tashkil qilgan. Barcha nuqtalar kesimida o'rtacha yillik deformatsiya ko'rsatkichi – 0.4 mm ekanligini aniqlandi.

Suv ombori to'g'onida vertikal va gorizontal deformatsiyani aniqlash uchun jami 256 ta nazorat nuqtalar kesimida aniqlandi. Suv ombor to'g'onidagi mavjud barcha nuqtalarning kuzatuv davriga nisbatan deformatsiyasi 3.44 mm ni tashkil qilgan bo'lsa, o'rtacha yillik esa 0.77 mm ni tashkil etadi. To'g'on quyi bef birinchi va ikkinchi bermalarida vertikal cho'kish qiymatlari 18 – 114 mm oralig'ida. To'g'on quyi bef pastki bermalarida to'g'on vertikal cho'kish holatlari -30 mm, ko'tarilish 20 mm ni tashkil qiladi.



5-rasm To'g'on qismida kuzatilgan o'zgarishlar (vertikal deformatsiya).

Jami 18391 ta nazorat nuqtalar kesimida gorizontal deformatsiya holatlari aniqlanlandi. O'rganilgan hududda eng maksimal sharq tomonga siljish holati suv ombori to'g'oni quyi befida kuzatilgan bo'lib 137.31 mm ni tashkil qiladi. Eng maksimal g'arb tomonga siljish holati suv ombor chap tomonida kuzatilib 98.91 mm ni tashkil qilgan. Barcha nuqtalar kesimida o'rtacha yillik deformatsiya ko'rsatkichi 0.13 (siljish g'arb tomonga) mm ekanligini aniqlandi.



6-rasm To'g'on qismida kuzatilgan o'zgarishlar (vertikal deformatsiya).

Quyida pastki bermalarda kuzatilgan gorizontal deformatsiyada g'arb tomonga siljish holatlarining ulushi ko'p. To'g'ondagi eng maksimal sharqiy siljish holati bosimsiz qiyalik qismiga to'g'ri kelib 137.31 mm, o'rtacha yillik siljish 30.94 mm ni tashkil qilmoqda.

Xulosa. Suv omborini 2020-2024 yillar oralig'idagi DSI va PSI kesimida radiolokatsion kosmik suratlarni interferometrik qayta ishlash va ularni tahlil qilish orqali To'palang suv ombori akvatoriyasi va to'g'onida sodir bo'lgan mavjud deformatsiya (vertikal cho'kish) holatlari aniqlandi.

To'palang suv omborini kosmik monitoring qilish davrida suv ombor to'g'onida vertikal deformatsiya holatlari barqarorlashmagan, keskin o'zgarishlarsiz. To'g'on o'ng tomonida vertikal deformatsiya holatlari mavjud.

Ushbu usulda doimiy kosmik monitoring tizimini joriy etish suv omborlari to'g'onida deformatsion ko'rsatkichlarni nazorat qilib bo'rish, uzluksiz ma'lumotlar asosida tahlillarni olib borish, kuzatuvlar olib borilmagan davrlar uchun retrospektiv tahlil natijalarini taqdim etish imkonini beradi. Har bir suv omborining xavfsizlik deklaratsiyasida yoki loyiha hujjatlarida belgilangan deformatsiyalanish darajasining meyor chegaralaridan kelib chiqqan holda geoaxborot tizimini sozlamalar orqali habardor etish tizimini sozlab qo'yish imkoniyati mavjud.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. ICOLD. World Register of Dams. General Synthesis. 2020. Available online: <https://www.icold-cigb.org/> (accessed on 30 April 2020).

2. ICOLD. Dam Failures-Statistical Analysis (Bulletin 99); Document protected by Copy Right; ICOLD: Paris, France, 1995.];
3. Foster, M.; Fell, R.; Spannagle, M. The statistics of embankment dam failures and accidents. *Can. Geotech. J.* 2000, 37, 1000–1024;
4. Estrela, T.; Pérez-Martin, M.A.; Vargas, E. Impacts of climate change on water resources in Spain. *Hydrol. Sci. J.* 2012, 57, 1154–1167;
5. Forero-Ortiz, E.; Martínez-Gomariz, E.; Monjo, R. Climate Change Implications for Water Availability: A Case Study of Barcelona City. *Sustainability* 2020, 12, 1779;
6. Fluixá-Sanmartín, J.; Altarejos-García, L.; Morales-Torres, A.; Escuder-Bueno, I. Climate change impacts on dam safety. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2018, 18, 2471–2488;
7. Bowles, D.; Brown, A.; Hughes, A.; Morris, M.; Sayers, P.; Topple, A.; Wallis, M.; Gardiner, K. *Guide to Risk Assessment for Reservoir Safety Management, Volume 1: Guide*; Environment Agency: Bristol, UK, 2013;
8. J. Aswathi a, R.B. Binoj Kumar a, T. Oommen b, E.H. Bouali c, K.S. Sajinkumar., InSAR as a tool for monitoring hydropower projects: A review. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2021.12.007> //2666-7592/©2022 Sinopec Petroleum Exploration and Production Research Institute. Publishing services by Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communications Co. Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)
9. Peng Wang, Cheng Xing, Xiandong Pan., Reservoir Dam Surface Deformation Monitoring by Differential GB-InSAR Based on Image Subsets. Article. Published: 10 January 2020