
ГІДРОТЕХНІЧНІ МЕЛІОРАЦІЇ

УДК 626.86:631.674

Коптюк Р. М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУ ВОДНОГО РЕЖИМУ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ РОЗВИНУТОСТІ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ

Розглянуто методичні підходи врахування розвинутого рельєфу у водобалансових розрахунках осушуваних земель у проектах будівництва та реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів.

Ключові слова: модель, прогноз, водний режим, осушувані землі, розвиненість рельєфу.

Шляхи підвищення ефективності осушувальних меліорацій взагалі полягають у розвитку й удосконаленні наявних методів розрахунку при обґрунтуванні проектних рішень щодо водорегулювання осушуваних земель, типу й конструкції осушувальних систем та їх елементів [1].

При цьому, конструктивні та технологічні рішення з водорегулювання меліорованих земель традиційно ґрунтуються на використанні водобалансових розрахунків, розробкою, впровадженням та розвитком яких у загальній теорії і практиці осушувальних меліорацій ефективно займались О.М. Костяков, С.Ф. Авер'янов, А.М. Янголь, О.П. Остапчик, А.В. Яцик, В.Ф. Шебеко, Г.І. Афанасік, П.І. Закржевський, А.П. Ліхачевич, О.В. Скрипник, М.О. Лазарчук, А.М. Рокочинський, З.Б. Кіндеріс та ін. Ними зроблений вагомий внесок у використанні балансового методу в загальній теорії і практиці осушувальних меліорацій в зоні достатнього та нестійкого зволоження [2; 3 та ін.].

Проектування водорегулювання осушуваних земель щодо типу та конструкції гідромеліоративних систем, які визначаються відповідними технологіями водорегулювання, традиційно спирається на режимно-технологічні водобалансові розрахунки і визначають необхідність створення комплексу відповідних імітаційних моделей для прогнозу на довготерміновій основі погодно-кліматичних умов місцевості, водного режиму і технологій водорегулювання, а також продуктивності меліо-

рованих угідь. При цьому модель водного режиму є визначальною [3-6].

Разом з тим, як показали практика й накопичений досвід, одним із факторів, що суттєво впливає на формування водного режиму осушуваних земель, є наявність розвинутого рельєфу місцевості, який, у свою чергу, може визначально впливати на технологію водорегулювання, конструкцію меліоративних систем та створюваний ефект [1; 7].

На осушуваних землях з розвиненим рельєфом місцевості за діючим нормативом ДБН В.2.4-1-99. «Меліоративні системи та споруди» додаткове зволоження застосовується в ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації не менше 0,5 м/добу при ухилах поверхні до 0,005 та близькому (до 2 м) заляганні рівня ґрунтових вод (РГВ) до поверхні [8].

Водночас, аналіз існуючих об'єктів з водорегулювання осушуваних земель показав, що вже при похилах більших за 0,002 не досягається необхідний рівень вологозабезпеченості вирощуваних культур при застосуванні різних режимів підґрунтового зволоження на значній частині осушуваних земель, що знижує врожай вирощуваних сільськогосподарських культур та загальну ефективність меліорацій [7; 9; 10].

При цьому, характерною особливістю формування водного режиму осушуваних земель з розвиненим рельєфом є утворення поверхневого стоку, строкатість у розподілі вологи кореневмісного шару ґрунту та зміни глибини залягання РГВ на системі [9].

За існуючою морфометричною класифікацією рельєф місцевості на осушуваних землях за *розміром окремих форм* у межах визначеного *мезорельєфу* можна представити поєднанням *мікроформ* та *наноформ*.

Основними лінійними показниками, що характеризують умови формування рельєфу місцевості, виступають ухил поверхні землі (i) та перепади поверхні землі: загальний (ΔH_{gi}), за ухилом (ΔH_i) та у локальних підвищеннях або пониженнях ($\pm \Delta h_g$).

На підставі узагальнення, аналізу та систематизації рельєфних умов 32 проєктів реальних об'єктів, розташованих в зоні достатнього та нестійкого зволоження України, виділено і пропонується розглядати основні чотири схеми їх формування за ухилами та перепадами поверхні землі (рис. 1):

- а) $i = 0$, $\Delta H_i = 0$, $\Delta h_g = 0$ – відсутність ухилів та перепадів поверхні землі (базові умови);
- б) $i = 0$, $\Delta H_i = 0$, $\Delta h_g \neq 0$ – відсутність ухилів та наявність локальних перепадів поверхні землі (локальні пониження або підвищення);

щення);

- в) $i \neq 0$, $\Delta H_i \neq 0$, $\Delta h_g = 0$ – наявність ухилів та перепадів за ухилами, відсутність локальних перепадів поверхні землі;
- г) $i \neq 0$, $\Delta H_i \neq 0$, $\Delta h_g \neq 0$ – наявність ухилів, перепадів за ухилами та локальних перепадів поверхні землі.

