

УДК 626.86

Паллу Л.М., аспірант, Савчук Т.В., інженер, Рокочинський А.М., д.т.н.,
професор (Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗВОЛОЖЕННЯ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЗА ДОВГОТЕРМІНОВИМ ПРОГНОЗОМ У ПРОЕКТАХ БУДІВНИЦТВА Й РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ

Розглянуті головні режимно-технологічні параметри зволоження осушуваних земель за довготерміновим прогнозом.

Ключові слова: параметри зволоження, осушувані землі, довготерміновий прогноз.

Main technological parameters of regime-wetting model water regime drained lands are considered.

Key words: moistening parameters, drained land areas, long-term forecast.

Рассмотрены основные режимно-технологические параметры увлажнения осушаемых земель на основе долгосрочного прогноза.

Ключевые слова: параметры увлажнения, осушаемые земли, долгосрочный прогноз.

Розвитку меліорації в Україні взагалі, і в зоні осушення зокрема, притаманні всі загальні об'єктивно зумовлені як позитивні, так і негативні тенденції. По-перше, це стосується того, що широкомасштабний розвиток меліорацій потребує значного капіталовкладення, але отриманий економічний ефект при цьому складає в кращому випадку 60...70 % від проектного [1].

Недосягнення проектної ефективності меліорацій відбувається через нестачу наших знань про результати взаємодії меліоративної діяльності людини з природними процесами та їх урахуванні при проектуванні меліоративних об'єктів. Унаслідок цього на меліорованих землях і прилеглих до них територіях розвиваються процеси з негативними явищами, які різко знижують ефективність меліорацій. Вирішення даної проблеми можливе шляхом переходу на *оптимізаційні методи* проектування та розрахунку меліоративних об'єктів у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем [2, 3, 5].

Для обґрунтування вибору можливих способів регулювання водного режиму та відповідних до них типів й конструкцій гідромеліоративних систем

(ГМС) на осушуваних землях виконуються прогнозні водобалансові розрахунки на основі моделі водного режиму та технологій водорегулювання, які дають змогу визначити ефективність застосування прийнятих до розгляду технологій водорегулювання, необхідні поливні та зволожувальні норми [4, 5].

Модель водного режиму і технологій водорегулювання входить необхідною складовою до комплексу прогнозно-оптимізаційних моделей, і відіграє надзвичайно важливу роль, оскільки сполучає в собі параметри режимів і параметри технологій [5, 6].

Згідно [2, 6] модель прогнозної оцінки на довготерміновій основі водного режиму меліорованого поля на осушуваних землях ґрунтується на реалізації «простого» рівняння водного балансу найбільш активного кореневмісного шару ґрунту $h=0,5\text{м}$ (тобто $h_{\tau}=\text{const}$) для схематизованих природно-меліоративних умов.

Загальновізвано, що кліматичні або метеорологічні (погодні) умови мають визначальний вплив на формування водного і загального природно-меліоративного режимів осушуваних земель, технологічні та технічні рішення з їхнього водорегулювання.

Для прийнятої структури розрахунків і заданого кроку дискретизації τ , $\tau = 1, n_{\tau}$ (пентада, тиждень, декада – відповідно до реалізації моделі метеорологічних режимів) означена модель має такий загальний вигляд:

$$Wh_{\tau} = Wh_{\tau-1} + P_{\tau} - E_{\tau} \pm Vh_{\tau} + m_{\tau}, \quad \tau = 1, n_{\tau}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

де Wh_{τ} , $Wh_{\tau-1}$ – відповідні запаси продуктивної вологи розрахункового шару ґрунту (РШГ) на кінець розрахункових поточного τ і попереднього $(\tau - 1)$ інтервалів часу при заданому початковому значенні Wh_0 ;

P_{τ} – величина опадів за час τ ;

E_{τ} – відповідна величина сумарного випаровування;

Vh_{τ} – величина вологообміну РШГ h з нижчерозташованими шарами й РГВ у вигляді живлення (+) VVh_{τ} або інфільтрації (–) VIh_{τ} ;

m_{τ} – поливна норма при відповідному способі зволоження.

