

**QISHLOQ XO'JALIGI FANLARI / AGRICULTURAL SCIENCES**

UO'K: 626:627.631.624

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-m.16>

**SUG'ORILADIGAN ERLARDA BIOSINTEZ JARAYONINI MATEMATIK  
MODELLASHTIRISH**

**Samandarova Gavhar Avaz qizi**<sup>1</sup> - doktorant (PhD), E-mail: [Abdullohsuratov55@gmail.com](mailto:Abdullohsuratov55@gmail.com),  
ORCID:0009-0008-1501-7389, Science ID: FQD-0625-0008;

**Xo'jaqulov Rustam**<sup>2</sup> - texnika fanlari doktori, professor,  
E-mail: [rustam868793@mail.ru](mailto:rustam868793@mail.ru), ORCID: 0009-0007-6082-0042, ScienceID DQD-1125-0012;

**Tursunov Feruz Yuldoshevich**<sup>2</sup> - texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,  
E-mail: [feruzbektursunov531@gmail.com](mailto:feruzbektursunov531@gmail.com), ORCID:0009-0001-5350-5999,  
Science ID: FQD-0626-0004;

**Xo'jayorov Shaxzodbek Anvar o'g'li**<sup>2</sup> – assistent, E-mail: [katookinava@gmail.com](mailto:katookinava@gmail.com),  
ORCID: 0009-0000-5798-3368, Science ID: MQD-0626-0166;

<sup>1</sup> Buxoro davlat texnika universiteti, Buxoro sh., O'zbekiston

<sup>2</sup> Qarshi davlat universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

**Annotatsiya.** Avtomorf tuproq hosil bo'lishi sharoitida namlik almashinuvining kattaligi va yo'nalishi ildiz zonasining namlik miqdori bilan belgilanadi. Ushbu tadqiqotda sug'oriladigan tuproqlarda namlik o'tkazilishini matematik modellashtirish yordamida ildiz zonasining namlik miqdoriga qarab namlik almashinuvining hisoblangan qiymatlari olindi. O'tkazilgan tadqiqotlar asosida ma'lum bir tuproq namlik rejimini o'rnatish orqali namlik almashinuvining kattaligini tartibga solish mumkin degan xulosaga kelish mumkin.

Ko'rib chiqilayotgan jarayonning matematik modellashtirishga asoslangan nazariy ishlanmalar yerlarni sug'orish paytida suv rejimining o'zgarishi qonuniyatlarini va hisoblangan chuqurlikning tartibga solish chegaralarini aniqlash va asoslashga imkoniyat tug'diradi. Ushbu ishda qo'llanilgan yangicha yondashuv matematik modellarga ma'lum hududlarda gidrogeologlar tomonidan avvalroq aniqlangan filtratsiya jarayonlarining asosiy xususiyatlarini aks ettirish imkonini beradi.

**Kalit so'zlar:** biosintez, matematik model, sug'oriladigan yerlar, meliorativ holat, suv va tuz rejimlari, avtomorf tuproq, namlik, biomassa, konsentratsiya.

УДК: 626:627.631.624

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОСИНТЕЗА НА  
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

**Самандарова Гавхар Аваз кизи**<sup>1</sup> – докторант, (PhD);

**Хужакулов Рустам**<sup>2</sup> - доктор технических наук, профессор;

**Турсунов Феруз Юлдошевич**<sup>2</sup> – доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент

**Ходжаёров Шахзодбек Анвар угли**<sup>2</sup> – assistent.

<sup>1</sup> Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

<sup>2</sup> Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

**Аннотация.** В условиях автоморфного почвообразования величина и направление влагообмена определяются влажностью корневой зоны. В данном исследовании с помощью математического моделирования переноса влаги в орошаемых почвах получены расчетные значения влагообмена в зависимости от влажности корневой зоны. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что величину влагообмена можно регулировать путем установления определенного режима влажности почвы.

Теоретические разработки, основанные на математическом моделировании рассматриваемого процесса, позволяют определить и обосновать закономерности изменения водного режима при орошении земель и пределы регулирования расчетной глубины.