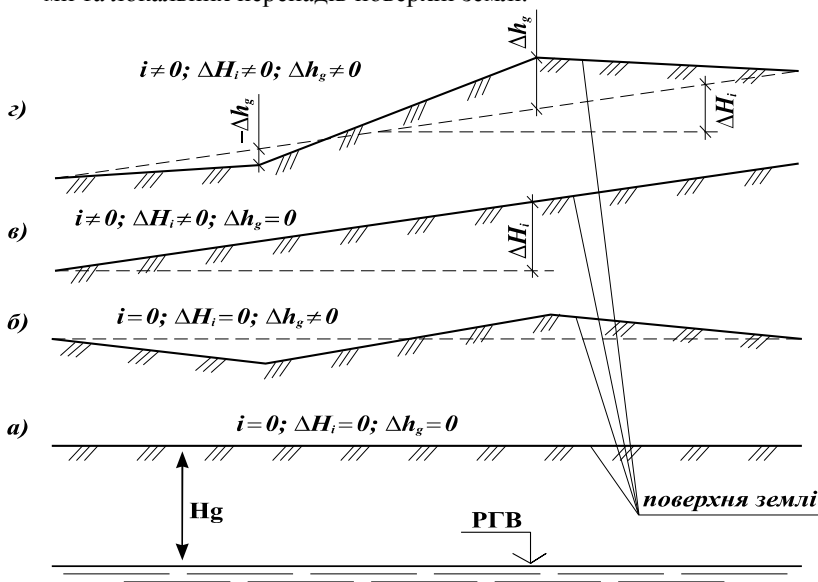


Рис. 1. Основні розрахункові схеми зміни рельєфу осушуваних земель

На стадії проектування потрібно виконувати оцінку нерівномірності рельєфу осушуваних масивів, яка, в свою чергу, впливає на формування нерівномірності водного режиму осушуваних земель. На основі особливостей формування водного режиму слід диференційовано визначати площі осушуваного масиву, на яких меліоративна система буде працювати в режимі осушення, попереджувального шлюзування чи підgruntового зволоження й відповідно формувати різний водний режим.

Формування необхідного водного режиму на проєктованій чи реконструйованій осушувальній системі потребує реалізації комплексу природно-техногенних умов. За аналогією з [3] їх можна представити системою виду

$$\begin{aligned} \text{рельєф } (\Delta H_{gi}, i) &\Leftrightarrow \text{водний режим (режим вологості, } WPh); \\ \text{режим РГВ, } Hg) &\Leftrightarrow \text{врожай } (Y), \end{aligned} \quad (1)$$

в якій діють чинники:

ΔH_{gi} – перепад рівнів поверхні землі;

i – ухил поверхні;

WPh – продуктивні вологозапаси розрахункового кореневмісного шару ґрунту;

Hg – глибина рівня ґрунтових вод;

Y – продуктивність осушуваних земель.

У розвиток досліджень, започаткованих в Україні для зони надмірного та нестійкого зволоження, кафедрою гідромеліорацій НУВГП під керівництвом професора Рокочинського А.М. [3] були розроблені наукові принципи, методи і моделі оптимізації технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель при будівництві, реконструкції та експлуатації меліоративних об'єктів, які ефективно працюють при малих ухилах рельєфу місцевості до 0,001.

Тому в розвиток існуючих підходів для реалізації моделі оптимізації типу та конструкції гідромеліоративної системи на осушуваних землях з розвиненим рельєфом місцевості необхідно розробити відповідну модель, яка буде враховувати такі особливості і матиме певні відмінності від вже існуючих методик.

Таким чином, на відміну від базової моделі водного режиму [3] модель прогнозу оцінки на довготерміновій основі водного режиму меліорованого поля на осушуваних землях з урахуванням рельєфу місцевості ґрунтується на реалізації системи рівнянь: «простого» рівняння водного балансу розрахункового шару ґрунту (РШГ) $h = 0,5 \text{ м}$ з урахуванням поверхневого стоку при появі ухилу поверхні та рівняння балансу рівня ґрунтових вод.