Модель водного режиму у вигляді рівняння (1) описує квазістаціонарний процес, коли всі зміни досліджуваного складного явища відбуваються миттєво наприкінці розрахункового терміну часу τ . У моделі (1) одними з головних складових є поливні і зрошувальні норми, визначення яких на сьогодні не відповідає сучасним вимогам.

Виходячи з визначених і загальноприйнятих принципів взаємозв'язку і взаємозалежності між практично усіма складовими рівняння (1), нами розглянуто якісно інший підхід до реалізації моделі.

Принципова відмінність такого підходу полягає у тому, що пропонується в рамках балансового рівняння (1) виконувати непросте підсумовування жорстко заданих, потенційно можливих (кліматично забезпечених) значень його складових, а, виходячи з визначених закономірностей, розраховувати процес формування водного режиму на основі взаємозв'язку і взаємозумовленості

його елементів на границях і в ув'язці з процесом перерозподілу вологи всередині активного шару ґрунту стосовно його вологовмісту та акумулюючої здатності.

Такий підхід дає змогу визначити дійсно можливі (ефективні) значення величин сумарного випаровування EP_{τ} , вологообміну активного шару ґрунту у вигляді живлення VPh_{τ} або інфільтрації Vlh_{τ} , витрати води m_{τ} при необхідності зволоження осушуваних земель відповідним способом і, зрештою, величини ефективних вологозапасів ґрунту \overline{WPh}_{τ} у межах розрахункового інтервалу часу τ – \overline{WPh}_{τ} .

Раніше розв'язок рівняння (1) зводився переважно до визначення безвідносної величини поливної m_{τ} або зволожувальної норми M_p для зволоження ґрунтів у посушливі періоди вегетації через дефіцит водного балансу, коли показник продуктивних вологозапасів активного шару ґрунту на кінець розрахункового інтервалу часу τ приймав від'ємні значення, тобто $Wh_{\tau} < 0$. Наявність дефіциту вологи й визначало необхідність зволоження меліорованих земель й показник зволожувальної води для цього (поливні та зволожувальні норми).

Для виконання оцінки та прогнозу умов формування водного режиму осушуваних земель під дією зовнішніх факторів впливу як складного об'єкта дослідження і управління були проведені теоретичні і експериментальні дослідження з використанням фондових матеріалів ряду метеостанцій базової мережі Держкомгідромету в зоні Полісся і Лісостепу України. Порівняльна характеристика основних елементів техніки поливу та складових режиму зволоження за відповідними способами в посушливі періоди вегетації подана в таблиці.

Полівні норми при реалізації зволожувальних заходів на меліорованих землях взагалі як в зоні зрошення, так і в зоні осушення виступають як складна характеристика, що визначається і залежить від значної кількості факторів: природно-кліматичних, агротехнічних, ґрунтово-меліоративних умов місцевості, техніки зволоження тощо.

При застосуванні зрошення дощуванням на осушуваних землях величина поливної норми нетто залежить від величини РШГ, наявних метеорологічних умов, гранулометричного складу ґрунту, виду і фази розвитку вирощуваної культури, типу використовуваної дощувальної техніки і складає $m_{\tau}^{3p} = 200 \dots 400 \text{ м}^3/\text{га}$. (див. таблицю).

Величину поливної норми нетто сьогодні доцільно визначати більш гнучким розрахунковим шляхом із загального балансового рівняння (1)

$$m_{\tau}^{3p} = WPh_g^0 - Wh_{\tau} = WPh_g^0 - (WPh_{\tau-1} + P_{\tau} - EV_{\tau} + VVh_{\tau}), \text{ м}^3/\text{га}. \quad (2)$$

Вона повинна відповідати вимозі

Таблиця

Узагальнені параметри зволоження осушуваних земель при різних технологіях водорегулювання

