



Analysis of Existing Studies on the Assessment of the Hydromeliorative Condition of the Aydar-Arnasay Lake System and Promising Scientific Approaches

Jumayev Zohid Zarif o'g'li

National Research University "TIIAME"

Elektron pochta: zohidjumayev705@gmail.com, tel: +998933402995

Abstract.

This paper provides a systematic review of research on the hydromeliorative status of the Aydar-Arnasay Lake System (AALS) from the 1950s to 2026. The system, formed under the influence of irrigation and collector-drainage runoff, is a large artificial-natural lake complex whose hydrological, ecological and economic condition is complex and changing. Research is classified into four directions: (1) hydrological regime and water balance, (2) mineralization and salt loading, (3) ecosystem and ichthyofauna, (4) water resources management and forecasting. The development of research reflects three stages: the first focused on natural hydrological processes, the second on the impact of irrigation systems, and the third on climate variability and ecosystem resilience. The strengths of existing work include long-term hydrometeorological and hydrochemical data, studies within the Ramsar Convention framework, and fishery and ecological monitoring. Weaknesses include fragmentation of research, lack of integration into a single system, scarcity of ecological data after 2006, and an incomplete salt balance. Promising directions include a transdisciplinary approach, integration with climate scenarios, systematic study of the Chordara–AALS–Aral Sea cascade, modelling of interaction with groundwater, and modern monitoring systems. Conclusion: preserving the AALS requires more than hydromeliorative research; an integrated, regional approach is needed.

Keywords



Aydar-Arnasay Lake System, hydromelioration, water balance, salt balance, ecosystem, ichthyofauna, climate change, water resources management, transdisciplinary research, monitoring systems.

**Aydar-Arnasoy ko'llar tizimining gidromeliorativ holatini baholash bo'yicha
mavjud tadqiqotlar tahlili va istiqbolli ilmiy yondashuvlar**

Jumayev Zohid Zarif o'g'li

TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti

Annotatsiya.

Maqolada Aydar-Arnasoy ko'llar tizimi (AAKT) gidromeliorativ holatini o'rganish bo'yicha 1950-yillardan 2026 yilgacha o'tkazilgan tadqiqotlar tahlil qilinadi. Tizim sug'orish va kollektor-zovur oqimlari ta'sirida shakllangan yirik sun'iy-tabiiy ko'llar majmuasi bo'lib, uning gidrologik, ekologik va iqtisodiy holati murakkab va o'zgaruvchan. Maqolada mavjud tadqiqotlar to'rtta asosiy yo'nalish bo'yicha tasniflanadi: (1) gidrologik rejim va suv balansi, (2) mineralizatsiya va tuz yuklari, (3) ekosistema va baliq faunasi, (4) suv resurslari boshqaruvi va prognozlash. Tadqiqotlarning rivojlanishi uch bosqichda kuzatiladi: birinchisida tabiiy gidrologik jarayonlar, ikkinchisida irrigatsion tizimlarning ta'siri, uchinchisida esa iqlim o'zgaruvchanligi va ekosistema barqarorligi asosiy mavzuga aylangan. Mavjud tadqiqotlarning kuchli tomonlari: uzoq yillik gidrometeorologik va gidrokimyoviy ma'lumotlar, Ramsar konvensiyasi doirasidagi ishlar, baliqchilik va ekologik kuzatuvlar. Zaif tomonlari: tadqiqotlarning parchalanganligi, natijalarning yagona tizimga birlashtirilmaganligi, 2006 yildan keyingi ekologik ma'lumotlarning yetishmasligi va tuz balansining to'liq yopilmaganligi. Istiqbolli yo'nalishlar sifatida transdisiplinar yondashuv, iqlim ssenariylari bilan integratsiya, Chordara-AAKT-Orol tizimini birgalikda o'rganish, yer osti suvlari bilan o'zaro ta'sirni modellashtirish va zamonaviy monitoring tizimlari ko'rsatiladi. Maqola shunday xulosaga keladi: AAKT



ni saqlash uchun faqat gidromeliorativ tadqiqotlar yetarli emas, integrallashtirilgan va mintaqaviy yondashuv zarur.

Kalit soʻzlar: Aydar-Arnasoy koʻllar tizimi, gidromelioratsiya, suv balansi, tuz balansi, ekosistema, baliq faunasi, iqlim oʻzgaruvchanligi, suv resurslari boshqaruvi, transdisiplinar tadqiqot, monitoring.

