

SUV RESURSLARIDAN SAMARALI FOYDALANISHDA EDDI KOVARIATSIYA (EC)

TEXNIKASIDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

Eshonqulov Ravshan Abdurazakovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti texnika fanlari doktori (DSc), dotsent.

ravshan_ecogis@yahoo.com

Annotatsiya. Global iqlim o'zgarishi, suv tanqisligi va qishloq xo'jaligida suvdan samarali foydalanish muammolari zamonaviy ilm-fanning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Suv resurslarini boshqarishda aniq monitoring va baholash usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Eddy kovariatsiya (Eddy Covariance – EC) texnikasi atmosfera va yer yuzasi o'rtasidagi energiya, karbonat angidrid hamda suv bug'i almashinuvini yuqori aniqlik bilan o'lchash imkonini beruvchi zamonaviy mikrometeorologik usullardan biridir. Ushbu maqolada EC texnikasining ishlash prinsipi, suv balansini aniqlashdagi roli hamda qishloq xo'jaligi ekotizimlarida suvdan samarali foydalanishni baholashdagi istiqbollari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari EC texnologiyasi evapotranspiratsiyani aniq aniqlash, sug'orish tizimlarini optimallashtirish hamda iqlim o'zgarishi sharoitida suv resurslarini boshqarishda muhim vosita bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

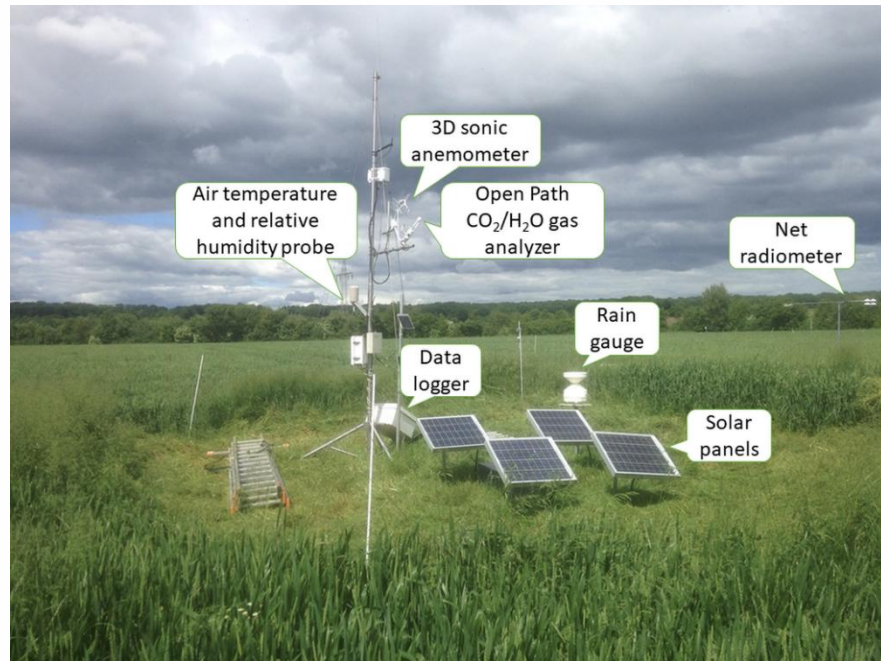
Kalit so'zlar: suv resurslari, evapotranspiratsiya, Eddy Covariance, mikrometeorologiya, suv balansi, ekologik monitoring, iqlim o'zgarishi.

Kirish. So'nggi yillarda global iqlim o'zgarishi, aholi sonining ortishi va qishloq xo'jaligida suvga bo'lgan talabning oshishi suv resurslaridan samarali foydalanish masalasini dolzarb muammoga aylantirdi. Jahon miqyosida mavjud chuchuk suv resurslarining qariyb 70 %, O'zbekistonda esa 80% qishloq xo'jaligi sug'orishida ishlatiladi. Shu sababli suvdan oqilona foydalanish strategiyalarini ishlab chiqish uchun suv almashinuv jarayonlarini aniq o'lchash muhim hisoblanadi.

Ma'lumki, Yer yuzasi va atmosfera o'rtasidagi suv bug'i almashinuvi jarayoni evapotranspiratsiya orqali amalga oshadi. Evapotranspiratsiyani aniq o'lchash suv balansini baholash, sug'orish rejimini optimallashtirish va qurg'oqchilikka qarshi choralar ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Zamonaviy mikrometeorologik metodlardan biri bo'lgan Eddy Covariance (EC) texnikasi atmosfera va ekotizim o'rtasidagi gaz va energiya oqimlarini to'g'ridan-to'g'ri o'lchash imkonini beradi. Ushbu texnologiya evapotranspiratsiya jarayonini yuqori aniqlik bilan baholash imkonini berib, suv resurslarini boshqarishda yangi imkoniyatlarni yaratadi.