Порівняльні розрахункові схеми водного балансу РШГ для рівнинного рельєфу ($i \square 0$) та похилого рельєфу місцевості ($i \neq 0$) наведені на рис. 2.

а) $i \approx 0$

б) $i \neq 0$

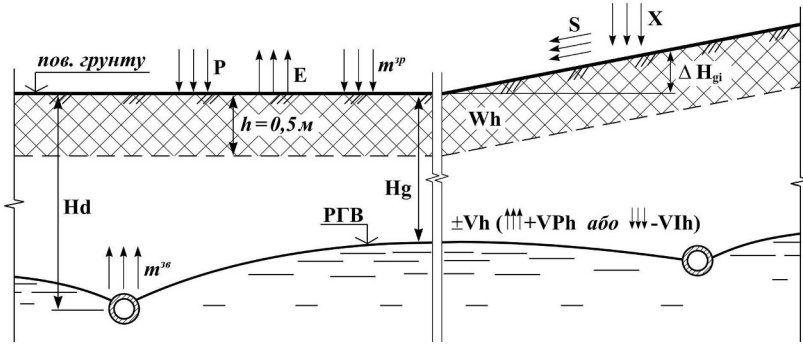


Рис. 2. Розрахункові схеми моделі водного режиму осушуваних земель в умовах рівнинного рельєфу (а) та з урахуванням розвинутого рельєфу (б)

Для прийнятої структури розрахунків і заданого кроку дискретизації τ , $\tau = l, n_\tau$ (пентада, тиждень, декада – відповідно до реалізації моделі метеорологічних режимів) означена модель має такий загальний вигляд

$$\begin{cases} Wh_\tau = Wh_{\tau-l} + P_\tau - E_\tau \pm Vh_\tau + m_\tau, & \tau = l, n_\tau, \quad \frac{M^3}{2a}; \\ Hg_\tau = Hg_{\tau-l} \pm \Delta Hg, & \tau = l, n_\tau, \quad M, \end{cases} \quad (2)$$

де

$$Hg_\tau = f(Hd, \pm \Delta Hg_\tau), \quad (3)$$

$$\pm \Delta Hg_\tau = f(\pm Vh_\tau), \quad (4)$$

$$\pm Vh_\tau = f(\bar{H}g_{gsp}, \pm \Delta H_{gi}, EV_\tau, P_\tau), \quad (5)$$

де Wh_τ , $Wh_{\tau-l}$ – відповідні запаси продуктивної вологи РШГ на кінець розрахункових поточного τ і попереднього $(\tau - l)$ інтервалів часу при заданому початковому значенні Wh_0 ;

P_τ – ефективні опади за час τ ;

E_τ – відповідна величина сумарного випаровування;

Vh_τ – величина вологообміну РШГ h з нижчерозташованими шарами й РГВ у вигляді живлення (+) VWh_τ або інфільтрації ($-Vh_\tau$);

m_τ – поливна норма при відповідному способі зволоження;

$Hg_\tau, Hg_{\tau-1}$ – глибина залягання ґрунтових вод на кінець розрахункових поточного τ і попереднього $(\tau - 1)$ інтервалів часу;

Hd – глибина закладання дрен;

ΔHg_τ – зміна рівня ґрунтових вод;

$\bar{H}g_{gsp}$ – нормована середньовеgetаційна глибина РГВ залежно від виду ґрунту, способу водорегулювання і вологозабезпеченості розрахункового вегетаційного періоду p ;

ΔH_{gi} – загальний перепад поверхні землі;

EV_τ – потенційна величина сумарного випаровування.

Модель (2), як і базова модель для безпохилого рельєфу [4], описує квазістаціонарний процес, коли всі зміни досліджуваного складного явища відбуваються миттєво наприкінці розрахункового терміну часу τ . Вона, в принципі, дає змогу виконувати водобалансові розрахунки при моделюванні в динаміці зміни водного режиму і визначальних його складових на меліорованому полі в межах меліоративної системи для можливих змінних множинних умов за сукупностями: метеостанцій і постів $\{\omega\}$, $\omega = \overline{I, n_\omega}$; розрахункових щодо вологозабезпеченості періодів вегетації $\{p\}$, $p = \overline{I, n_p}$; видів розповсюджених осушуваних ґрунтів $\{g\}$, $g = \overline{I, n_g}$; проектних видів вирощуваних культур $\{k\}$, $k = \overline{I, n_k}$; можливих способів водорегулювання осушуваних земель $\{s\}$, $s = \overline{I, n_s}$ тощо.

