



ГРУНТ ВА ЕР УСТИ СУВ ОҚИМЛАРИНИНГ ЎЗARO ТАЪСИРИНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ

¹Эгамбердиев Ҳожиакбар Салоҳитдинович

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Қарши филиали “Ахборот технологиялари” кафедраси доценти в.б., т.ф.б.ф.д. (PhD),

²Раҳматуллаев Достон Асад ўғли

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Қарши филиали “Ахборот технологиялари” кафедраси стажёр-ўқитувчиси,

³Дилмуродов Зухриддин Дўстмурод ўғли

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Қарши филиали “Ахборот технологиялари” кафедраси стажёр-ўқитувчиси.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7546208>

ARTICLE INFO

Received: 08th January 2023

Accepted: 16th January 2023

Online: 18th January 2023

KEY WORDS

ABSTRACT

Ер ости сув ресурслари мувозанати ва уларнинг элементлари қийматини баҳолаш гидрогеологик-мелиоратив масалаларни математик моделлаш усуллари асосида ечишда математик моделлар тузишга таянилади ҳамда табиий геофилтрация жараёнлари деярли тўлиқ акс эттирилади.

Ер ости сув ресурслари мувозанати ва уларнинг элементлари қийматини баҳолаш гидрогеологик-мелиоратив масалаларни математик моделлаш усуллари асосида ечишда математик моделлар тузишга таянилади ҳамда табиий геофилтрация жараёнлари деярли тўлиқ акс эттирилади. Геофилтрация жараёнларини математик моделлашда табиий геологик ва гидрогеологик шарт шароитларни ҳисобга киритувчи, ўз навбатида техноген вазиятларни инобатга олувчи махсус масалаларнинг қўйилиши ва ечиш тамойилларига эътибор берилиши керак. Масалан: ер ости сувларининг режим ўзгаришини башорат қилишда, суғориладиган ҳудудларда ёки сув ресурслари мувозанати ўзгаришида математик модель филтрация жараёнларини ер ости сувларининг режим ўзгаришини аниқлашига мўлжалланган бўлиши лозим.

Шунингдек, ер ости сув ресурслари мувозанати элементлари ўзгариши ўз навбатида аниқ бир ҳудуд учун аниқ бир шарт шароитларда, яъни аниқ қўйилган масала асосида математик модель тузилиб, ер ости сувларининг режим ҳолатлари ўрганилиши ва баҳоланиши керак. Худди шундай, ҳар бир масала учун босимли бўлмаган ва босимли, бир ва кўп қатламли тоғ жинсларида ер ости сувлари текислик ва тоғ олди ҳудудларида суғориш ва сув таъминоти масалаларида сув ресурслари мувозанати элементлари ҳам алоҳида ўрганилишини талаб этади.

Ер ости грунт сувлари мувозанат тенгламаси, бирор G соҳада гидрогеологик тизимларнинг геофилтрация жараёнларини математик модели қуйидагича ифодаланади:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \eta (Q_b - f + J + Q_r - Q_d) \quad (1.1.)$$



$$\begin{aligned}
 h(x, y, t)_{t=0} &= \phi_1(x, y); & (x, y) \in \Gamma_1; & t = t_0; \\
 h(x, y, t) &= \phi_2(x, y); & (x, y) \in \Gamma_2; & t > t_0; \\
 -kh \frac{\partial h}{\partial n} &= \phi_3(x, y); & (x, y) \in \Gamma_3 & t > t_0; \\
 -kh \frac{\partial h}{\partial n} &= \gamma(h_0 - h); & (x, y) \in \Gamma_4 & t > t_0
 \end{aligned} \tag{1.2}$$

бу ерда μ - қатламнинг сув бериш қобилияти ёки тўйинганликнинг етишмовчилиги (ўлчовсиз катталиқ); x, y - текисликдаги координаталар, м; t -вақт, сут; $h=h(x, y, t)$ -ер остидан ер юзасига қадар сувнинг сатҳи, м; $k = (x, y)$ - қатламни сув сизилиб ўтказувчанлик коэффиценти, яъни фильтрация коэффиценти, м/сут; η - моделни ўлчовли кўринишга ўтказиш коэффиценти (тенгликларнинг масса алмашинуви коэффиценти); $J = J(x, y)$ - ер усти сувларининг сизилиб кириши, яъни ёғин сочинларнинг инфильтрацияси, м/сут; Q_b - сув босиши, яъни грунт сувларининг ер устига чиқиб кетиши; γ -ер ости ва ер усти сувларининг ўзаро боғлиқлигининг гидрогеологик шarti.

