

расчетной схемы водоподводящих сооружений узла НС, разработке вариантов управления с введением в схему новых средств регулирования работы элементов НС.

2. Предложены методы стабилизации скоростей потока, где наиболее эффективно применение регуляторов потока. Функциональное значение этих элементов заключается в создании условий, препятствующих распространению водоворотов к водоприемнику. Максимальное отклонение от начального уровня, соответствующего установившемуся движению воды в канале, не превышает 0,25 м, что позволяет говорить о высоком уровне управления водораспределением в соответствии с принятой схемой.

3. На основании данных имитационного моделирования возможно принятие соответствующего управляющего решения для всей оросительной системы. Применение авторегуляторов уровней позволяет перераспределить резервные объемы по длине, снизить максимальные уровни воды в канале и тем самым позволит повысить эффективность управления работой насосов с кавитационным запасом.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. A.A Abdelsalam, Hossam A. Gabbar Energy saving and management of water pumping networks [Volume7, Issue 8](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07820), August 2021, e07820 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07820>

2. Xujakulov R. Interaction of hydraulic structures and their subsidence bases. Cite as: AIP Conference Proceedings 2612, 020038 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0113983>

3. R. Xujakulov, M. Zaripov and U. Normurodov Subsidence deformations of the foundations of hydraulic structures E3S Web of Conferences 264, 03069 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403069> CONMECHYDRO - 2021

4. O. Glovatsky, F. Nosirov, B. Khamdamov, A. Gazaryan, U. Khamdamov. Researches of energy balance of turbines and pumps operating wheels // Problems of energy and sources saving. ISSN (print) 2091-5985 ISSN. (online) 2181-1946. Махсус сон (№84). Тошкент-2023. - Pp. 392-397 (05.00.00; №21)

5. B. Coelho, A. Andrade-Campos Efficiency achievement in water supply systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 30, February 2014, Pages 59-84 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.010>

6. Nasrulin A.B., Mukhammadiev M.M. Theoretical foundations of hydroecological monitoring of hydraulic structures for the introduction of new innovative approaches: GIS technologies, remote sensing, water and energy saving technologies, International scientific and practical conference "Water for Sustainable Development of Central Asia". Dushanbe, 2018. Pp. 388-393.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОСИНТЕЗА БЕЗ УЧЕТА ДИФФУЗИИ

Хужакулов Рустам,

профессор кафедры "Гидравлика и строительство инженерных сооружений" Каршинского государственного технического университета (КГТУ), доктор технических наук,

Самандарова Гавхар,

базовый докторант Бухарского государственного технического университета,

Аннотация. В связи с тем, что Узбекистан по своему природно-географическому положению относится к засушливой климатической зоне, и в настоящее время существует ряд нерешенных проблем, связанные с ирригацией и мелиорацией орошаемых земель. Эта проблема обуславливается и еще разнообразием природных условий орошаемых территорий, неудовлетворительным управлением водными ресурсами различных функциональных уровней. Плодородие почв, мелиоративное состояние орошаемых земель

и углубление экологических проблем на прямую связаны засолением земель, степенью минерализацией грунтовых вод и загрязнением поверхностных водоисточников. Для полного анализа мелиоративного состояния орошаемых территорий исследуемого объекта необходимо изучение элементов водно-солевого баланса. При этом отслеживается изменение количественных показателей доходной и расходной частей баланса за ряд лет и их текущее состояние.

В этой статье авторами рассмотрено влияние внешней среды на процесс биосинтеза растений, в данном случае хлопчатника и получены аналитические решения для влажности, концентрации соли и биомассы, которые показывают взаимной связи параметров растения, почвы, влаги, степени минерализации и количество воды на развитие растений.

Ключевые слова: биосинтез, математическое моделирование, растение, влага, почва, соли, минерализация, диффузия, внешняя среда, концентрация.