Аннотация

В статье проводится систематический анализ исследований гидромелиоративного состояния Айдаро-Арнасайской системы озёр (ААСО) с 1950-х по 2026 год. Система, сформировавшаяся под влиянием ирригации и коллекторно-дренажного стока, представляет собой крупный искусственно-природный комплекс озёр, гидрологическое, экологическое и экономическое состояние которого сложно и изменчиво. Исследования классифицированы по четырём направлениям: (1) гидрологический режим и водный баланс, (2) минерализация и солевые нагрузки, (3) экосистема и ихтиофауна, (4) управление водными ресурсами и прогнозирование. Развитие исследований отражает три этапа: на первом доминировали естественные гидрологические процессы, на втором – влияние ирригационных систем, на третьем – климатическая изменчивость и устойчивость экосистемы. Достоинства существующих работ: длительные гидрометеорологические и гидрохимические данные, исследования в рамках Рамсарской конвенции, мониторинг рыбного хозяйства и экологии. Недостатки: фрагментарность исследований, отсутствие их интеграции в единую систему, нехватка экологических данных после 2006 года и неполнота солевого баланса. Перспективные направления: трансдисциплинарный подход, интеграция с климатическими сценариями, системное изучение каскада Чордара–ААСО–Аральское море, моделирование взаимодействия с подземными водами, современные системы мониторинга. Вывод: сохранение ААСО требует не только



гидромелиоративных исследований, но и интегрированного, регионального подхода.

Ключевые слова: Айдаро-Арнасайская система озёр, гидромелиорация, водный баланс, солевой баланс, экосистема, ихтиофауна, изменение климата, управление водными ресурсами, трансдисциплинарные исследования, системы мониторинга.

KIRISH

Markaziy Osiyoda suv resurslaridan jadal foydalanish Orol dengizining qurishiga olib keldi: dengiz hajmi va yuzasi qisqarib, suvning shoʻrligi oshdi [1]. Shu bilan birga, sugʻoriladigan yerlardan chiqqan kollektor-zovur suvlari toʻplanadigan pastliklarda yangi sunʼiy-tabiiy koʻllar paydo boʻldi. Ularning eng yirigi Aydar-Arnasoy koʻllar tizimi (AAKT) boʻlib, u Qizilqum choʻlining janubidagi tabiiy botiqda joylashgan. Xoʻjalik ishlari boshlanishidan oldin bu yerda asosan Qili daryosi suvlari bilan toʻyinadigan kichik Tuzkon shoʻr koʻli bor edi. Zovur suvlari Arnasoy botigʻiga tashlana boshlagach, 1957 yilga kelib u yerda doimiy shoʻr suv havzasi shakllana boshladi [1]. 1969 yilda Sirdaryodagi katta toshqin tufayli Chordara suv omboridan Arnasoy botigʻiga 21 km³ dan ortiq suv tashlanib, tizimning hozirgi koʻrinishi shakllandi [9].

AAKT Oʻzbekistondagi yirik koʻllar tizimlaridan biri hisoblanadi. U 2008 yil 20 oktyabrda 1841-raqam bilan Ramsar roʻyxatiga kiritilgan [2]. Uning xoʻjalik ahamiyati ham katta: Orol dengizida tijorat baliq ovi toʻxtagach (1983), AAKT asosiy baliqchilik koʻliga aylangan va 1988 yilda yillik ovlanish 4600 tonnadan oshgan [1]. Keyingi yillarda ov keskin kamayib, 2006 yilda 728 tonnagacha tushgan [1].

Koʻl sathi va maydoni juda oʻzgaruvchan. Oldingi tadqiqotlarda sath tebranishi atrofdagi yer osti suvlari sathiga taʼsir qilishi koʻrsatilgan [3]. Birinchi maqoladagi maʼlumotlarga koʻra, 2005 yilda oʻrtacha yillik sath 247,11 m ga yetib, kuzatuv davridagi eng yuqori darajaga chiqqan. 2006 yildan boshlab regressiya kuzatilmoqda:



2025 yilda oʻrtacha sath 243,66 m boʻlib, 2005 yilga nisbatan 3,45 m pastlagan. Bu davrda suv balansi har yili manfiy boʻlgan.