*Новый подход, использованный в данной работе, позволяет в математических моделях отражать основные особенности фильтрационных процессов, ранее выявленные гидрогеологами в определенных регионах.*

**Ключевые слова:** биосинтез, математическая модель, орошаемые земли, состояние мелиорации, водно-солевой режим, автоморфная почва, влажность, биомасса, концентрация

UDC: 626:627.631.24

## MATHEMATICAL MODELING OF THE BIOSYNTHESIS PROCESS ON IRRIGATED LANDS

**Samandarova, Gavhar**<sup>1</sup> – Doctoral student (PhD);

**Xujakulov, Rustam**<sup>2</sup> – Doctor of Technical Sciences, Professor;

**Tursunov, Feruz**<sup>2</sup> - Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate professor.

**Khodjayorov, Shakhzodbek**<sup>2</sup> – assistant

<sup>1</sup>Bukhara State Technical University, Bukhara city, Uzbekistan

<sup>2</sup>Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

**Abstract.** *In conditions of automorphic soil formation, the amount and direction of moisture exchange are determined by the moisture content of the root zone. In this study, using mathematical modeling of moisture transfer in irrigated soils, calculated values of moisture exchange were obtained depending on the moisture content of the root zone. Based on the conducted studies, it can be concluded that the amount of moisture exchange can be regulated by setting a certain soil moisture regime. Theoretical developments based on mathematical modeling of the process under consideration make it possible to determine and justify the patterns of changes in the water regime during irrigation and the limits of regulation of the calculated depth. The new approach used in this work allows in mathematical models to reflect the main features of filtration processes previously identified by hydrogeologists in certain regions.*

**Key words:** biosynthesis, mathematical model, irrigated lands, state of land reclamation, water-salt regime, automorphic soil, moisture, biomass, concentration.

### Kirish

Sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, intensiv sug'orish g'ovak eritmalarning sho'rlanishiga, karbonat eritmalarining siljishiga, ishqoriylikning keskin oshishiga va biologik muhim elementlarning yo'q bo'lib ketishiga olib keladi. Namlik yetishmasligi bilan, ayniqsa yuqori mineralizatsiyaga ega sug'orish suvidan foydalanilganda, namlik miqdorining oshishi kuzatiladi, bu esa natriyning so'rilishiga va tuproq ishqoriyligining oshishiga olib keladi. Bularning barchasi suv va tuz rejimlarini aniq tartibga solishni talab qiladi. Shunday qilib, ma'lum tuproq meliorativ sharoitida sug'orish tezligi tabiiy namlikka, ekin turiga va aeratsiya zonasi va yer osti suvlari o'rtasidagi namlik almashinuvinining intensivligiga bog'liq [1-3].

Avtomorf tuproq hosil bo'lishi sharoitida namlik almashinuvinining kattaligi va yo'nalishi ildiz zonasining namlik miqdori bilan belgilanadi. Ushbu tadqiqotda sug'oriladigan tuproqlarda namlik o'tkazilishini matematik modellashtirish yordamida ildiz zonasining namlik miqdoriga qarab namlik almashinuvinining hisoblangan qiymatlari olindi. O'tkazilgan tadqiqotlar asosida ma'lum bir tuproq namlik rejimini o'rnatish orqali namlik almashinuvinining kattaligini tartibga solish mumkin degan xulosaga kelish mumkin [4-5].

Ko'rib chiqilayotgan jarayonning matematik modellashtirishga asoslangan nazariy ishlanmalar yerlarni sug'orish paytida suv rejimining o'zgarishi qonuniyatlarini va hisoblangan chuqurlikning tartibga solish chegaralarini aniqlash va asoslashga imkoniyat tug'diradi. Ushbu ishda qo'llanilgan yangicha yondashuv matematik modellarga ma'lum hududlarda gidrogeologlar tomonidan avvalroq aniqlangan filtratsiya jarayonlarining asosiy xususiyatlarini aks ettirish imkonini beradi [6].

Ushbu turdagi tadqiqotning yangiligi uning amaliy yo'nalishi, uning ko'lami va paydo bo'layotgan muammolarni hal qilishga yangicha yondashuvi hisoblanadi. Yuqoridagi tenglamalardan

filtratsiya oqimlari qisman to'yinganlik zonasida, shuningdek, aeratsiya zonasida namlik harakatini o'ziga xos jarayonlari bilan uzviy bog'liqdir [7].

Bu zona tuproqning yuqori, yer osti qatlami bo'lib, o'simlik ildizlari uchun yashash joyi bo'lib xizmat qiladi, bu esa qishloq xo'jaligi hududlarida tuproq namligi dinamikasini o'rganishning muhimligini belgilaydi [8].