Аннотация. O'zbekiston o'zining tabiiy-geografik joylashuviga ko'ra qurg'oqchil iqlim zonasiga mansub bo'lganligi sababli hozirda sug'oriladigan yerlarni sug'orish va melioratsiya qilish bilan bog'liq bir qancha hal etilmagan muammolar mavjud. Bu muammo, shuningdek, sug'oriladigan maydonlarning tabiiy sharoitlarining xilma-xilligi va turli funktsional darajadagi suv resurslaridan qoniqarsiz boshqarilishi bilan bog'liq. Tuproq unumdorligi, sug'oriladigan yerlarning meliorativ holati va ekologik muammolarning chuqurlashishi yerlarning sho'rlanishi, yer osti suvlarining minerallashuv darajasi va yer usti suv manbalarining ifloslanishi bilan bevosita bog'liqdir. O'rganilayotgan ob'ektning sug'oriladigan hududlari meliorativ holatini to'liq tahlil qilish uchun suv-tuz balansi elementlarini o'rganish kerak. Bunda bir necha yillar davomida suv-tuz muvozanatining kirim va chiqim qismlarining miqdoriy ko'rsatkichlarining o'zgarishi va ularning joriy holati nazorat qilinadi.

Ushbu maqolada mualliflar tomonidan tashqi muhitning o'simliklar, bu yerda g'o'zaning biosintezi jarayoniga ta'sirini o'rganib chiqilgan va namlik, tuz konsentratsiyasi va biomassa uchun o'simlik parametrlari, tuproq, namlik, minerallashuv darajasi va o'simlik rivojlanishidagi suv miqdorining o'zaro bog'liqligini ko'rsatadigan analitik eritmalar olingan.

Tayanch so'zlar: biosintez, matematik modellashtirish, o'simlik, namlik, tuproq, tuzlar, minerallashganlik, diffuziya, tashqi muhit, konsentratsiya.

Abstract. Due to the fact that Uzbekistan by its natural and geographical position belongs to the arid climate zone, and at present there are a number of unresolved problems related to irrigation and melioration of irrigated lands. This problem is also caused by the diversity of natural conditions of irrigated territories, unsatisfactory management of water resources of various functional levels. Soil fertility, melioration state of irrigated lands and deepening of environmental problems are directly related to salinization of lands, the degree of mineralization of groundwater and pollution of surface water sources. For a complete analysis of the melioration state of irrigated territories of the object under study, it is necessary to study the elements of the water-salt balance. At the same time, the change in quantitative indicators of the income and expenditure parts of the balance for a number of years and their current state is monitored. In this article, the authors consider the influence of the external environment on the process of biosynthesis of plants, in this case cotton, and obtained analytical solutions for humidity, salt concentration and biomass, which show the mutual relationship of plant parameters, soil, moisture, degree of mineralization and amount of water on plant development.

Keywords: biosynthesis, mathematical modeling, plant, moisture, soil, salts, mineralization, diffusion, external environment, concentration.

На процесс биосинтеза растений внешняя среда оказывает весьма значительное влияние, которое в свою очередь зависит от многочисленных факторов.

Рассмотрим случай, когда на процесс биосинтеза слабо влияет локальные изменения температуры. Предположим, что вода и соли, мигрирующие в почвогрунтах могут нести полезные и загрязняющие вещества, часть которых способствуют размножению и завяданию растений, или могут иметь обратный эффект. Предположим также, что имеем в

основном биомассы, которые являются поступающим субстратом в единицу объема и участвуют положительно в биосинтезе.

Для культивируемых растений в природе в течении одного года происходит процесс роста, выращивания и сбор урожая. Корни, стебли и семена активно участвуют при поглощении и использовании биомассы для развития и оплодотворения. При математическом моделировании биосинтеза растений будем учитывать основные факторы взаимодействия, такие как вода, вложенные в основных уравнениях для культивируемых растений и соленость грунта, уровень грунтовых вод. При моделировании процесса, где будут участвовать: поступающая биомасса – являются минерализованная вода, с концентрациями f_a и f_c воды и соли, поступающий на растения из вне при поливе, дождей, растаянии снега и т.д., а также влажность грунта W_n и соленостью C_n . Для составление уравнения рассмотрим единичный объем грунтового слоя, где имеются субстраты (вода и соль) с соответствующими концентрациями: концентрация воды (влажность грунта) $W_1(x_1, y_2, z_3, t)$, концентрация соли $C_1(x_1, x_2, x_3, t)$ в некоторой точке $M(x, y, z)$ грунтового слоя. В дальнейшем рассмотрим однородную задачу равномерное распределение влажности и соли в почвегрунте. Тогда для которой $W_1(t)$ и $C(t)$ будут лишь функцией времени.

