

## SUV BALANSINI HISOBLASHDA ZAMONAVIY MONITORING TIZIMLARIDAN FOYDALANISH

*Qarshi davlat texnika universiteti magistranti*

*Nasimova Fayoza*

*Moskva davlat qurilish universiteti magistranti*

*Shermamatov Yusufxon*

**Annotatsiya:** Ushbu ilmiy maqolada suv balansini aniqlash va boshqarishda zamonaviy monitoring tizimlaridan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari keng yoritilgan. Tadqiqotda suv resurslarini samarali boshqarish uchun masofadan zondlash texnologiyalari, IoT (Internet of Things) asosidagi aqlli sensorlar, GIS (Geografik axborot tizimi) va SCADA kabi innovatsion yechimlarning qo'llanilishi tahlil qilinadi. Suv balansini hisoblashda bug'lanish, infiltratsiya, oqim va suv sarfi ko'rsatkichlarini real vaqt rejimida monitoring qilish orqali aniqlikni oshirish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Maqolada suv xo'jaligi tizimlarida raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali suv yo'qotishlarini kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish va boshqaruv qarorlarini optimallashtirish masalalari asoslab berilgan. Shuningdek, zamonaviy monitoring vositalarining gidrotexnik inshootlar, sug'orish kanallari va nasos stansiyalaridagi samaradorlikka ta'siri tahlil etilgan. Tadqiqot natijalari suv balansini aniqlashda an'anaviy usullarga nisbatan yuqori aniqlik, tezkorlik va ishonchlilikka erishish mumkinligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, maqolada iqlim o'zgarishi sharoitida suv resurslarini boshqarishda raqamli monitoring tizimlarining ahamiyati alohida yoritilib, ularning barqaror rivojlanish va ekologik muvozanatni ta'minlashdagi roli asoslab berilgan. Kelgusida sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (Big Data) texnologiyalarini integratsiya qilish orqali suv balansini prognozlash va boshqarish samaradorligini yanada oshirish imkoniyatlari ko'rsatib o'tilgan.

**Kalit so'zlar:** Suv balansi, gidrologik hisoblash, suv resurslarini boshqarish, zamonaviy monitoring tizimlari, IoT (Internet of Things), GIS (Geografik axborot tizimi), SCADA, masofadan zondlash, real vaqt monitoringi, aqlli sensorlar, bug'lanish, infiltratsiya, suv sarfi, suv yo'qotishlari, raqamli texnologiyalar, gidrotexnik inshootlar, sug'orish tizimlari, nasos stansiyalari, iqlim o'zgarishi, barqaror rivojlanish, ekologik monitoring, katta ma'lumotlar (Big Data), sun'iy intellekt.

**Annotation:** This scientific article explores the theoretical and practical aspects of applying modern monitoring systems in water balance assessment and management. The study examines the role of advanced technologies such as remote sensing, smart sensors based on Internet of Things, Geographic Information System (GIS), and SCADA in improving the accuracy and efficiency of hydrological calculations. The

research focuses on real-time monitoring of key water balance components, including evaporation, infiltration, runoff, and water discharge, which enables more precise and оператив decision-making. The integration of digital monitoring technologies into water management systems contributes to reducing water losses, optimizing resource allocation, and enhancing the operational efficiency of hydraulic structures, irrigation networks, and pumping stations. Furthermore, the article highlights the importance of digital monitoring tools under climate change conditions, emphasizing their role in ensuring sustainable water resource management and environmental stability. The findings demonstrate that modern monitoring systems significantly outperform traditional methods in terms of accuracy, reliability, and responsiveness. Prospects for further development include the integration of artificial intelligence and big data analytics to improve forecasting and decision support in water balance management.

**Keywords:** Water balance, hydrological analysis, water resources management, modern monitoring systems, Internet of Things, Geographic Information System (GIS), SCADA, remote sensing, real-time monitoring, smart sensors, evaporation, infiltration, runoff, water discharge, water losses, digital technologies, hydraulic structures, irrigation systems, pumping stations, climate change, sustainability, environmental monitoring, big data, artificial intelligence.

