

УДК 631.74.1+631.75.1

**ҚАТЛАМЛИ ТУПРОҚЛАРДА ЕР УСТИ ВА СИЗОТ СУВЛАРИ ЎЗARO БОҒЛАНГАН ОҚИМИНИНГ ГИДРОДИНАМИК МОДЕЛИ**<sup>1</sup>Авлакулов Мейли - т.ф.д., профессор. E-mail: [mavlakulov@mail.ru](mailto:mavlakulov@mail.ru).<https://orcid.org/0000-0002-8154-1153><sup>2</sup>Қодиров Исомиддин Эшмўминович –докторант. E-mail: [isomiddin@mail.ru](mailto:isomiddin@mail.ru).<sup>1</sup>Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти, Қарши ш. Ўзбекистон Республикаси.<sup>2</sup>“ТИҚХММИ” МТУ ҳузуридаги Бухоро табиий ресурсларни бошқариш институти. Бухоро ш. Ўзбекистон Республикаси.

*В статье рассматриваются вопросы моделирования процесса насыщенно-ненасыщенной фильтрации в слоистых грунтах с использованием двухмерной гидравлической модели в зоне аэрации и насыщения. При этом для моделирования массопереноса взаимодействующими течениями поверхностных, грунтовых вод и с учетом миграции влаги в зоне увлажнения могут быть эффективно использованы плановые гидравлические модели взаимосвязанного стока грунтовых и поверхностных вод.*

**Ключевые слова:** гидравлическая модель, массоперенос, фильтрация, зона аэрации, инфильтрационное питание, водный режим, зона увлажнения, уровень грунтовых вод

*The article deals with the modeling of the process of saturated-unsaturated filtration in layered soils using a two-dimensional hydraulic model in the aeration and saturation zone. At the same time, for modeling mass transfer by interacting currents of surface and ground waters and taking into account moisture migration in the humidification zone, planned hydraulic models of the interconnected flow of ground and surface waters can be effectively used.*

**Key words:** hydraulic model, mass transfer, filtration, aeration zone, infiltration nutrition, water regime, humidification zone, groundwater level

Одатда, мелиорация фанида ер усти ва ер ости сувларининг сув-туз режимини моделлаштириш сув оқимининг алоҳида компонентлари учун содалаштирилган моделлар асосида амалга оширилади.

Ер ости ва ер усти сувларининг ўзаро боғлиқ оқимлари, шунингдек намланиш зонасидаги намлик, сув оқимининг турли таркибий қисмлари ўртасидаги масса алмашинувини ҳисобга олган ҳолда масса ўтказиш моделлари, яъни, намланиш зонасидаги сув оқими ҳолатининг ўзгаришини бошқариш муаммолари ҳали кўриб чиқилмаган. Бу суғориладиган ерларнинг экологик ва мелиоратив ҳолатини, ер ости ва ер усти сувларининг сифатини баҳолашнинг кўплаб амалий муаммоларини ҳал қилишда қўшма оқим моделларидан фойдаланиш имкониятини сезиларли даражада чеклайди.

Ушбу мулоҳазалар асосида қатламли тупроқларда тўйинган-тўйинмаган филтрациянинг икки ўлчовли гидродинамик моделини кўриб чиқамиз [1, 4, 6]. Эгатлар бўйлаб ер усти оқимлари ҳаракати саёз сув тенгламаси билан тавсифланади.

Саёз сув тенгламалари (Сен-Венант тенгламалари деб ҳам аталади) ер усти сувлари оқимини тавсифловчи гиперболик қисман дифференциал тенгламалар тизимидир. Горизонтал шкала вертикалдан анча катта бўлган тақдирда, тенгламалар Навье-Стокс тенгламаларини чуқурлик бўйича интеграллаш йўли билан олинади. Бу шартда узлуксизлик қонунидан келиб чиқиладики, суюқликдаги вертикал тезликлар кичик, вертикал босим градиентлари нолга яқин, горизонтал градиентлар эса суюқлик юзасининг ғадир-будирлиги туфайли юзага келади, горизонтал тезликлар эса. бутун чуқурлик давомида бир хил. Вертикал бўйлаб интеграллашда вертикал тезликлар тенгламаларни тарқ этади. Саёз сув тенгламаларида вертикал тезликлар мавжуд бўлмаса-да, улар нолга тенг бўлиши шарт эмас. Бу жуда муҳим, чунки вертикал тезлик эгат чуқурлигини ўзгартирганда нолга тенг бўлиши мумкин эмас, масалан, Нол вертикал тезлик фақат текис таглик ҳолатига мос келади. Горизонтал тезликлар олинганда, вертикал