Предположим, что в единичный объем слоя поступает вода с концентрацией воды $W^0(t)$ и соли $C^0(t)$.

Предположим, что биомасса $x(t)$ употребляет (поглощает) воду со скоростью $V_1(w, x, t)$ и соли $V_2(w, x, t)$, которое, определяется равенством [5]:

Предположим, что

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

Если в единичный объем поступает смесь воды с солью с интенсивностью $Q(t)$, тогда

$$q(t) = \frac{Q(t)}{Q_n},$$

где $Q(t)$ - секунднй расход смеси, Q_n - максимальная норма потребления растением воды и соли на рассматриваемый вегетационный период.

Если примем, функции $x(t)$, $w(t)$ и $c(t)$, $x(t)$ - концентрация биомассы, $w(t)$ - концентрация воды и $c(t)$ - концентрация соли съеданное организмом растений. Тогда уравнение для изменения этих функции будут иметь вид [1, 2, 3, 4]:

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

Если отсутствует внешний приток к грунтовому слою тогда $q(t) = 0$ и уравнение (4) имеет интеграл Моно:

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

С учетом равенства (1) уравнение (2) получим:

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

Умножив второе и третье уравнение системы (4) на k_1 и k_2 и сложив их получили следующую уравнению

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(k_1 \lambda_1 w + k_2 \lambda_2 c - q(t)) \\ \frac{dw}{dt} &= q(t)[w^0(t) - w(t)] - \lambda_1 w_1 x_1 \\ \frac{dc}{dt} &= q(t)[c^0(t) - c(t)] - \lambda_2 c x \end{aligned} \right\} \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \end{matrix}$$

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

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

или

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

Интеграл Моно (3) получится если правая часть будет равной нулю или $Q=0$.

В дальнейшем предположим, что при $t = t_0$, $\hat{x}(t_0) = 0$

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

здесь

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

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

Учитывая равенства (3) последнее равенство приводится в виду:

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

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

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

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

т.е. $c^0(t) = const = C_n$, $w^0(t) = w_n$.

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

Из равенства (3) определяем $x = A_0 - K_1 W - K_2 C$ и поставим ее на II и III уравнение системы (4)

$$\frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - \lambda_1(A_0 - K_1W - K_2C) \cdot W$$

$$\frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - A_0\lambda_1W + K_1\lambda_1W^2 + \lambda_1K_2WC,$$

а также

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - \lambda_2c(A_0 - K_1W - K_2C)$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - A\lambda_2C + K_1\lambda_2WC + \lambda_2K_2C^2$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] + \lambda_2K_2C^2 + K_2\lambda_2WC - A_0\lambda_2C$$

Предположим, что

$$\underbrace{K_1\lambda_2 = K_2\lambda_1 \text{ или } \frac{K_1}{K_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}_W$$

Тогда будем иметь уравнение для концентрации воды и соли:

$$\frac{dw}{dt} = Q[w^0(t) - w(t)] - A_0\lambda_1W + K_1\lambda_1W^2 + \lambda_1K_2\frac{\lambda_2}{\lambda_1}WC,$$

5)

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - A_0\lambda_1\frac{\lambda_1}{K_1}K_2K_1WC + \lambda_2K_2C^2 + K_2\lambda_2WC - A_0\lambda_2C$$

Найдем разность между уравнениями (5) и будем иметь:

$$\frac{dw}{dt} - \frac{dc}{dt} = Q(w^0(t) - w(t) - A_0\lambda_1W + K_1\lambda_1W^2 - q(c^0(t) - c(t)) + A_0\lambda_2C - \lambda_2K_2C^2)$$