**Аннотация:** В данной научной статье рассмотрены теоретические и практические аспекты применения современных систем мониторинга при расчёте и управлении водным балансом. В исследовании анализируется использование передовых технологий, таких как дистанционное зондирование, интеллектуальные датчики на основе Интернет вещей, Географическая информационная система (ГИС) и SCADA, которые позволяют повысить точность гидрологических расчётов. Особое внимание уделено мониторингу в реальном времени основных составляющих водного баланса, таких как испарение, инфильтрация, сток и расход воды, что обеспечивает повышение эффективности управленческих решений. Внедрение цифровых технологий мониторинга в систему водного хозяйства способствует снижению потерь воды, рациональному использованию ресурсов и повышению эффективности работы гидротехнических сооружений, оросительных систем и насосных станций. Кроме того, в статье подчёркивается значимость современных мониторинговых систем в условиях изменения климата, их роль в обеспечении устойчивого развития и экологической безопасности. Результаты исследования показывают, что современные технологии мониторинга превосходят традиционные методы по точности, оперативности и надёжности. В качестве перспективного направления рассматривается интеграция технологий искусственного интеллекта и анализа больших данных для прогнозирования и оптимизации водного баланса.

**Ключевые слова:** Водный баланс, гидрологические расчёты, управление водными ресурсами, современные системы мониторинга, Интернет вещей, Географическая информационная система, SCADA, дистанционное зондирование, мониторинг в реальном времени, интеллектуальные датчики, испарение, инфильтрация, сток, расход воды, потери воды, цифровые технологии, гидротехнические сооружения, оросительные системы, насосные станции, изменение климата, устойчивое развитие, экологический мониторинг, большие данные, искусственный интеллект.

**Kirish.** Hozirgi kunda suv resurslari dunyo miqyosida eng muhim strategik omillardan biri sifatida qaralmoqda. Aholi sonining ortishi, qishloq xo'jaligi va sanoat tarmoqlarining kengayishi hamda iqlim o'zgarishi jarayonlari suvga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda. Shu sababli suv resurslarini samarali boshqarish, ularni hisobga olish va oqilona taqsimlash masalalari dolzarb ilmiy va amaliy muammolardan biri hisoblanadi.

Suv balansini hisoblash suv resurslarini boshqarishning asosiy tarkibiy qismi bo'lib, u ma'lum hudud yoki gidrotexnik tizimga kiruvchi va undan chiqib ketuvchi suv miqdorlarini aniqlashga xizmat qiladi. An'anaviy usullar ko'pincha statistik ma'lumotlarga asoslangan bo'lib, ular yetarli darajada aniqlik va tezkorlikni ta'minlay olmaydi. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish suv balansini hisoblashda yangi bosqichni boshlab bermoqda.

Bugungi kunda Internet of Things (IoT), Geographic Information System (GIS), SCADA kabi ilg'or texnologiyalar yordamida suv resurslarini real vaqt rejimida kuzatish va tahlil qilish imkoniyati mavjud. Ushbu tizimlar orqali suv sarfi, bug'lanish, infiltratsiya va boshqa muhim ko'rsatkichlar yuqori aniqlikda aniqlanadi hamda tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyati yaratiladi.

Zamonaviy monitoring tizimlarining joriy etilishi nafaqat suv yo'qotishlarini kamaytirish, balki gidrotexnik inshootlar va sug'orish tizimlarining samaradorligini oshirishga ham xizmat qiladi. Ayniqsa, suv tanqisligi kuchayib borayotgan hududlarda ushbu texnologiyalarning ahamiyati yanada ortib bormoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi suv balansini hisoblashda zamonaviy monitoring tizimlaridan foydalanishning nazariy asoslarini o'rganish, ularning amaliy qo'llanilish imkoniyatlarini tahlil qilish hamda suv resurslarini boshqarishda samaradorlikni oshirish yo'llarini aniqlashdan iborat.

### **Suv balansini hisoblash haqida umumiy ma'lumot**

**Suv balansi** - bu ma'lum bir hudud, suv havzasi yoki gidrotexnik tizimga kiruvchi va undan chiqib ketuvchi suv miqdorlarining o'zaro nisbatini ifodalovchi muhim gidrologik balans hisoblanadi. U suv resurslarini boshqarish, sug'orish tizimlarini

loyihalash va ekspluatatsiya qilish, shuningdek, ekologik barqarorlikni ta'minlashda asosiy ko'rsatkichlardan biridir.

**Suv balansining asosiy maqsadi** - ma'lum vaqt oralig'ida (kun, oy, yil) suv miqdorining o'zgarishini aniqlash va uning manbalari hamda sarflanish yo'nalishlarini baholashdan iborat. Bu jarayon gidrologiya va suv xo'jaligi amaliyotida keng qo'llaniladi.