При цьому природно-меліоративні умови мають розглядатись як усередненні за рахунок типізації та схематизації метеорологічних режимів, а також можливих способів водорегулювання осушуваних земель.

Як було сказано вище, при наявності ухилу поверхні землі може виникати поверхневий стік, який корегує величину опадів. Тому враховуючи, що модель водного режиму (2) у вигляді системи рівнянь за аналогією з базовою моделлю описує квазістаціонарний процес, то величина ефективних опадів може бути визначена за виразом

$$P_\tau = X_\tau - S_\tau, \quad (6)$$

де X_τ – величина опадів за час τ ;

Тоді за аналогією з А.М. Янголем [2] поверхневий стік за час τ визначається за формулою

$$S_\tau = X'_\tau \cdot k_s, \quad (7)$$

де X' – частина опадів X_τ за час τ , яка перевищує акумулюючу здатність РШГ і може утворити поверхневий стік S_τ та призвести до виникнення інфільтрації Ih_τ

$$X'_\tau = X_\tau - P'_\tau, \quad (8)$$

де P' – кількість опадів, яка може бути використана для підвищення вологозапасів ґрунту до рівня WPh^0

$$P'_\tau = WPh^0 - WPh_{\tau-1}, \quad (9)$$

де WPh^0 – запас продуктивної вологи, що відповідає граничній польовій (найменшій) вологоємкості РШГ.

k_s – коефіцієнт поверхневого стоку [10]

$$k_s = \left(1 - 0,07 \cdot \frac{k_\phi}{k_{\phi_0}} \right) \cdot i^{0,17 \left(1 + \frac{k_\phi}{k_{\phi_0}} \right)}, \quad (10)$$

де k_{ϕ_0} – оптимальний коефіцієнт фільтрації ґрунту за умовами водорегулювання, $k_{\phi_0} = 1 \text{ м/добу}$.

Що стосується моделі балансу ґрунтових вод, то зміна РГВ у межах розрахункового інтервалу часу стосовно $Hg_{\tau-1}$ визначається ефективною складовою вологообміну РШГ за аналогічний період $\pm Vh_\tau$ за моделлю (2).

При цьому мають місце такі два основні випадки:

- 1) у разі виникнення інфільтрації (Ih_τ) при перевищенні кількості опадів (X_τ) акумулюючої здатності РШГ, тобто $X_\tau > WPh^0$, відбувається підвищення РГВ на величину

$$+ \Delta Hg = 0,0001 \cdot Ih \cdot \mu^{-1}, \text{ м}, \quad (11)$$

де μ – коефіцієнт водонасичення ґрунту;

- 2) у разі спрацювання запасів ґрунтових вод за рахунок підживлення РШГ у посушливі періоди вегетації величиною VPh_t відбувається зниження РГВ на величину

$$-\Delta Hg = 0,0001 \cdot VPh \cdot \delta^{-1}, \text{ м}, \quad (12)$$

де δ – коефіцієнт водовіддачі ґрунту.

Коефіцієнти водонасичення (μ) та водовіддачі (δ) ґрунту визначаються дослідним шляхом за результатами інженерних вишукувань або приймаються за відповідними рекомендаціями.

Тоді глибина залягання РГВ у межах осушуваного масиву з урахуванням зміни відповідних форм рельєфу місцевості у загальному випадку $\bar{H}g'_{gsp}$ може бути представлена:

$$\bar{H}g'_{gsp} = \bar{H}g_{gsp} \pm \Delta H_{gi}, \text{ м}, \quad (13)$$

$$\pm \Delta H_{gi} = \Delta H_i \pm \Delta h_g, \text{ м}, \quad (14)$$

$$\Delta H_i = i \cdot L, \text{ м}, \quad (15)$$

де $\bar{H}g_{gsp}$ – нормована середньовегетаційна глибина РГВ залежно від виду ґрунту, способу водорегулювання і вологозабезпеченості розрахункового періоду вегетації p ;

ΔH_i – перепад поверхні землі за ухилом i ;

$\pm \Delta h_g$ – локальні перепади поверхні землі (підвищення або пониження);

L – довжина типової ділянки ґрунту.