Eddy kovariatsiya usuli turbulent atmosfera oqimlari orqali yuzaga keladigan modda va energiya almashinuvini o'lchashga asoslangan (1-rasm). EC tizimi odatda 3 o'lchamli ultratovushli anemometr, infraqizil gaz analizatori, ma'lumotlarni yig'ish tizimi, meteorologik sensorlar kabi asboblardan iborat bo'ladi. Bu asboblarning yuqori chastotada (10–20 Hz) o'lchovlar olib boradi va atmosfera turbulentsligidan foydalangan holda modda va energiya almashinuvini aniqlaydi.



1-rasm. Ekin maydonlari ustida o'rnatilgan tezkor javob beruvchi, yuqori aniqlikdagi asboblarga ega Eddy kovariatsiya stansiyasi

EC texnikasi asosida suv resurslaridan foydalanishni baholash uchun bir nechta bosqichlarni bajarish lozim. Bularga monitoring stansiyasini o'rnatish, meteorologik ma'lumotlarni yig'ish, evapotranspiratsiyani hisoblash hamda suv balansini hisoblashlar kiradi. Monitoring stansiyasini qishloq xo'jaligi maydonlari, o'rmon ekotizimlari, suv havzalarida o'rnatish mumkin. **Meteorologik ma'lumotlarni yig'ishda asosan** shamol tezligi, havo harorati, namlik, radiatsiya balansini haqidagi ma'lumotlar to'planadi. Eddy kovariatsiya (EC) metodi orqali suv bug'i oqimi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$LE = \rho \lambda \overline{w'q'}$$

bu yerda: LE – yashirin issiqlik oqimi, W/m^2 , ρ – havoning zichligi, kg/m^3 , λ – bug'lanish issiqligi, J/kg ($\approx 2.45 \times 10^6 J/kg$), w' – vertikal shamol tezligining tebranish komponenti, m/s , q' – suv bug'i konsentratsiyasining tebranish komponenti, kg/kg . Bundan evapotranspiratsiyani quyidagi tenglikda hisoblash olinadi.

$$ET = \frac{LE}{\lambda}$$

Bu yerda ET – evapotranspiratsiya, mm/kun, LE – yashirin issiqlik oqimi, W/m^2 , λ – bug‘lanish issiqligi, J/kg ($\approx 2.45 \times 10^6 J/kg$).

Suv balansini aniqlashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$P = ET + R + \Delta S$$

bu yerda: P – yog‘in miqdori, mm, ET – evapotranspiratsiya, mm/kun, R – oqim, mm, ΔS – suv zaxirasining o‘zgarishi, mm.

Agar evapotranspiratsiya miqdori tuproqdagi mavjud suvdan yuqori bo‘lsa, o‘simliklar suv tanqisligini boshdan kechiradi. Shu sababli ET qiymatlariga asoslanib sug‘orish vaqtini va suv miqdorini aniqlash mumkin. Optimal sug‘orish jadvalini shakllantirishda EC ma‘lumotlari asosida sug‘orish rejimi chiqiladi va u quyidagi bosqichlar orqali bo‘ladi: Kunlik evapotranspiratsiyani aniqlanadi, bu EC tizimi yordamida kunlik ET qiymatlari hisoblanadi. Keyin tuproq namligi monitoring o‘tkaziladi. Bunda tuproq namligi sensorlari orqali tuproqdagi suv zaxirasi aniqlanadi. Keyingi bosqichda suv defitsitini hisoblanadi va quyidagi tenglikdan foydalaniladi.

$$D = ET - (P + S)$$

bu yerda D — suv yetishmovchiligi.

Sug‘orish miqdorini belgilashda quyidagi tenglikda

$$I = ET - P$$

Natijada sug‘orish faqat zarur bo‘lgan miqdorda amalga oshiriladi. Masalan, paxta ekini yetishtirilayotgan agroekotizimda EC stansiyasi yordamida kunlik evapotranspiratsiya - **6 mm/kun**, yog‘in miqdori - **1 mm** va tuproqdagi mavjud suv zaxirasi - **3 mm** ekanligi haqidagi ma‘lumotlar olinsa, bu holda suv yetishmovchiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$D = 6 - (1 + 3) = 2 \text{ mm}$$

Demak, o‘simliklar uchun zarur suv miqdorini qoplash maqsadida 2 mm sug‘orish suvi berilishi kerak bo‘ladi.