Sathning pasayishi tuz rejimi bilan bogʻliq muammolarni kuchaytiradi. Kuchli bugʻlanish va toza suv kiriminig kamayishi natijasida suvning mineralizatsiyasi oshadi. Groll va hammualliflar maʼlumotiga koʻra, AAKT suvining mineralizatsiyasi 1970 yildagi 2,4 g/l dan 1990 yilda Aydarkoʻlda 13,7 g/l gacha oshgan [1]. Yaqinda chop etilgan tadqiqotda umumiy mineralizatsiya meʼyordan bir necha barobar yuqori ekani qayd etilgan [4]. Bunday sharoitda tuz balansini ham baholash zarur.

Tizimga tushadigan tuz yuki haqida Groll va hammualliflar Arnasoy uchun yiliga 8,12 mln tonna, Tuzkon uchun 1,64 mln tonna degan baho bergan [1].

Tizimning shakllanishi va gidrokimyoviy rejimi [5, 6] hamda suv resurslari balansi [7, 8] boʻyicha ishlar mavjud. Shunga qaramay, tizim boʻyicha gidrologik, gidrokimyoviy va ekologik tadqiqotlarni suv balansi va ekologik taʼsirning yagona zanjirida umumlashtiruvchi sharhlar yetarli emas [10]. Kollektor-zovur oqimlariga asoslangan, soʻnggi yigirma yilni qamrab olgan oylik suv va tuz balansi baholari ham kam uchraydi.

Shuning uchun AAKT suv va tuz balansini yangi maʼlumotlar asosida baholash amaliy ahamiyatga ega. Bunday baholash Chordara suv omboridan tashlamalarni rejalashtirish, kollektor-zovur oqimini boshqarish, baliqchilik va Ramsar hududi sifatidagi ekologik holatni saqlash uchun asos boʻladi.

Tadqiqotning maqsadi – Aydar-Arnasoy koʻllar tizimining gidromeliorativ holatini mavjud tadqiqotlar asosida tahlil qilish, ularning kuchli va zaif tomonlarini aniqlash hamda istiqbolli ilmiy yondashuvlarni asoslash.

Tadqiqot vazifalari: (1) AAKT boʻyicha tadqiqotlarni yoʻnalishlari va rivojlanish bosqichlari boʻyicha tasniflash; (2) ularning kuchli va zaif tomonlarini baholash; (3) tadqiqot boʻshliqlarini aniqlash; (4) iqlim oʻzgaruvchanligi, transdisiplinar yondashuv



va zamonaviy monitoring imkoniyatlarini ko'rsatish; (5) AAKT ni saqlashning ilmiy asosini mustahkamlash.

1. Tadqiqotlarning tasnifi va rivojlanish bosqichlari

1.1. Tadqiqot yo'nalishlari.

AAKT bo'yicha tadqiqotlarni mavzusiga ko'ra to'rt yo'nalishga ajratish mumkin.

Gidrologik rejim va suv balansi. Bu yo'nalishda ko'l sathi, hajmi, kollektor-zovur kirimi, yog'in va bug'lanish o'rganiladi. Wahyuni va boshq. (2009) sath tebranishlarini va ularning atrofdagi yer osti suvlari sathiga ta'sirini tahlil qilgan [3]. Kulmatov va boshq. (2013, 2022) tizimdagi suv resurslari va suv balansini baholagan [7, 8]. Akhmadjonova (2022) tizimning gidrologik tavsifi va gidrokimyoviy tahlilini bergan [6].

Mineralizatsiya va tuz balansi. Groll va boshq. (2016) ko'l suvining sho'rlanish dinamikasini va uning baliqchilikka ta'sirini ko'rsatgan [1]. Rodina (2010) dissertatsiyasida AAKT ning shakllanishi, funksiyalari va suv boshqaruvi ssenariylari ko'rib chiqilgan [5]. Tuz balansi bo'yicha aniq hisob-kitoblar hozircha asosan birinchi maqola doirasida berilgan.

Ekosistema va baliqchilik. Groll va boshq. (2016) Orol dengizida tijorat baliq ovi to'xtagach (1983), AAKT asosiy baliqchilik ko'liga aylanganini yozadi [1]. Yillik ov 1988 yilda 4600 tonnadan oshgan, 2006 yilda esa 728 tonnagacha tushgan. Ramsar Sites Information Service tizimni 2008 yilda xalqaro ahamiyatga ega hudud sifatida ro'yxatga kiritgan [2].