Враховуючи ієрархічний підхід до побудови і реалізації моделі оптимізації з обґрунтування конструктивних рішень щодо типів, конструкцій та параметрів гідромеліоративної системи, ухили та перепади поверхні землі слід визначати в межах меліорованого поля, прив'язаного до регулюючої мережі та ґрунтів для змінних вирощуваних культур проектної сівозміни і варіантів проектних рішень за способами водорегулювання.

Практична реалізація моделі водного режиму і технологій водорегулювання осушуваних земель з розвиненим рельєфом спирається на використання попередньо отриманих результатів за відповідними моделям прогнозу метеорологічних умов місцевості (типовий розподіл метеофакторів) [5], а також розвитку та продуктивності вирощуваних сільськогосподарських культур (фази їх розвитку в онтогенезі і уро-

жай) [6]. Вихідними даними є виконана схематизація і параметризація видів водорегулювання осушуваних земель в різних природно-меліоративних умовах. А сама модель розглядається і реалізується в кілька етапів аналогічно базовій моделі (визначення як потенційно можливих, так і ефективних значень складових водного режиму і водного балансу).

Таким чином, у порівнянні з базовою моделлю, модель прогнозу водного режиму з урахуванням розвинутого рельєфу осушуваних земель дає можливість розраховувати баланс продуктивних запасів вологи та інших складових водного режиму з урахуванням виникнення поверхневого стоку і баланс ґрунтових вод при різних технологіях водорегулювання, а також отримати порівняльну характеристику їх ефективності з економічної (продуктивність вирощуваних культур) та екологічної (за сукупністю екологічних показників водного режиму) складових.

1. Коптюк Р. М. Обґрунтування необхідності та сучасні підходи до оптимізації конструкцій осушувальних систем з урахуванням рельєфу місцевості / Коптюк Р. М., Рокочинський А. М. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – Вип. 1 (41). – С. 476–483. **2.** Янголь А. М. Двустороннее регулирование влажности при осушении / А. М. Янголь. – М. : Колос, 1970. – 135 с. **3.** Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / А. М. Рокочинський ; за редакцією академіка УААН Ромашенка М. І. – Рівне : НУВГП, 2010. – 351 с. **4.** Тимчасові рекомендації з прогновної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова, Р. М. Коптюк та ін. – Рівне, 2011. – 54 с. **5.** Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, В. М. Бежук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с. **6.** Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). – Київ-Рівне : НУВГП, 2006. – 50 с. **7.** Коптюк Р. М. Врахування рельєфу місцевості в прогнозно-оптимізаційних розрахунках проектів нового будівництва й реконструкції осушувальних систем / Коптюк Р. М., Рокочинський А. М. // Вісник національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2011. – Вип. 1 (55). – С. 9–14. **8.** ДБН. В.2.4-1-99 Меліоративні системи та споруди. – К., 1999. – 174 с. **9.** Коптюк Р. М. Вплив нерівномірності рельєфу на будівництво та реконструкцію осушувальних систем / Коптюк Р. М., Будз М. Д., Рокочинський А. М. //

Меліорація і водне господарство : міжвідом. темат. наук. зб. – К. : Аграрна наука, 2011. – Вип. 99. – С. 98–102. **10.** Рокочинский А. Н. Учет поверхностного стока при оценке эффективности водорегулирования осушаемых земель с развитым рельефом / Рокочинский А. Н., Коптюк Р. Н. // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России : сб. материалов Международной науч.-практ. конф. – Ч. 1. – М. : ФГОУ ВПО МГУП, 2009. – С. 500–505.

Рецензент: д.т.н., професор Рокочинський А. М. (НУВГП)

Koptiuk R. M., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

FORECAST MODEL OF DRAINED LAND WATER REGIME THAT TAKES INTO ACCOUNT THE CONSIDERABLE RELIEF

Methodological approaches to account the development of the relief in the calculation of drained land water balance in the projects of construction and reconstruction of water management and reclamation facilities were discussed.

Keywords: model, drained lands, water regime, forecast, considerable relief.

Коптюк Р. Н., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ВОДНОГО РЕЖИМА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ С УЧЕТОМ РАЗВИТОСТИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Рассмотрены методические подходы учета развитого рельефа в водобалансовых расчетах осушаемых земель в проектах строительства и реконструкции водохозяйственно-мелиоративных объектов.

Ключевые слова: модель, прогноз, водный режим, осушаемые земли, развитость рельефа.