EC ma‘lumotlari yordamida quyidagi optimallashtirishda jumladan, ekinlarning turli vegetatsiya bosqichlarida suv talabini aniqlash, ortiqcha sug‘orish natijasida yuzaga keladigan suv yo‘qotishlarini kamaytirish, suvdan foydalanish samaradorligini oshirish, tuproq sho‘rlanishining oldini olish ishlari amalga oshirish mumkin.

Shuningdek, EC metodini zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiya qilish orqali yuqori samaradorlikka erishiladi. EC texnologiyasi masofadan zondlash (remote sensing) va geografik axborot tizimlari (GIS) bilan birgalikda qo'llanilganda sug'orish tizimlarini boshqarish yanada samarali bo'ladi. Masalan, sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida ekinlarning vegetatsiya indeksi (NDVI) aniqlanadi, EC orqali evapotranspiratsiya o'lchanadi, ushbu ma'lumotlar asosida regional miqyosda suv iste'moli modeli yaratiladi.

Natijada agroekotizimlarning suv resurslari samaradorligini oshirish va barqaror qishloq xo'jaligini rivojlantirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Eddy Covariance texnologiyasi agroekotizimlarda evapotranspiratsiyani to'g'ridan-to'g'ri o'lchash orqali ekinlarning haqiqiy suv iste'molini aniqlash imkonini beradi. Ushbu ma'lumotlar asosida optimal sug'orish rejimlarini ishlab chiqish, suv sarfini kamaytirish va sug'orish tizimlarining samaradorligini oshirish mumkin. Shu sababli EC texnologiyasi suv tanqisligi mavjud bo'lgan hududlarda, xususan O'zbekiston agroekotizimlarida suv resurslarini boshqarishning muhim ilmiy vositasi sifatida qaralmoqda.

EC texnologiyasi yuqori aniqlikdagi o'lchovlarni ta'minlasa-da, uning qo'llanishida ayrim cheklovlar, jumladan uskunaning yuqori narxi, murakkab ma'lumotlarni qayta ishlash, malakali mutaxassislar zarurligi sababli keng qo'llanishga imkon bermaydi. Shunga qaramay, zamonaviy sun'iy intellekt, masofadan zondlash va GIS texnologiyalari bilan integratsiya qilish EC texnologiyasining samaradorligini yanada oshiradi.

O'zbekiston sharoitida EC texnologiyasining istiqbollari yuqori hisoblanadi. Chunki Markaziy Osiyo mintaqasi, jumladan O'zbekiston hududi suv resurslarining cheklanganligi bilan ajralib turganligi tufayli hududlarda suvdan samarali foydalanish dolzarb masala hisoblanadi. EC texnologiyasini irrigatsiya tizimlarida suv yo'qotilishini aniqlash, cho'l hududlarida evapotranspiratsiyani monitoring qilish, agroekotizimlarda suv samaradorligini baholash, iqlim monitoringi uchun ilmiy ma'lumotlar bazasini yaratish yo'nalishlarda qo'llash istiqbolli hisoblanadi.

Eddy kovariatsiya texnikasi suv resurslarini boshqarishda yuqori aniqlikdagi monitoringni ta'minlaydigan zamonaviy ilmiy usullardan biridir. Ushbu texnologiya evapotranspiratsiya jarayonlarini aniq baholash, sug'orish tizimlarini optimallashtirish hamda iqlim o'zgarishi sharoitida suv resurslaridan samarali foydalanish strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega. Kelajakda EC texnologiyasini masofadan zondlash ma'lumotlari va sun'iy intellekt algoritmlari bilan integratsiya qilish suv resurslarini boshqarishda yangi ilmiy yondashuvlarni shakllantirishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Baldocchi D. (2014). Measuring fluxes of trace gases and energy between ecosystems and the atmosphere – the state and future of the eddy covariance method. *Global Change Biology*.
2. Burba G. (2013). *Eddy Covariance Method for Scientific, Industrial, Agricultural and Regulatory Applications*. LI-COR Biosciences.
3. Allen R.G. et al. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper.
4. Aubinet M., Vesala T., Papale D. (2012). *Eddy Covariance: A Practical Guide to Measurement and Data Analysis*. Springer.
5. IPCC (2021). Climate Change and Water Resources Report.