Boshqarish, prognoz va yangi yondashuvlar. Erkabaev, Madrimov va Nurmatova (2024) tizimning hozirgi holatini tahlil qilgan [4]. Sirojiddinova, Samiev va Jalilova (2026) suv balansi modellari va ekotizim barqarorligini baholashning zamonaviy yondashuvlarini ko'rib chiqqan [10]. Gudalov (2022) suv hajmining o'zgarishi va atrof-muhitga ta'sirini yoritgan [9].



1.2. Rivojlanish bosqichlari.

Bosqichlar tizimning gidrologik davrlari va tadqiqotlar mazmuniga tayanadi. Manbalar ularni rasmiy davr sifatida belgilamagan, shuning uchun ular shartli bosqichlar sifatida berilgan.

1950–1960-yillar. Ko‘l hali asosan tabiiy botiqlik bo‘lgan. 1957 yilda Markaziy Mirzacho‘l kollektori ishga tushib, zovur suvlari kela boshlagan. Tadqiqotlar tabiiy gidrologik jarayonlarga qaratilgan.

1969–2005. Chordara tashlamalari va transgressiya davri. Sath 2005 yilda eng yuqori darajaga yetgan. Tadqiqotlar suv balansi va tashlamalarning ta‘siriga e‘tibor qaratgan (Wahyuni va boshq., 2009; Kulmatov va boshq., 2013).

2006–2026. Regressiya davri. Mineralizatsiya va ekosistemadagi o‘zgarishlar, prognoz va modellashtirish, yangi yondashuvlar ko‘paygan (Erkabaev va boshq., 2024; Sirojiddinova va boshq., 2026).

2. Mavjud tadqiqotlarning kuchli va zaif tomonlari

2.1. Kuchli tomonlar.

Ma‘lumotlar bazasi. AAKT bo‘yicha uzoq yillik kuzatuv ma‘lumotlari mavjud: ko‘l sathining oylik qatorlari, kollektor-zovur oqimi, yog‘in va bug‘lanish ko‘rsatkichlari hamda bir necha kollektor bo‘yicha oylik sarf va mineralizatsiya ma‘lumotlari. Bunday uzun va tizimli qatorlar mintaqadagi ko‘plab ko‘llar uchun odatiy emas, bu tadqiqotlarning asosiy kuchidir.

Ko‘p yo‘nalishli yondashuv. Tadqiqotlar gidrologiya, gidrokimyo, ekologiya va baliqchilik yo‘nalishlarini qamrab olgan. Groll va boshq. (2016) baliqchilikni suv rejimi, irrigatsiya va iqlim o‘zgarishi bilan birga tahlil qilgan [1], bu yondashuvning kompleksligini ko‘rsatadi.

Xalqaro e‘tirof va hamkorlik. AAKT 2008 yilda Ramsar konvensiyasi ro‘yxatiga kiritilgan [2]. Groll va boshq. (2016) Marburg universiteti doirasida, Rodina (2010) esa



Central European University doirasida ishlagan [1, 5]. Bu tadqiqotlarga ilmiy e'tibor va ekspertiza olib kelgan.

Modellashtirish imkoniyati. Sirojiddinova, Samiev va Jalilova (2026) suv balansi modellari va ekotizim barqarorligini baholash yondashuvlarini ko'rib chiqqan [10]. Bu AAKT uchun prognozlash usullarini rivojlantirish imkonini beradi.

2.2. Zaif tomonlar.

Tadqiqotlarning parchalanganligi. Manbalar turli vaqtda, turli muallif va muassasalar tomonidan yozilgan va bir-biriga kam bog'langan. Masalan, Wahyuni va boshq. (2009) sath tebranishini yer osti suvlari bilan bog'lagan [3], Kulmatov va boshq. (2013, 2022) esa suv resurslari balansini baholagan [7, 8]. Ularning natijalarini yagona modelga keltirish imkoni hozircha yo'q.