### Uslub va materiallar

O'simliklarning biosintez jarayoniga tashqi muhit juda katta ta'sir ko'rsatadi va bu ta'sir ko'plab omillarga bog'liq bo'ladi. Biosintez jarayoniga mahalliy harorat o'zgarishlari kuchli ta'sir ko'rsatmaydigan holatni ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, tuproq qatlamlarida migratsiya qiluvchi suv va tuzlar foydali yoki zararli moddalarni tashishi mumkin; bu moddalarning bir qismi o'simliklarning ko'payishi va hosil berishiga yordam beradi, yoki aksincha, salbiy ta'sir ko'rsatishi ham mumkin. Shuningdek, birlik hajmga kirib keluvchi biomassalar mavjud bo'lib, ular biosintez jarayoniga ijobiy ta'sir ko'rsatadi, deb faraz qilamiz [9].

Tabiiy sharoitda madaniy o'simliklar bir yil davomida o'sish, rivojlanish va hosil yig'ish jarayonlaridan o'tadi. Ildizlar, poyalar va urug'lar biomassaning o'zlashtirilishi va undan foydalanilishida faol ishtirok etadi, bu esa o'sish va mevalanishni ta'minlaydi.

O'simliklar biosintezini matematik modellashtirishda asosiy o'zaro ta'sir omillarini - suv, madaniy o'simliklar uchun tuzilgan asosiy tenglamalarda qatnashadigan jarayonlar, tuproq sho'rlanishi hamda yer osti suvlarining sathini - hisobga olamiz. Modellashtirilayotgan jarayonda quyidagi omillar ishtirok etadi: tashqaridan o'simlikka keluvchi biomassa - ya'ni minerallashgan suv, uning suv va tuz konsentratsiyalari  $f_s$ ,  $f_c$  va boshqalar; sug'orish, yog'ingarchilik, qor erishi va hokazo orqali o'simlikka tushadigan suv va tuzlar, shuningdek tuproqning namligi  $W_n$  va sho'rlanishi  $C_n$ . Tenglamani tuzish uchun tuproq qatlamining birlik hajmini ko'rib chiqamiz. Ushbu birlik hajmda substratlar (suv va tuz) mavjud bo'lib, ularning mos konsentratsiyalari quyidagicha ifodalanadi: tuproq namligi - suv konsentratsiyasi  $W_1(x_1, y_2, z_3, t)$ , hamda ma'lum bir nuqtadagi tuz konsentratsiyasi  $C_1(x_1, x_2, x_3, t)$  tuproq qatlamining  $M(x, y, z)$  nuqtasida aniqlanadi. Keyinchalik tuproqdagi namlik va tuzning tekis (gomogen) taqsimlangan holatini ko'rib chiqamiz. Bunday holatda  $w_1(t)$  va  $c(t)$  faqat vaqtga bog'liq funksiyalar bo'ladi [10-11].

Faraz qilamizki, qatlamning birlik hajmiga suv  $w^0(t)$  konsentratsiyasi bilan, tuz esa  $c^0(t)$  konsentratsiyasi bilan kirib keladi.

Shuningdek, biomassaning  $x(t)$  miqdori suvni  $V_1(w, x, t)$  tezlikda va tuzlarni  $V_2(w, x, t)$  tezlikda o'zlashtiradi (yoki iste'mol qiladi), bu tezliklar quyidagi ifoda bilan aniqlanadi [5]:

faraz qilamizki, ...

$$V_1 = \lambda_1 w, \quad V_2 = \lambda_2 c. \quad (1)$$

Agar birlik hajmga suv va tuz aralashmasi  $Q(t)$  intensivlik bilan kirib kelsa, unda:

$$q(t) = \frac{Q(t)}{Q_n}, \text{ bu yerda } Q(t) - \text{aralashmaning bir soniyadagi sarfi, } Q_n - \text{o'simlik tomonidan suv}$$

va tuzning mazkur vegetatsiya davri uchun maksimal iste'mol me'yori.