Ушбу ифода грунт сувларининг баланс тенграмаси ҳисобланади. Унда қатнашувчи сув қатламидаги тадқиқ қилинувчи ўзгарувчилар сув балансидаги турли ташкил этувчиларни характерлайди. $Q_b - x_0, y_0$ координата билан нуқтада жойлашган ва нуқтали манба билан моделлаштириладиган ер ости сувларини оқим тезлиги билан қудуқдан чиқариш ҳисобланиб у қуйидаги кўринишда акс этади:

$$Q_b(x, y, t) = Q(t)\delta(x - x_0, y - y_0), \quad t \geq t_0 \tag{1.3}$$

бу ерда δ - дельта функцияси:

$$\delta = \begin{cases} \frac{1}{\Delta x^2} & x = x_0, y = y_0 \\ 0 & x \neq x_0, y \neq y_0; \end{cases} \tag{1.4}$$

t_0 -ҳисобнинг бошланғич вақти, f - грунт сувлар сатҳидан парланиш, юза хусусиятига эга ҳамда ҳудудий, вақт ва координаталар функцияси ҳисобланади.

f - парланиш, Крылов-Аверьянов формуласи билан ифодаланади:

$$f(x, y, t) = \begin{cases} W_0 \left(1 - \frac{h}{h_{кр}}\right)^n; & h > h_{кр}. \\ 0 & h \leq h_{кр}. \end{cases} \tag{1.5}$$

бу ерда W_0 - кундузги юзадан парланиш, $h_{кр}$ - грунт сувларининг критик сатҳи, n - тупроқ литологияси ва экин турини ҳисобга олувчи кўрсаткич, J - грунт сувларини инфильтрацияли тўйиниши (м/сут), атмосфера ёғинлари ва сувли қатламга сепиладиган суғориладиган сувлардан ташкил топади. U вақт мобайнида ва майдони бўйича ўзгариб туради. Шунинг учун уни координата ва вақт функцияси кўринишида ифодалаш мумкин:

$$J = J(x, y, t) \tag{1.6}$$

Грунт сув қатламининг сув оқимлари (канал, дрена, дарё) ва сув манбалари (кўл, бассейн) билан сув алмашинуви Q_r - м²/сут (сув оқимлари ва манбаларидан сувнинг фильтрацион сарфи) билан ёки агар сув оқимининг ҳажми режада филтрация соҳаси билан таққослаганда аҳамиятсиз даражада кичик бўлса сув оқими Q_d - м²/сут (грунт



сувларини сув оқимлари ёки манбалари билан дренажлаш) билан нуқта манбалари моделлаштирилади:

Канал ёки дарё бўлган ҳолларда:

$$Q_r = -k_r \frac{h^2 - h_r^2}{2\Phi_{h,r}} \quad (1.7)$$

Дрена бўлган ҳолларда

$$Q_d = k_d \frac{h^2 - h_d^2}{2\Phi_{h,d}} \quad (1.8)$$

бу ерда h_r , h_d – сув манбаидаги сувнинг сатҳи; $\Phi_{h,d}$ – фильтрацион қаршилик (дарё, канал ва зовурларнинг тубининг сув сизилишига қаршилик кўрсаткичи)

Грунт сувлари сатҳи ўзгаришини тадқиқ қиламиз, яъни (1.1) тенгламани xOy текисликни G соҳасида ечамиз. Бу ҳудудни фильтрация соҳаси деб номлаймиз ва айтайлик Γ силлиқ эгри чизиқ билан етарлича чегараланган.