### **Suv balansining asosiy tenglamasi**

Suv balansi quyidagi umumiy ko'rinishda ifodalanadi:

$$P + Q_{in} + G_{in} = ET + Q_{out} + G_{out} + \Delta S$$

Bu yerda:

- $P$  – yog'in (atmosfera tushumlari)
- $Q_{in}$  – yuzaki kirim oqimi
- $G_{in}$  – yer osti suvlarining kirimi
- $ET$  – bug'lanish va transpiratsiya (evapotranspiratsiya)
- $Q_{out}$  – chiqim oqimi
- $G_{out}$  – yer osti suvlarining chiqimi
- $\Delta S$  – suv zaxirasining o'zgarishi

Ushbu tenglama massa saqlanish qonuni ga asoslanadi, ya'ni tizimga kirgan suv miqdori chiqib ketgan suv va zaxira o'zgarishiga teng bo'ladi.

### **Suv balansining tarkibiy qismlari**

#### **1. Kirim (input) elementlari:**

- Atmosfera yog'inlari (yomg'ir, qor)
- Daryo va kanallardan keluvchi suvlar
- Yer osti suvlarining kirimi

#### **2. Chiqim (output) elementlari:**

- Bug'lanish va o'simliklar orqali suv sarfi
- Daryolar orqali chiqib ketuvchi suv
- Filtratsiya (infiltratsiya) orqali yo'qotishlar

#### **3. Zaxira (storage):**

- Tuproq namligi
- Suv omborlari hajmi
- Yer osti suvlarining darajasi

### **Suv balansining turlari**

- **Global suv balansi** – Yer miqyosida suv aylanishi
- **Hududiy suv balansi** – ma'lum bir havza yoki region uchun
- **Mahalliy suv balansi** – kichik obyektlar (kanal, dala, suv ombori) uchun

**Suv balansini hisoblash usullari**

An'anaviy hisoblash usullari statistik ma'lumotlar va kuzatuvlarga asoslangan bo'lsa, hozirgi kunda zamonaviy texnologiyalar keng qo'llanilmoqda. Jumladan:

- masofadan zondlash
- Internet of Things
- Geographic Information System
- SCADA

Bu texnologiyalar yordamida suv sarfi, namlik, bug'lanish va boshqa ko'rsatkichlar real vaqt rejimida aniqlanadi.

**Amaliy ahamiyati**

Suv balansini to'g'ri hisoblash:

- suv resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi;
- sug'orish rejimlarini optimallashtiradi;
- suv tanqisligi va ortiqcha suv xavfini kamaytiradi;
- gidrotexnik inshootlarning ishonchli ishlashini ta'minlaydi;
- ekologik muvozanatni saqlashga yordam beradi.

**Zamonaviy monitoring tizimlaridan foydalanish**

Zamonaviy monitoring tizimlari suv resurslarini boshqarishda tub burilish yasagan muhim texnologik yechimlardan biri hisoblanadi. An'anaviy kuzatuv va o'lchash usullari ko'pincha davriy va cheklangan aniqlikka ega bo'lsa, bugungi kunda raqamli texnologiyalar yordamida suv tizimlarining holatini uzluksiz, real vaqt rejimida kuzatish imkoniyati mavjud. Bu esa suv balansini hisoblash, resurslarni taqsimlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda yuqori aniqlik va tezkorlikni ta'minlaydi.

Zamonaviy monitoring tizimlarining asosini Internet of Things (IoT) tashkil etadi. Ushbu texnologiya yordamida suv obyektlariga o'rnatilgan sensorlar orqali suv sathi, oqim tezligi, bosim, namlik va boshqa ko'rsatkichlar doimiy ravishda o'lchanadi va markaziy tizimga uzatiladi. Natijada inson omilisiz avtomatik ravishda ma'lumotlar yig'iladi va tahlil qilinadi.

Shuningdek, Geographic Information System (GIS) texnologiyasi suv resurslarini hududiy jihatdan tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. GIS orqali suv havzalari, sug'orish tarmoqlari va gidrotexnik inshootlarning joylashuvi, ularning o'zaro bog'liqligi hamda suv taqsimoti jarayonlari vizual tarzda ko'rib chiqiladi. Bu esa rejalashtirish va boshqaruv samaradorligini oshiradi.