Agar  $x(t)$ ,  $w(t)$  va  $c(t)$  funksiyalarini quyidagicha qabul qilsak:  $x(t)$  - biomassa konsentratsiyasi,  $w(t)$  - suv konsentratsiyasi,  $c(t)$  - o'simlik organizmi tomonidan o'zlashtiriladigan tuz konsentratsiyasi, unda ushbu funksiyalarning vaqt bo'yicha o'zgarishi uchun tenglamalar quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi [1-4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = x(k_1 v_1 + k_2 v_2 - Q) \\ \frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - V_1 x \\ \frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - V_2 x \end{array} \right. \quad (2)$$

Agar tuproq qatlamiga tashqi oqim bo'lmasa, ya'ni  $q(t) = 0$  bo'lsa, u holda (4)-tenglama Mononining integrali ko'rinishini oladi:

$$x + k_1 w + k_2 c = \text{const} = A_0 = x(0) + k_1 w_{ep}(0) + k_2 c_{ep}(0) \quad (3)$$

(1)-tenglikni hisobga olgan holda, (2)-tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = x(k_1 \lambda_1 w + k_2 \lambda_2 c - Q) \\ \frac{dw}{dt} = -\lambda_1 w x + Q[w^0(t) - w(t)] \\ \frac{dc}{dt} = -\lambda_2 c x + Q[c^0(t) - c(t)] \end{array} \right. \quad (4)$$

(4)-tizimning ikkinchi va uchinchi tenglamalarini mos ravishda  $k_1$  va  $k_2$  ga ko'paytirib, so'ng ularni qo'shib, quyidagi tenglamalarga ega bo'lamiz [6-7]:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = x(k_1 \lambda_1 w + k_2 \lambda_2 c - q(t)) \\ \frac{dw}{dt} = q(t)[w^0(t) - w(t)] - \lambda_1 w_1 x_1 \\ \frac{dc}{dt} = q(t)[c^0(t) - c(t)] - \lambda_2 c x \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \quad K$$

$$\frac{d(x + k_1 w + k_2 c)}{dt} = x k_1 \lambda_1 w + x k_2 \lambda_2 c - Qx + Q[w^0(t) - w(t)]k_1 -$$

$$- \lambda_1 k_1 w x + Q k_2 [c^0(t) - c(t)] - \lambda_2 c k_2 x$$

yoki

$$\frac{d(x + k_1 w + k_2 c)}{dt} = Q\{K_2[c^0(t) - c(t)] + K_1[w^0(t) - w(t)] - Qx(t)\}$$

### Natija va muhokama

(3) Mono integralning o'ng tomoni nolga teng bo'lganda, ya'ni  $Q=0$  bo'lgan holatda olinadi [8]. Keyingi tahlillarda faraz qilamizki,  $t = t_0$ ,  $\hat{x}(t_0) = 0$

yoki:  $K_2 c^0(t) - K_2 C(t) + K_1 w^0(t) - K_1 w(t) - x(t) = 0$ ,

bu yerda

$$C^0(t) = C(x_1, x_2, x_3, t_0)$$

$$c(t) = c(x_1, x_2, x_3, t)$$

(3)-tenglikni hisobga olgan holda, oxirgi tenglik quyidagi ko'rinishga keltiriladi:

$$K_1 W(t) + K_2 c + K_2 c^0(t) - K_2(t) - K_1 w^0(t) - K_1 w(t) = A_0$$

$$K_2 c^0(t) + K_1 w^0(t) = A_0 = x(0) + w(0) + K_2 C(0)$$

$$x(0) = x(t_0) = 0$$

$$A_0 = K_2 c^0(t) + K_1 w^0(t) = x(0) + w(0) + K_2(0)$$

$$\text{t.e. } c^0(t) = \text{const} = C_h, \quad w^0(t) = w_h.$$

$$x + K_1 W + K_2 C = \text{const} \cdot A_0$$

(3)-tenglikdan  $x = A_0 - K_1 W - K_2 C$  ifodasini aniqlaymiz va uni (4)-tizimning II va III tenglamalariga qo'yib chiqamiz.

$$\frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - \lambda_1(A_0 - K_1 W - K_2 C) \cdot W$$

$$\frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - A_0 \lambda_1 W + K_1 \lambda_1 W^2 + \lambda_1 K_2 WC,$$

$$\text{Shuningdek } \frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - \lambda_2 c(A_0 - K_1 W - K_2 C)$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - A \lambda_2 C + K_1 \lambda_2 WC + \lambda_2 K_2 C^2$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] + \lambda_2 K_2 C^2 + K_2 \lambda_2 WC - A_0 \lambda_2 C$$