Кўшимча шартлардан бири грунт сувлари сатҳини аниқ t_0 бошланғич вақтда қийматини ифодаловчи бошланғич шарт ҳисобланади. $t_0=0$ деб ҳисоблаб бошланғич шарт қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$h(x, y, 0) = \varphi(x, y,); \quad (x, y) \in G, \quad (1.9)$$

Бу ерда $\varphi(x, y)$ – G даги берилган ва етарлича силлиқ бўлган функция

Чегаравий шартлар табиий гидрогеологик ҳолатда аниқланади. Фильтрация соҳаси чегараларида ёки грунт сувларининг сатҳи ёки сувнинг сарфи, ёки сув сатҳи ва сув сарфининг чизиқли алоқаси яъни, I, II, III турдаги чегаравий шартлар берилиши керак.

Масалан, агар Γ чегара гидроизогипс ёки сув оқимидан ўтади. Грунт сувлари билан яхши гидравлик алоқага эга, яъни, ҳар қандай вақтда грунт сувларининг сатҳи маълум бўлганда I турдаги чегаравий шарт берилади.

$$h(x, y, t) = \varphi(x, y, t), \quad (x, y) \in \Gamma, \quad t \geq t_0 \quad (1.10)$$

бу ерда $\psi(x, y)$ – Γ да берилган функция

Агар Γ чегара соҳасида ер ости сувлари кириб келиши ёки чиқиб кетиши мавжуд бўлса унда грунт сувларининг сарфи q_r , яъни II турдаги чегаравий шартлар берилади:

$$kh \frac{\partial h}{\partial n} = q_r(t), \quad (x, y) \in \Gamma, \quad (1.11)$$

бу ерда $\frac{\partial h}{\partial n}$ – Γ контурга нормал ҳосиласи; n – ички контур ҳосиласи; $q_r(t)$ – аниқ функция. Агар чегара сув ўтказмайдиган бўлса унда $q_r(t)=0$. Агар чегара сув сарфининг тебранишлардаги алоқасида грунт сувларининг сатҳини ўзгаришига олиб келадиган сув оқими ёки сув манбаидан ўтса, сув манбаи ва грунт сувлари сатҳи билан сув сарфининг чизиқли алоқаси, яъни III турдаги чегаравий шарт берилиши керак

$$-kh \frac{\partial h}{\partial n} = \gamma (h_B - h) \quad (1.12)$$

бу ерда γ – ер ости ва ер усти билан ўзаро алоқаси гидрогеологик шартларни характерлайди.

Юқорида келтирилган грунт сувлари филтрация жараёнларини моделлаштиришга имкон беради.



1-Расм. Ўрганилаётган ҳудуд ва унинг чегаравий шартлари

Юқоридаги келтирилганлардан шуни аниқлашимиз мумкинки, грунт сувлари кирувчи ва чиқувчи элементлари мувозанатини (эмперик ёки аналитик кўринишдаги сув балансини) ҳисоблаш учун турли ҳил геофилтрация жараёнларини англатувчи формулалар, ҳисоб-китоблар, ер ости сувлари ҳаракатини тавсифловчи дифференциал тенгламалардан иборат математик моделлар ва технологиялар ишлаб чиқилишини талаб қилади. Гидрогеологик-мелиоратив масалаларнинг қўйилишида тобора ўсиб бораётган ер ости сувларининг мувозанати элементлари ўзгаришини самарали ҳисобга олиш усуллари, уларнинг замонавий ва универсал бўлиши талаблари ҳамда кўп қиррали турли вариантларда ер ости сувларининг мувозанати элементларини мукамал ҳисоблаш ва ЭҲМ асосида амалга оширишни тақозо этади.

Замонавий компьютер тизимларида шундай қурилма дастурий мажмуларни яратиш ва ечиш жараёнини атоматлаштиришни амалга ошириш имконияти мавжуд бўлиб, ўз навбатида маълумотлар олиш жараёнини, ҳудудий тақсимланган объектлар билан боғланиши, ер ости сувларининг мувозанати элементларини ҳисоблаш ҳамда турли режим фаолият кўрсатаётган сув олиш иншоотларидаги тартибни бошқариш масалаларини ҳал қилишда ёрдам беради.