тезликлар узлуксизлик тенгламасидан олинади. Қатлам чуқурлиги горизонтал ўлчамлардан анча паст бўлган ҳолатлар учун тенгламалар жуда кенг тарқалган. Ер ости сувларининг фильтрациясини моделлаштириш учун Ричардс тенгламаси қўлланилади, бу аэрация зонасида намлик ўтказилишини тавсифлайди [2,3,5,10]. Бу чизикли бўлмаган хусусий дифференциал тенглама бўлиб, унинг асосий қийинлиги аниқ аналитик ечимларнинг йўқлигидадир. Шу билан бирга, Дарси қонунини сув билан тўйинган ғовак муҳитда намлик оқимини тасвирлаш учун мослаштириш мумкин. Биз хусусий ҳосилаларда умумий дифференциал тенгламани оламиз, у тўйинмаган намланиш зонасида масса алмашинувини тавсифлайди:

$$\theta_t = \text{div}(K \nabla(\psi + y)) + p, \quad \{(x, y) : 0 < x < L, H_b < y < H_p(x)\} = \Omega \subset R^2 \quad (1)$$

бу ерда:  $\theta(\psi)$  - ҳажмли намлик;  $\psi$  - тупроқ намлигининг босими;  $K(\psi)$  - намлик ўтказувчанлик коэффиценти;  $H_b, H_p$  - сув тўсар қатлам ва ер юзасининг координаталари. Манбаларнинг функцияси  $p(x, y, t) = f - e$  ғўза илдизлари томонидан намликнинг сўрилишини ва эгатлаб суғориш ва атмосфера ёғинлари тўплами учун юза қатламларда  $f$  қўшимча инфильтрацион озикланишни аниқлайди.

Намлик ўтказувчанлиги коэффиценти  $K$  ва намликнинг босимга боғлиқлиги куйидаги формулалар орқали аниқланади

$$K = k_f \left( \frac{\theta - \theta_1}{m - \theta_1} \right), \quad \theta = \frac{m}{1 + (-\psi / a)^{n_2}}, \quad \psi < 0$$

бу ерда:  $K = k_f$ ,  $\theta = m$  да  $\psi \geq 0$ ,  $k_f(x, y)$  - фильтрация коэффиценти;  $\theta_1$  - қолдиқ намлик;  $m(x, y)$  - тупроқ ғоваклиги. Ҳисоблашда куйидаги параметр қийматларидан фойдаланилган:  $\theta_1 = 12,4$ ,  $n = 3$ ,  $a = 3$ ,  $n_2 = 3$ , . . . . Фильтрация коэффиценти ва ғоваклик тупроқнинг литологиясига боғлиқ ва ҳар бир қатлам учун ўз қийматларига эга.

Ер юзасининг тўлиқ тўйинмаган зонаси учун сув оқимининг тезлиги  $y = H_p$  куйидагича белгиланади

$$-K \frac{\partial}{\partial n}(\psi + y) = R(x, y) \quad (2)$$

ёки ер усти сув қатламининг баландлиги билан белгиланадиган тупроқ намлиги босими

$$\psi = z - H_p \quad (3)$$

Сув тўсар қатламда  $y = H_b$  оқмаслик шарти қўйилиб, ён чегараларда симметрия шарти (нол оқим) ёки босим (агар чегара сув оқимига тўғри келса) ўрнатилади. Муаммони ечиш учун намликнинг дастлабки тақсимотини ўрнатиш керак

$$\theta(x, y, 0) = \theta_0(x, y)$$

Гидроморф тупроқлар учун  $\psi|_{y=H_p} > 0$  чегаравий шарт (2) ўрнига биринчи турдаги (3) шарт қўйилади, бунда ер ости сувларининг босими (4) тенгламадан аниқланади.

$$B \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \psi \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|^{1/2} \text{sign} \frac{\partial z}{\partial x} \right) + p(x, t) - k_f \nabla h n \Big|_{y=H_p} \quad y=H_p \quad (4)$$

бу ерда,  $\psi = \gamma(z - H_b)^{5/3}$  ер усти оқими тезлиги модули;  $h$  - босим;  $p$  - манба функцияси.