Faraz qilamizki,  $K_1 \lambda_2 = K_2 \lambda_1$  yoki  $\underbrace{\frac{K_1}{K_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}_W$

W

Shunda suv va tuz konsentratsiyalari uchun quyidagi tenglamalarga ega bo'lamiz [9]:

$$\frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - A_0 \lambda_1 W + K_1 \lambda_1 W^2 + \lambda_1 K_2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} WC, \quad (5)$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - A_0 \lambda_1 \frac{\lambda_1}{K_1} K_2 K_1 WC + \lambda_2 K_2 C^2 + K_2 \lambda_2 WC - A_0 \lambda_2 C$$

(5)-tenglamalar orasidagi ayirmani topamiz va quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{dw}{dt} - \frac{dc}{dt} = Q(w^0(t) - w(t) - A_0 \lambda_1 W + K_1 \lambda_1 W^2 - q(c^0(t) - c(t)) + A_0 \lambda_2 C - \lambda_2 K_2 C^2$$

Tenglamalarni ajratib (raschet qilib), suv va tuzning noma'lum konsentratsiyalari uchun quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{dw}{dt} = (q - A_0 \lambda_1)W + K_1 \lambda_1 W^2 + q w^0(t)$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - A_0 \lambda_2 C + \lambda_2 K_2 C^2$$

Faraz qilamizki,  $\{K_1 \lambda_1 W^2 < 1 \text{ va } \lambda_2 K_2 C^2 \ll 1, \quad K_1 \lambda_1 W^2 \ll 1, \quad \lambda_2 K_2 C^2\}$  shuning uchun.

$$\{\lambda_1, \lambda_2\} < 1, \quad \{K_1, K_2\} < 1, \quad |W| < 1 \text{ va } |c| < 1.$$

Shunda izlanayotgan funksiyalar uchun oddiy Eyler differensial tenglamasiga ega bo'lamiz.  
 $w(t)$  va  $c(t)$

$$\frac{dw}{dt} - (q - A_0 \lambda_1)W = q w^0(t) + q \cdot w^0(t) \quad (6)$$

$$\frac{dc}{dt} + (q + A_0 \lambda_2)C = q c^0(t) + q c^0(t) \quad (7)$$

Faraz qilaylik, tuproq qatlamiga suv va tuz aralashmasi  $Q(t)$  sarf bilan kirib keladi, ularning hajmiy konsentratsiyalari mos ravishda  $f_\varepsilon$  va  $f_c$  ga teng. Bu yerda:  $f_\varepsilon + f_c = 1$ .

Shunda  $w^0(t)$  va  $c(t)$  funksiyalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} w^0(t) &= q(t) f_\varepsilon \\ c^0(t) &= q(t) f_c \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Agar  $K_0$  — tuproq qatlamining o'tkazuvchanligi — doimiy bo'lsa, unda  $\lambda_1, \lambda_2$  quyidagi tenglik orqali aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= K_0 f_\varepsilon \\ \lambda_2 &= K_0 f_c \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Avval qabul qilingan shartlardan quyidagilarni olamiz:

$$\begin{aligned} x(t_0) &= 0 \quad \lambda_2 = \frac{1-K_1}{K_1} \lambda_1 \\ V &= \lambda_1 W, \quad V_2 = \frac{1-K_1}{K_1} \lambda_1 C \end{aligned}$$

$$V_2 < V$$

$$\frac{1-K_1}{K_1} < 1, \quad 1-2K_1 < 0, \quad K_1 < \frac{1}{2}$$

(6) va (7) tenglamalarni yechish uchun quyidagi boshlang'ich shartlarga ega bo'lamiz:

$$W(0) = W_H, \quad C(0) = C_H \quad (10)$$

bu yerda  $W_H, C_H$  — grunt (yer osti) suvining suv va tuz konsentratsiyalaridir.