Проводим расщепление уравнений и будем иметь уравнение для неизвестных концентрации воды и соли:

$$\frac{dw}{dt} = (q - A_0\lambda_1)W + K_1\lambda_1W^2 + qw^0(t)$$

$$\frac{dc}{dt} = Q[c^0(t) - c(t)] - A_0\lambda_2C + \lambda_2K_2C^2$$

Предположим, что $\{K_1\lambda_1W^2 < 1$ и $\lambda_2K_2C^2 \ll 1$, $K_1\lambda_1W^2 \ll 1$, $\lambda_2K_2C^2$ т.к.

$$\{|\lambda_1|, |\lambda_2|\} < 1, \{ |K_1|, |K_2| \} < 1, |w| < 1 \text{ и } |c| < 1$$

Тогда получим обычное дифференциальное уравнение Эйлера для искомым функций $w(t)$ и $c(t)$

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

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

Предположим на грунтовой слой поступает смесь воды с солью расходом $Q(t)$ с

объемными концентрациями f_e и f_c соответственно, здесь $f_e + f_c = 1$.

Тогда функции $w^0(t)$ и $c(t)$ определяется

$$\begin{aligned} w^0(t) &= q(t) f_e \\ c^0(t) &= q(t) f_c \end{aligned} \quad (8)$$

Если K_0 проницаемость грунтового слоя, являющийся постоянной, то λ_1, λ_2 определяется равенством:

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

Из принятых ранее условий имеем:

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

$$V_2 < V$$

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

Для решения уравнений (6) и (7) имеем следующее начальные условия

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

где W_H, C_H концентрация воды и соли в грунтовой воде.

Решением уравнения Эйлера (6) при условии (10) будет иметь вид:

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

Где функции $P_w(t)$ определяется равенством:

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

Согласно равенству (8) можем написать

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

Учитывая равенство будем иметь

$$\begin{aligned} q(t) w^0(t) + \lambda_1 A_0 &= q(t) f_e q + [K_1 f_e + f_c (1-K_1)] \\ P_w(t) &= \int [f_e q^2(t) + [K_1 f_e + f_c (1-K_1)] q(t)] dt \end{aligned}$$

Теперь решим уравнение (7) для изменения концентрации соли

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

Её решение запишется в виде:

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

где $P_c = q_0(t) + \lambda_1 A_0$

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

Тогда решение примет вид:

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

Из условия (9) найдем коэффициент С и тогда решение запишется в виде

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

Таким образом, получили закон изменения концентрации воды и соли при биосинтезе при наличии притока смеси соды и соли.

Рассмотрим случай постоянного по времени поступления воды в грунтовый слой, т.е. $q(t) = const$, также предположим концентрации f_s и f_c постоянны. Тогда закон изменения концентрации воды определяется в виде

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

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

где $D_0 = [f_s q_0^2 + [K_1 f_s + (1 - K_1) f_c] q_0]$

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

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

t=0 да

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

где $D(0) = f_s q_0^2 + [K_1 f_s + (1 - K_1) f_c] q_0$

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

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

$$W(0) = W_n, \quad K_1 w(t) \rightarrow K_2 w(t)$$

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

$$c(t) = \exp[-D_0 t] \left[c + \frac{f_c q_0^2}{D_{c0}} \exp D_{c0} t \right]$$

$$D_{c0} = q_0 + \lambda_1 A_0$$

$$C(0) = C_T = C + \frac{f_2 q_0^2}{D_{c0}}$$

$$C = C_T - \frac{f_c q_0^2}{D_{c0}}$$

$$c(t) = \left(C_T - \frac{f_c q_0^2}{D_{c0}} \right) \exp(-D_{c0} t) + \frac{f_c q_0^2}{D_{c0}} \quad (13)$$

$$f_e = 0,6 \quad f_c = 0,4 \quad q(x) = q_0 = const$$

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

Из полученных решений для влажности и концентрации $w(t)$ (12) и $c(t)$ (13) и равенства (3) определяем концентрацию биомассы в растении

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

Таким образом, при постоянном притоке воды ($q(t) = const$) когда концентрации соли и влаги малы, получили аналитические решения для влажности, концентрации соли и биомассы.

Полученные решения показывают взаимной связи параметров растения, почвы, влаги, степени минерализации и количество воды на развитие растений.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базакин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М., Наука, 1985, 181 с.
2. Галямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. Л., Гидрометеоиздат, 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. Свирежев 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.