Дунёда ер ости сувларининг геофилтрация жараёнларини ифодаловчи мувозанат тенгламаларни ечишнинг сонли усуллари ва математик моделларини такомиллаштириш бўйича қатор, устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: жумладан, кўп ўзгарувчи парабolik турдаги дифференциал тенгламаларни сонли ечиш асосида геофилтрация ва геомиграция жараёнларини математик моделларини такомиллаштириш; гидрогеологик ҳудудларни математик моделлашда интеграциялаш имкониятини берувчи ягона ҳисоблаш тизимларини ривожлантириш; гидрогеологик шароити мураккаб ҳудудларни, ер ости суви ҳосил бўлиши ҳаракати ва сизилиб чиқиб сарфланиш ҳудудлари ўртасидаги ўзаро алоқа жараёнларини математик моделларини ишлаб чиқиш; ер ости суви конларнинг чегарасида геофилтрация жараёнлари бир қаватли қатламдан тузилиши бўйича кўп қаватли қатламларига ўтиши ва сув оқими тик йўналиши чизмаси бўйича ҳудудлар



ўртасидаги ўзаро алоқа жараёнларини математик моделлаш, ўз навбатида режим ташкил этувчи элементларини аниқлаш муҳим масалалардандир.

(2.1) тенгламани пароболик типдаги оддий дифференциал тенгламалар тизими кўринишда, математик физиканинг бошланғич ва чегаравий шартлар асосида қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \eta W \\ h(x, y, t)_{t=0} = \phi_1(x, y); \quad (x, y) \in \Gamma_1; \quad t = t_0; \\ h(x, y, t)_{t=0} = \phi_2(x, y); \quad (x, y) \in \Gamma_2; \quad t > t_0; \\ -kh \frac{\partial h}{\partial n} = \phi_3(x, y); \quad (x, y) \in \Gamma_3 \quad t > t_0; \\ -kh \frac{\partial h}{\partial n} = \gamma(h_0 - h); \quad (x, y) \in \Gamma_4 \quad t > t_0 \end{array} \right. \quad (1.13)$$

бу ерда η – моделни ўлчовли кўринишга ўтказиш коэффициенти (тенгликларнинг масса алмашинуви коэффициенти); $W=Q_b - f + J + Q_r - Q_d$ ва бошқа шартли белгилар юқорида келтирилган белгиларга мос равишда ифодаланади; γ -ер ости ва ер усти сувларининг ўзаро боғлиқлигининг гидрогеологик шарти.

Бу тенгламалар тизими бир қатламли, турғунмас, текисликда ихтиёрий Γ чизиғи билан чегараланган, бир жинсли бўлмаган G соҳада ер ости суви геофилтрациясини таърифлайди. Бу соҳани ер қаъридан сув ўтказмайдиган горизонталсимон ихтиёрий қатлам билан тўшалган.

Шундай қилиб, (2.13) тенглама ер ости сувлари сатҳ ўзгаришини мувозанат тенгламаси ҳисобланади, бунда (J, W, Q, f) каби факторлар аниқланиши лозим. Бунинг учун, чегаравий масалаларни ечишда сонли усуллар ва чекли айирмалар усули асосида компьютерли моделлаш билан амалга оширлади.

Ф.Б.Абуталиев, А.А.Самарский, И.Хабибуллаев, Р.Усмонов, И.Алимов, Ж.Х.Джуманов, П.П.Нагевич, И.Н.Грачева каби олимлар тадқиқотларида ушбу тенглама ва чегаравий масалаларнинг ечиш усуллари, алгоритмлари ва дастурий таъминоти келтирилган ҳамда ер ости сувлари мувозанат элементларини аниқлашни турли хил гидрогеологик мелиоратив шарт шароитларда амалга оширилган.