Mavjud tadqiqotlar bilan uzilish. Ko'pchilik ishlar muayyan yil yoki davrga bog'liq. Masalan, Groll va boshq. (2016) 2006 yilgacha bo'lgan ma'lumotlar bilan ishlagan [1], 2006–2025 yillardagi regressiya davri esa ko'p manbalarda alohida tahlil qilinmagan. Yangi tadqiqotlar bu uzilishni to'ldirishi kerak.

Tuz balansining to'liqligi. Groll va boshq. (2016) kollektorlar orqali tushadigan tuz yukini baholagan [1], lekin tizimdan tuz chiqimi va uning to'planishi bo'yicha yetarli ma'lumot yo'q. Ayrim kollektorlarning uzoq yillik mineralizatsiya qatorlari ham to'liq emas.

Ekologik ko'rsatkichlarning kamligi. Baliqchilik bo'yicha ochiq manbalardagi ma'lumotlar 1988–2006 yillarga oid bo'lib, undan keyingi davr uchun yetarli ma'lumot topilmadi. Ekosistemaning hozirgi holatini baholash uchun yangi monitoring kerak.

Iqlim ta'sirining sust o'rganilganligi. Groll va boshq. (2016) iqlim o'zgarishini ko'rsatgan [1], biroq uni alohida, miqdoriy model sifatida chuqur tahlil qilmagan. Iqlim ssenariylari bilan birlashgan tadqiqotlar hali kam.



Prognoz modellarining cheklovlari. Birinchi maqolada ko'rsatilganidek, mavjud model ko'p yillik o'rtacha yog'in va bug'lanishga tayanadi va chiziqli sath-maydon-hajm bog'liqligini ishlatadi. Bu yondashuv tizimning yirik o'zgarishlarini to'liq aks ettirmaydi.

3. Istiqbolli ilmiy yondashuvlar.

Transdisiplinar tadqiqotlar. Mavjud ishlar gidrologiya, gidrokimyo va baliqchilik bo'yicha alohida olib borilgan. Kelgusida bu yo'nalishlarni bitta tizimda birlashtiradigan tadqiqotlar kerak. Masalan, sath va balans o'zgarishlarini baliqchilik hosildorligi va suv sifati bilan birga tahlil qilish mumkin. Groll va boshq. (2016) baliqchilikni suv rejimi bilan bog'lagan [1], bu yo'nalishni kengaytirish tabiiy davom etadi.

Iqlim ssenariylari bilan integratsiya. Iqlim o'zgarishining AAKT ga ta'sirini alohida, miqdoriy model sifatida chuqur tahlil qilish hali kam. Keyingi qadam sifatida yog'in va haroratning kelgusi o'zgarish ssenariylarini suv balansi modeliga kiritish mumkin. Bu birinchi maqoladagi prognozni yanada asoslaydi.

Tizimlararo (kaskad) tahlil. AAKT yakka holda emas, balki Chordara suv ombori, Sirdaryo va Orol dengizi bilan bog'liq. Sirojiddinova va boshq. (2026) suv balansi modellari va ekotizim barqarorligi bo'yicha zamonaviy yondashuvlarni ko'rib chiqqan [10], bu esa tizimlar o'rtasidagi bog'liqlikni modelga kiritish uchun asos bo'ladi.

Yer osti suvlari bilan o'zaro ta'sir. Wahyuni va boshq. (2009) ko'l sathi tebranishlari atrofdagi yer osti suvlari sathiga ta'sir qilishini ko'rsatgan [3]. Shu asosda ko'l va yer osti suvlari o'rtasidagi almashinuvni birgalikda modellashtirish kerak. Bu hozirgi suv balansi tahlilida hisobga olinmagan bo'shliq.

Monitoring va zamonaviy texnologiyalar. Ekologik ko'rsatkichlar bo'yicha ochiq manbalarda ma'lumot kam, ayniqsa 2006 yildan keyingi baliqchilik va biologik monitoring yetarli emas. Shu sababli sun'iy yo'ldosh tasvirlari orqali suv yuzasi



maydonini doimiy kuzatish, sath datchiklari va kollektorlarda avtomatik mineralizatsiya o'lchash joriy etilishi kerak.

Tuz balansini to'liq baholash. Groll va boshq. (2016) kollektorlar orqali kiradigan tuz yukini baholagan [1], lekin tizimdan chiqadigan tuz va to'planish miqdori aniq emas. Kelgusi tadqiqotlar kirim va to'planishni birgalikda hisoblab, tuz balansini to'liq yopishi kerak.