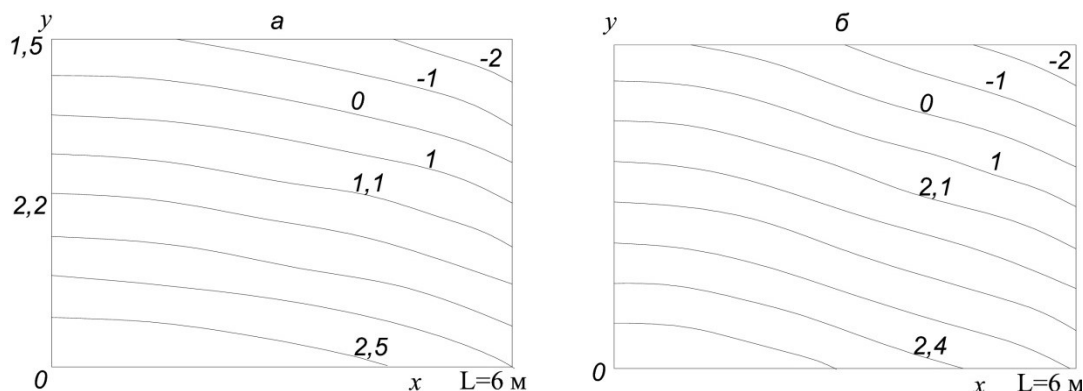
В,  $\gamma$  параметрлар ер усти сув қатлами қалинлигининг чизикли функциялари  $0 < (z - H_b) < h_k$  сифатида  $B(x, y) = b + (z - H_b)(1 - b) / h_k$ ,  $\gamma = \gamma_0 + (z - H_b)(\gamma_1 - \gamma_0) / h_k$ ,  $\eta_i = 1 / \gamma_i$  - гадр-будирлик коэффициентлари кўрсатилган. Қатлам қалинлиги  $z - H_b > h_k$  критик қийматдан каттароқ бўлса, параметрлар  $B=1$ ,  $\gamma = \gamma_1$  қийматларини олади.

Чап  $x=0$  ва ўнг  $x=L$  чегараларида эгат сувларининг ер усти оқими учун чегара шартлари куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\psi \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|^{1/2} \text{sign} \frac{\partial z}{\partial x} = 0, \quad x = 0, \quad \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial H_p}{\partial x}, \quad x = L \quad (5)$$

Ушбу гидродинамик модель асосида атмосфера ёғинлари, буғланиш ва намликнинг ўсимлик илдизлари томонидан сўрилишини ҳисобга олган ҳолда, эгат сувларининг ўзаро боғланган фильтрацияси ва ер усти оқимининг муаммосини ҳисоблаш амалга оширилди. Сонли ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, гидроморф тупроқларда намланиш зонасининг сув режими хусусиятлари улар параметрларнинг кичик ўзгаришига сезгирлиги ва ер усти ва ер ости ўзаро таъсир қилувчи оқимларининг таркибий қисмлари ўртасидаги кучли ўзаро таъсирдир.

Ер юзасидан намликнинг тупроққа жадал келиши унинг тез тўйинганлигини келтириб чиқаради, бу аэрация зонасидаги вертикал оқимлар билан боғлиқ. Кейинчалик ер ости сувлари сатҳидан юқорида тепаликлар секин тарқалиши билан пайдо бўлади, бу эса тупроқ-грунт қатламида ер ости сувлари сатҳининг секин кўтарилишига олиб келади.



1-расм. Тупроқ намлиги босимининг изолиниялари  $\psi$  (м) (а- $t=118$ сут, б- $t=118$ сут)  $\psi$  (м) (а- $t=118$ сут, б- $t=118$ сут)

1-расмда (1)-(5) модели бўйича тўйинган-тўйинмаган фильтрацияни ҳисоблаш натижаларини кўрсатилган. Моделлаштириш майдони  $L = 6$  м узунликдаги бир ҳил тупроқдан иборат,  $m = 0,3$ ). Капилляр кўтарилиш баландлиги  $H_p = 2,1$ . Вақт оралиғи  $t > 118$  кун. Ер ости сувлари сатҳи кўтарилади (тўлиқ тўйиниш зонасининг юқори чегараси  $\psi = 0$  изолинияга тўғри келади). Бундай ҳолда, моделлаштириш ҳудудида ер ости сувлари режими ва босим тақсимотида кескин ўзгариш юз беради [8].