Геофилтрация соҳаси чегарасида ер ости сувлари мувозанати элементларида ер ости сувлари оқиб келиши ва чиқиб кетиши элементларини аниқлаш масаласи, яъни ер ости сувларининг оқиб келиши ва чиқиб кетиши қийматларининг умумлаштирилган, йиғиндидан иборат бўлган қийматлари қуйидагича аниқланади:

ер ости сувларининг оқиб келиши нуқталарида	ер ости сувларининг чиқиб кетиш нуқталарида
$q_1 = \sum_{i=1}^{n1} q_{1i}$	$q_2 = \sum_{i=1}^{n2} q_{2i}$

бу ерда, $n1$ -ер ости сувларининг оқиб келиши нуқталари сони;

$n2$ -ер ости сувларининг чиқиб кетиши нуқталари сони;



Ечиш усулларида, соҳани бир неча ҳудудларга бўлиб, фильтрация соҳаси чегарасида ва муҳим чегаравий шартлар асосида кўриб чиқамиз. Ер ости сувларининг кириши ва чиқиши қийматларини аниқлаш математик физиканинг иккинчи чегаравий масалалари ҳисобланади ва дала ишлари ҳамда лаборатория тадқиқотлари асосидаги маълумотлар бошланғич шартлар сифатида қабул қилинади.

References:

1. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Ахралов Ш.С., Эгамбердиев Х.С., Исроилов У.Б. Сув хўжалик фаолияти ўзгарган шароитларда ер ости сувлари ҳаракатини математик моделлаш (Зарафшон воҳасининг Дамхўжа сув олиш иншооти мисолида)/ Муҳаммад Ал-Хоразмий Авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнали. –Тошкент. 2019.«Fan va texnologiya» нашриёти 4(10). 132-137 стр. (05.00.00; 10)
2. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С. Математическое моделирование процессов геофильтрации подземных вод в многослойных средах (на примере Китабо-шахрисабзского месторождения подземных вод)/ ВЕСТНИК ТУИТ. -Ташкент. ТАТУ. 3(51) 2019, -С.87-98 (05.00.00; 31)
3. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С. ва б. Многомерный подход к моделированию фильтрационных процессов гидрогеологических систем. //«O'zbekiston zamini («Земля Узбекистана»)» илмий-амалий ва инновацион журнал. 2019 йил 2-сон. O'ZDAVYERLOYINA institute. Тошкент-2019.
4. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С. ва б. К вопросу практического применения «Big DATA» в гидрогеологических исследованиях// Пятая Международная научно-практическая конференция «Big DATA and Advanced Analytics. Big DATA и анализ высокого уровня» Минск. Республика Беларусь. 13-14 марта 2019 года. – Б.100
5. Джуманов Ж.Х., Бегимкулов Д.К., Хушвактов С.Х., Эгамбердиев Х.С. Разработка типовых компьютерных моделей формирования запасов месторождений подземных вод в маловодных период. // “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари ривожланиш истиқболлари” Республика илмий-техник конференция материаллари. Қарши 2018
6. Джуманов Ж.Х., Эгамбердиев Х.С. Разработка и внедрение устройств автоматизированных измерений параметров подземной гидросферы. // Математик моделлаштириш, алгоритмлаш ва дастурлашнинг долзарб муаммолари. Республика конференцияси. Тошкент 2018 йил 17-18 сентябр
7. Джуманов Ж.Х., Узаков У.З., Эгамбердиев Х.С. Уч ўлчамли фазовий маълумотлар моделлари ва тузилмалари. “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари ривожланиш истиқболлари” Республика илмий-техник конференция материаллари. Қарши 2018
8. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С., Ахралов Ш.С. Программа прогнозирование движения подземных вод. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. –Ташкент. 2019. №DGU 2019 0843.



9. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М.:Наука,1978.- 590с.
10. Умаров У.У., Хабибуллаев И.Х., Грачева И.Н., Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х. Перспективы развития методологии моделирования гидрогеологических систем на базе современных информационных технологий: Геология и минеральные ресурсы/ - Т., 2006. №2. -С. 52-55 .
11. естаков В.М., Невечеря И. Фильтрационные расчеты несовершенной скважины в безнапорном потоке // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. - 2009. - № 6. - С. 55–59.