№ з/п	Спосіб зволоження	Вид ґрунту	Поливні норми нето, м ³ /га	Тривалість поливу, доба	Кількість поливів	Інтенсивність подачі води, л/с·га	Зрошувальні норми брутто, м ³ /га	Потрібний напір в регулюючій мережі, м	К.к.д. способу
1.	Зволожувальне шлюзування тривалим підпором рівнів води	<u>мін.</u> торф.	<u>200...900</u> <u>00...800</u>	7...20	1...3	0,2...0,6	<u>800...2400</u> <u>600...1800</u>	0,5...0,2	0,6...0,8
2.	Зволожувальне шлюзування шляхом циклічної зміни РГВ	<u>мін.</u> торф.	<u>400...800</u> –	12...17	2...4	0,7...1,2	<u>1200...2800</u> –	1,0...0,8	0,5...0,7
3.	Зрошення дощуванням на фоні осушення	<u>мін.</u> торф.	<u>300...350</u> <u>350...400</u>	3...5	2...5	0,8...1,0	<u>650...1800</u> <u>650...1600</u>	–	0,8...0,9
4.	Зрошення дощуванням на фоні попереджувального шлюзування	<u>мін.</u> торф.	<u>250...300</u> <u>300...350</u>	3...5	1...4	0,7...1,0	<u>300...1200</u> <u>350...1400</u>	–	0,8...0,9

$$m_{\min}^{3p} \leq \tilde{m}_{\tau}^{3p} \leq m_{\max}^{3p}, \quad (3)$$

де m_{\min}^{3p} , m_{\max}^{3p} – відповідно мінімально й максимально можливі величини поливної норми для заданої дощувальної техніки з урахуванням ґрунтових і рельєфних умов меліорованого поля;

\tilde{m}_{τ}^{3p} – поливна норма брутто при зрошенні дощуванням

$$\tilde{m}_{\tau}^{3p} = m_{\tau}^{3p} \cdot \eta^{3p}, \quad (4)$$

де η^{3p} – к.к.д. зрошення осушуваних земель.

Коли $\tilde{m}_{\tau}^{3p} \leq m_{\min}^{3p}$, то в подальших розрахунках приймаємо $m_{\tau}^{3p} = 0$.

Якщо ж $\tilde{m}_{\tau}^{3p} > m_{\max}^{3p}$, тоді призначаються декілька поливів n_{τ}^m впродовж розрахункового терміну часу за умовою

$$n_{\tau}^m = \frac{2 \tilde{m}_{\tau}^{3p}}{m_{\min}^{3p} + m_{\max}^{3p}}, \quad (5)$$

де розрахована кількість поливів заокруглюється до цілих значень.

Визначена за формулами (2)-(5) необхідна й технічно можлива остаточна величина поливної норми при зрошенні дощуванням може розглядатись і як ефективна величина, оскільки не має ніяких інших обмежень для її реалізації.

При застосуванні зволоження осушуваних земель, величина поливної норми нетто залежить від величини РШГ, наявних метеорологічних умов, гранулометричного складу ґрунту, виду і фази розвитку вирощуваної культури і складає $m_{\tau}^{36} = 200 \dots 900 \text{ м}^3/\text{га}$ (див. таблицю).

Що ж стосується визначення поливної норми при підґрунтовому зволоженні шляхом шлюзування m_{τ}^{36} , то загальноприйнятий підхід за виразом (2) не можна вважати ефективним, оскільки при цьому дефіцит вологозапасів РШГ покривається за рахунок його живлення з нижче розташованих шарів та рівня ґрунтових вод (РГВ), величина якого, як показує практика, обмежується водно-фізичними властивостями ґрунту і РГВ.

При цьому вона включає в себе декілька складових

$$m_{\tau}^{36} = m(\Delta Hg)_{\tau} + m(\Delta Wh)_{\tau}, \quad \text{м}^3/\text{га}, \quad (6)$$

де $m(\Delta Hg)_\tau$ – кількість води, що потрібна для підйому РГВ при реалізації підґрунтового зволоження з глибини $Hg_{\tau-1}$ до Hg_τ , м³/га;

$m(\Delta Wh)_\tau$ – кількість води, що надходить до РШГ за рахунок підйому і підтримання більш високого відповідного РГВ, м³/га.