Eyler tenglamasi (6) ning (10)-shart ostidagi yechimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi [10-11]:

$$w(t) = \exp[P_w(t)] \left[ \int_0^t q w^0(t) \exp[-\ell_w(t)] dt + C_H \right], \quad (11)$$

bu yerda  $P_w(t)$  quyidagi tenglik orqali aniqlanadi:

$$P_{w(0)} = 0, \quad P_w(t) = \int_0^t [q(t) w^0(t) + \lambda_1 A_0] dt$$

(8)-tenglikka muvofiq quyidagini yozishimiz mumkin:

$$P_w(t) = \int_0^t [q(t) f \cdot q(t) + \lambda_1 A_0] dt$$

Mazkur tenglikni hisobga olgan holda quyidagini hosil qilamiz:

$$q(t) w^0(t) + \lambda_1 A_0 = q(t) f_\varepsilon q + [K_1 f_\varepsilon + f_c(1-K_1)]$$

$$P_w(t) = \int [f_\varepsilon q^2(t) + [K_1 f_\varepsilon + f_c(1-K_1)] q(t)] dt$$

Endi tuz konsentratsiyasining o'zgarishi uchun (7)-tenglamani yechamiz.

$$\frac{dc}{dt} + (q_0(t) + \lambda_2 A_0) = q_0(t) \cdot c^0(t)$$

Uning yechimi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$c(t) = \exp \left[ - \int P_c(t) dt \right] \left\{ q_0(t) c^0(t) \exp \cdot \left[ \int P_c(t) dt \right] + c \right\}$$

bu yerda  $P_c = q_0(t) + \lambda_1 A_0$

$$\int P_c(t)dt = \int [q_0(t) + \lambda_2 A_0]dt$$

Shunda yechim quyidagi ko'rinishni oladi:

$$c(t) = \exp\left[-\int q_0(t)dt - \lambda_2 A_0 t\right] \int q_0^2(t) f_c \exp\left[\int q_0(t)dt + \lambda_2 A_0 t\right] dt + c$$

(9)-shartdan C koeffitsientini topamiz va shunda yechim quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$0 c(t) = \exp\left[-\int P_c(t)dt\right] \left\{ \int_0^t q_0(\tau) c^0(\tau) \cdot \exp\left[\int P_c(\tau)d\tau\right] d\tau + c \right\} 0$$

Shu tariqa, suv va tuz konsentratsiyasining biosintez jarayonida, suv–tuz aralashmasi oqimi mavjud bo'lgan holatda o'zgarish qonuni hosil qilindi.

Endi vaqt bo'yicha suv oqimi doimiy bo'lgan holatni ko'rib chiqamiz, ya'ni  $q(t) = \text{const}$  shuningdek  $f_s$  va  $f_c$  konsentratsiyalari ham doimiy, deb faraz qilamiz. U holda suv konsentratsiyasining o'zgarish qonuni quyidagi ko'rinishda aniqlanadi:

$$q(t) = \text{const} \quad q_0 = \frac{Q_0}{Q^{(0)}}$$

$$P(t) = [f_s q_0^2 + [K_1 f_s + (1 - K_1) f_2] q_0] \cdot t,$$

$$\text{Bu yerda } D_0 = [f_s q_0^2 + [K_1 f_s + (1 - K_1) f_2] q_0]$$

$$W(t) = \exp[D_0 t] \left[ \int \exp(-D_0 t) \cdot q_0 f_s q_0 dt + c \right]$$

$$W(t) = \exp[D_0 t] \left[ \frac{q_0 f_s q_0}{D_0} \exp[-D_0 t] + c \right]$$

t=0 da

$$W(0) = C - \frac{q_0^2 f_s}{D_0} = W_{rp} \quad C = w_{rp} + \frac{q_0^2 f_s}{D_0}$$

$$\text{Bu yerda } D(0) = f_s q_0^2 + [K_1 f_s + (1 - K_1) f_c] q_0$$

$$W(t) = \exp[D_0 t] \left[ W_{rp} + \frac{q_0 f_s}{D_0} - \frac{q_0^2 f_s}{D_0} \exp(-D_0 t) \right]$$

$$W(t) = W_{rp} \exp[D_0 t] + \frac{q_0^2 f_s}{D_0} [\exp(D_0 t) - 1]$$

$$W(0) = W_{rp}, \quad K_1 w(t) \rightarrow K_2 w(t)$$

$$W(t) = W_{rp} \exp(D_0 t) + \frac{q_0^2 f_s}{D_0} [\exp(D_0 \cdot t) - 1] \quad (12)$$

$$c(t) = \exp[-D_0 t] \left[ c + \frac{f_c q_0^2}{D_{co}} \exp D_{co} t \right]$$