Adaptiv boshqaruv. Tizimni saqlash uchun qat'iy qoidalardan ko'ra moslashuvchan boshqaruv kerak: Chordara tashlamalari, kollektor-zovur oqimi va suv sathi holatiga qarab o'zgaradigan qoidalar. Bu yondashuv iqlim va suv resurslarining noaniqligiga mos keladi.

Xulosa.

Aydar-Arnasoy ko'llar tizimining gidromeliorativ holatini baholash bo'yicha mavjud tadqiqotlar bir necha yo'nalishda rivojlangan: gidrologik rejim va suv balansi, mineralizatsiya va tuz yuklari, ekosistema va baliqchilik, prognoz va boshqarish. Ushbu tadqiqotlarning ma'lumot bazasi uzoq yillik va ko'p yo'nalishli, Ramsar konvensiyasi doirasida xalqaro e'tirof olgan. Shu bilan birga, tadqiqotlar parchalangan, natijalari yagona tizimga birlashmagan va 2006 yildan keyingi ekologik ma'lumotlar yetarli emas.

Kelgusi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo'nalishlar: transdisiplinar yondashuv, iqlim ssenariylari bilan integratsiya, Chordara-AAKT-Orol tizimining birgalikdagi tahlili, yer osti suvlari bilan o'zaro ta'sirni modellashtirish, zamonaviy monitoring va to'liq tuz balansi. Bu yondashuvlar AAKT ni saqlash va boshqarish uchun ilmiy asos yaratadi.

Amaliy xulosa. Tizimni saqlash faqat gidromeliorativ tadqiqotlar bilan cheklanmasligi kerak. Ilmiy natijalar suv boshqarish qarorlari, kollektor-zovur siyosati va ekologik monitoring bilan birgalikda ishlatilsa, ular amaliy samara beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR



1. Groll M., Kulmatov R., Mullabaev N., Opp C., Kulmatova D. (2016). Rise and decline of the fishery industry in the Aydarkul–Arnasay Lake System (Uzbekistan). *Environmental Earth Sciences*, 75, 921. DOI: 10.1007/s12665-016-5691-5.
2. Ramsar Sites Information Service. Aydar-Arnasay Lakes system, Ramsar Site no. 1841 (designated 20.10.2008). <https://rsis Ramsar.org/ris/1841>
3. Wahyuni S., Oishi S., Sunada K., Toderich K.N., Gorelkin N.E. (2009). Analysis of water-level fluctuations in Aydarkul-Arnasay-Tuzkan lake system and its impacts on the surrounding groundwater level. *Journal of the Japan Society of Civil Engineers (JSCE)*, vol. 53 (2009).
4. Erkabaev F., Madrimov R., Nurmatova V. (2024). Status quo analysis of the Aidar-Arnasay Lake System. *E3S Web of Conferences*, 497, 02025. DOI: 10.1051/e3sconf/202449702025.
5. Rodina K.S. (2010). The Aydar-Arnasay lakes system: formation, functions and future water management scenarios. MSc thesis, Central European University, Budapest.
6. Akhmadjonova Yo.T. (2022). Hydrological description and hydrochemical analysis of the Aydar-Arnasoy lake system. *Ekonomika i sotsium*, №5(96)-2.
7. Kulmatov R., Mullabaev N., Nigmatov A., Kulmatova D., Sobirov J. (2013). Qualitative and quantitative assessment of water resources of Aydar Arnasay Lakes System. *Journal of Water Resource and Protection*, 5(10), 38239. DOI: 10.4236/jwarp.2013.510097.
8. Kulmatov R., Ruzikulova O., Taylakov A. (2022). Determination and assessment of water resources balance of Aydar-Arnasay Lake System in Uzbekistan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1068, 012045. DOI: 10.1088/1755-1315/1068/1/012045.



9. Gudalov M. (2022). Changes in water volume and environmental impact in the Aydar-Arnasay lake system. *Journal of Geography and Natural Resources*.
10. Sirojiddinova S., Samiev L., Jalilova Kh. (2026). Modern approaches to water balance models and ecosystem stability assessment in the Aydar-Arnasay lake system: analysis and prospects. *Journal of Hydraulic and Engineering*, 4(1), 2. DOI: 10.35938/jhee-2026-1-00002.