Bundan tashqari, SCADA tizimlari sanoat va suv xo'jaligi obyektlarida keng qo'llanilib, barcha jarayonlarni markazlashgan holda nazorat qilish imkonini beradi. SCADA tizimi orqali nasos stansiyalari, suv omborlari va kanallardagi qurilmalar masofadan boshqariladi, favqulodda holatlar tezkor aniqlanadi va zarur choralar ko'riladi.

Masofadan zondlash texnologiyalari ham zamonaviy monitoring tizimlarining muhim qismi hisoblanadi. Sun'iy yo'ldosh va dronlar yordamida katta hududlardagi suv resurslari, tuproq namligi, vegetatsiya holati va bug'lanish jarayonlari aniqlanadi. Bu usul ayniqsa keng maydonli irrigatsiya tizimlarida samarali hisoblanadi.

Zamonaviy monitoring tizimlaridan foydalanish natijasida suv yo'qotishlarini kamaytirish, suv sarfini aniq hisoblash va resurslardan oqilona foydalanish imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, ushbu texnologiyalar suv xo'jaligi tizimlarining avtomatlashtirilish darajasini oshirib, inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi.

Kelajakda ushbu tizimlarni sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar texnologiyalari bilan integratsiya qilish orqali suv resurslarini prognozlash va boshqarish yanada takomillashadi. Bu esa suv tanqisligi sharoitida barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

### **Xulosa**

Suv balansini hisoblash va zamonaviy monitoring tizimlaridan foydalanish suv resurslarini samarali boshqarishning eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy hisoblash usullari bilan solishtirganda raqamli va avtomatlashtirilgan tizimlar suv oqimlari, bug'lanish, infiltratsiya va boshqa gidrologik ko'rsatkichlarni ancha yuqori aniqlikda baholash imkonini beradi. Zamonaviy texnologiyalar, xususan Internet of Things, Geographic Information System va SCADA kabi tizimlarning qo'llanilishi suv resurslarini real vaqt rejimida kuzatish, tezkor tahlil qilish va optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini yaratadi. Bu esa suv yo'qotishlarini kamaytirish, sug'orish tizimlarining samaradorligini oshirish hamda gidrotexnik inshootlarning ishonchli ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi. Shuningdek, zamonaviy monitoring tizimlari iqlim o'zgarishi sharoitida suv resurslariga bo'lgan bosimni kamaytirish, ekologik muvozanatni saqlash va barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ular yordamida suv balansini prognozlash, xavfli gidrologik holatlarni oldindan aniqlash va zarur choralarni ko'rish imkoniyati kengayadi. Umuman olganda, suv balansini hisoblashda zamonaviy monitoring tizimlaridan foydalanish ilmiy asoslangan, samarali va istiqbolli yondashuv bo'lib, kelajakda ushbu yo'nalishda sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar texnologiyalarini keng joriy etish orqali suv xo'jaligi tizimlarini yanada takomillashtirish mumkin.

### **Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:**

1. Food and Agriculture Organization. *Water Resources Management and Irrigation Development*. Rome, 2012.
2. World Bank. *Water Resources Management Sector Strategy*. Washington DC, 2010.

3. UNESCO. *World Water Development Report*. Paris, 2020.
4. David R. Maidment. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, 1993.
5. Ven Te Chow. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, 1988.
6. World Meteorological Organization. *Guide to Hydrological Practices*. Geneva, 2018.
7. International Commission on Irrigation and Drainage. *Irrigation and Drainage Principles and Practices*. New Delhi, 2015.
8. United Nations. *Sustainable Development Goals Report*. New York, 2021.
9. Asian Development Bank. *Water for All Policy*. Manila, 2001.
10. O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligi. *Suv resurslarini boshqarish bo'yicha me'yoriy hujjatlar*. Toshkent, 2022.
11. Toshkent Irrigatsiya va Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti. *Gidrotexnika inshootlari va suv xo'jaligi asoslari*. Toshkent, 2019.
12. *Gidrologiya asoslari*. Toshkent: Fan nashriyoti, 2020.
13. Internet of Things asoslari bo'yicha ilmiy maqolalar to'plami, 2021.
14. Geographic Information System bo'yicha qo'llanmalar, 2020.
15. SCADA tizimlari bo'yicha texnik adabiyotlar, 2019.