$$D_{co} = q_0 + \lambda_1 A_0$$

$$C(0) = C_T = C + \frac{f_2 q_0^2}{D_{co}}$$

$$C = C_T - \frac{f_c q_0^2}{D_{co}}$$

$$c(t) = \left( C_T - \frac{f_c q_0^2}{D_{co}} \right) \exp(-D_{co} t) + \frac{f_c q_0^2}{D_{co}} \quad (13)$$

$$f_s = 0,6 \quad f_c = 0,4$$

$$q(x) = q_0 = \text{const}$$

$$c_{\min} < c(t) < C_{\max}$$

Olingan yechimlar - namlik  $w(t)$  (12) va konsentratsiya  $c(t)$  (13) hamda (3)-tenglikni hisobga olgan holda o'simlikdagi biomassa konsentratsiyasini aniqlash mumkin:

$$x(t) = K_1 W_p + K_2 C_{zp} - K_1 W(t) - K_2 C(t)$$

Shu tariqa, suvning doimiy oqimi  $q(t) = \text{const}$  va tuz hamda namlik konsentratsiyalari kichik bo'lgan holatda namlik, tuz konsentratsiyasi va biomassa uchun analitik yechimlar olindi.

### Xulosa

Olingan yechimlar o'simlik, tuproq, namlik, minerallashuv darajasi va o'simlik rivojlanishiga ta'sir etuvchi suv miqdori o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni ko'rsatib beradi.

Yer osti suvlari harakati va suv tashishini birlashtirish turli xil filtratsiya tenglamalari bilan to'yingan va to'yinmagan zonalar orasidagi noma'lum harakatlanuvchi chegara bilan juda murakkab chegara qiymati muammolariga olib keladi. Ushbu tizimni yechish orqali soda va tuz aralashmasi oqimi mavjud bo'lganda biosintez paytida suv va tuz konsentratsiyasining o'zgarishi qonunini olish mumkin. Biosintez modellashirishning nazariy tahlilidan tashqari, meliorativ amaliyotlar sug'orishning salbiy oqibatlariga ham duch kelinmogda: yer osti sizot suvlari sathining ko'tarilishi, tuproq namligining bug'lanishi o'z navbatida tuproq sho'rlanishini oshishiga olib keladi. Har bir aniq holatda bu xavf darajasini baholash va ortiqcha yer osti sizot suvlarini kollektor-drenaj tarmog'i orqali olib chigib ketish bilan uning oldini olish mumkin bo'ladi.

### Adabiyotlar

- [1] Базакин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М., Наука, 1985, 181с.
- [2] Галямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. Л., Гидрометеиздат, 1981, 272 с.
- [3] Мари Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. М., Мир, 1983, 397 с.
- [4] Рубин А.Б., Нытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. М., МГУ, 1987, 300 с.
- [5] Свирижев Ю.М. О математических моделях биологических сообществ и связанных с ними задачах управления и оптимизации. Математическое моделирование в биологии. Материалы I школы по математическому моделированию сложных биологических систем. М., 1975, с. 30-55.
- [6] Федоренко А.И., Кузнецов О.Л. Эффективность капельного орошения в условиях дефицита воды // Вестник МГУ. Серия 5: География. 2021. № 3. С. 55–63.
- [7] Li, X., Zhou, Y., Zheng, Y. et al. Advances in modeling soil water dynamics under climate change: A review // Agricultural Water Management. 2023. Vol. 280. P. 108123. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108123>
- [8] Vereecken, H., Huisman, J.A., Vanderborght, J. et al. Soil hydraulic properties and their estimation: A review of recent progress // Vadose Zone Journal. 2021. Vol. 20(2). P. 1–25. <https://doi.org/10.1002/vzj2.20134>
- [9] Duan, Q., Huang, M., Liang, X. et al. The Community Land Model (CLM) version 5: Overview of new features and performance // Journal of Advances in Modeling Earth Systems. 2022. Vol. 14(1). P. e2021MS002789. <https://doi.org/10.1029/2021MS002789>
- [10] Minasny, B., McBratney, A.B. Digital soil modeling: Past, present, and future // Geoderma. 2023. Vol. 429. P. 116345. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116345>
- [11] Scanlon, B.R., Jolly, I., Sophocleous, M. et al. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality // Water Resources Research. 2021. Vol. 57(8). P. e2020WR029420. <https://doi.org/10.1029/2020WR029420>