Гидродинамик модель (1)-(5) асосида алоҳида профил участкалари [3,9,11] учун локал муаммоларни ҳал қилиш мумкин, бу эса фаол қатламда ҳам, тўлиқ тўйиниш зонасида ҳам филтрлаш жараёнларини батафсил моделлаштириш имконини беради. Лекин ер усти рельефи ва тупроқ-грунт структурасининг бир жинслилиги, шунингдек, ер устидан суғориш ва ёғингарчиликлар суғориладиган майдоннинг гидрологик режимига таъсир қилади. Режада оқимнинг ҳар хил жинслилигини ҳисобга олиб уч ўлчовли гидродинамик моделларни кўриб чиқиш керак, бу эса ортиқча ҳисоблашларнинг бажарилишига олиб келади. Бундай ҳолда, ер усти ва ер ости сувларининг ўзаро таъсир қилувчи оқимлари ва намланиш зонасида намлик миграциясини ҳисобга олган ҳолда масса алмашинувини моделлаштириш учун ер ости ва ер

усти сувларининг ўзаро боғланган оқимининг режалаштирилган гидравлик моделларидан самарали фойдаланиш мумкин. Шу муносабат билан, тупроқ-грунт намланиш зонасида ер ости сувлари, ер усти сувлари ва намликнинг ўзаро таъсири мезонларини белгилаш зарурати туғилади.

**Хулоса.** Кўриб чиқилган гидродинамик ва гидравлик моделлар сув оқими жараёнларини ҳар хил даражада батафсил ва аниқлик билан моделлаштиришга имкон беради. Суғориладиган майдонларда аниқ вазифаларни кўриб чиқишда тегишли моделни танлаш сув алмашинувининг мураккаб хусусиятини, кўриб чиқилаётган гидрологик жараёнларнинг фазовий ва вақтинчалик микёсларини, шунингдек, ахборот таъминотининг тўлиқлик даражасини ҳисобга олишни талаб қилади.

#### АДАБИЁТЛАР

1. Седов Л.И. «Методы подобия и размерности в механике» - М.: Наука, 1977 г.-440 с.;
2. Ентов В.М. «О некоторых двумерных задачах теории фильтрации с предельным градиентом»//Прикладная математика и механика, -2007- Т. 31№5- с. 120-126.;
3. Почвоведение», под редакцией Кауричева И.С. 4-е изд., Агротехиздат, М. 1989 г.;
4. Авлакулов М., Дониёров Т. О. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ТЕЧЕНИИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПОТОКА В ГЕТЕРОГЕННОЙ СРЕДЕ ПРИ БОРОЗДКОВОМ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА //Актуальные проблемы современной науки. – 2020. – №. 2. – С. 100-104.
5. Авлакулов М., Кодиров И. Использование лизиметров в целях установления водно-солевого режима почв для условий Кашкадарьинской области //Актуальная наука. – 2017. – №. 1. – С. 21-24.
6. Муродов Н. К., Авлакулов М. Анализ теплового режима почвы при орошении сельскохозяйственных культур методом субиригации //Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – №. 1. – С. 12-16.
7. Matyakubov B. et al. Improving water resources management in the irrigated zone of the Aral Sea region //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 03006.
8. Авлакулов М., Хазратов А. Н. Закономерности динамики процессов влаги-соли переноса в почво-грунтах //Инновационное развитие. – 2017. – №. 5. – С. 9-10.
9. Avlakulov M. et al. The limited problem of less parameters and the configuration of the depression curveat unreliable water filtration in soils //Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – С. 4538-4544.
10. Авлакулов М., Ражабов У. М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ И СОЛЕЙ В ПОЧВО-ГРУНТАХ //The 11th International scientific and practical conference “Dynamics of the development of world science”(July 8-10, 2020) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2020. 496 p. – 2020. – С. 156.
11. Авлакулов М., Саидов И. Э. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР //The 5th International scientific and practical conference “The world of science and innovation” (December 9-11, 2020) Cognum Publishing House, London, United Kingdom. 2020. 1012 p. – 2020. – С. 187.