При цьому необхідно враховувати, що режим вологозапасів ґрунту і РГВ періоду вегетації визначаються, як правило, вологообміном на поверхні ґрунту і в зоні аерації, тобто інфільтрацією опадів на поповнення запасів ґрунтових вод та висхідним потоком вологи у вище розташовані шари ґрунту і в зону випаровування від РГВ. Це дає підставу для розгляду можливості відмовитись від обов'язкового моделювання динаміки зміни РГВ впродовж періоду вегетації для переважно розповсюджених об'єктів осушення з атмосферно-ґрунтовым типом водного живлення та малим ухилом (до 0,002) при виконанні прогностичних режимних розрахунків на довготерміновій основі, оскільки в такому разі режим РГВ можна розглядати як фон у вигляді нормованого значення середньої за період вегетації її величини залежно від способу водорегулювання та вологозабезпеченості розрахункового періоду вегетації.

Виходячи з прийнятої структури реалізації прогностичних режимних розрахунків на довготерміновій основі і виконаної для цього схематизації способів водорегулювання осушуваних земель за різних природно-меліоративних умов, ефективна кількість води нетто m_τ^{36} , що необхідна для проведення підґрунтового зволоження за рахунок підйому і підтримання відповідного РГВ за розрахунковий термін часу, може бути визначена як різниця між ефективною величиною живлення РШГ VPh_τ^{36} за даним способом регулювання і можливою величиною живлення, яка отримана для випадку роботи регулюючої мережі на меліорованому полі в режимі попереджувального шлюзування VVh_τ^{nu} або в режимі осушення VVh_τ^{OC} (залежно від того, який з цих способів застосовувався у попередню $\tau - 1$ декаду), тобто

$$m_\tau^{36} = VPh_\tau^{36} - VVh_\tau^{nu} \left(\text{або } VVh_\tau^{OC} \right), \quad \text{м}^3/\text{га}, \quad (7)$$

де величини VPh_τ^{36} , VVh_τ^{nu} , VVh_τ^{OC} визначаються за відповідними методиками.

Загальна кількість поливної води при підґрунтовому зволоженні (поливна норма бруто) дорівнює

$$\tilde{m}_\tau^{36} = m_\tau^{36} \cdot \eta^{36}, \quad \text{м}^3/\text{га}, \quad (8)$$

де η^{36} – к.к.д. підґрунтового зволоження, що залежить від ґрунтових і ре-

льєфних умов меліорованого поля.

Вона також має відповідати вимозі

$$0 < \tilde{m}_{\tau}^{36} \leq m_{\max}^{36}, \quad (9)$$

де m_{\max}^{36} – максимальна величина поливної норми при підґрунтовому зволоженні, зумовлена рельєфом, ґрунтовими умовами, конструкцією і пропускною здатністю регулюючої мережі осушувально-зволожувальної системи та її водозабезпеченістю.

При цьому, якщо отримане значення $\tilde{m}_{\tau}^{36} > m_{\max}^{36}$, то в подальших розрахунках приймаємо $\tilde{m}_{\tau}^{36} = m_{\max}^{36}$.

Коли ж мова йде про визначення поливних норм при підґрунтовому зволоженні, то важливим є питання визначення потенційно можливого і ефективного значення вологообміну активного шару ґрунту з розташованими нижче шарами і РГВ.

Виходячи з прийнятої структури прогнозного розрахунку за моделлю водного режиму [4, 6], нами апробована і пропонується для використання така залежність на основі формули С.І. Харченка [7] для визначення потенційної величини живлення РШГ з нижче розташованих шарів і УГВ VVh з урахуванням змінних природно-агро-меліоративних умов за відповідними показниками індексів

$$VVh = EV \cdot e^{-m_{hg} \bar{H}g}, \quad \text{мм}, \quad (10)$$

де EV – потенційне (кліматично забезпечене) сумарне водоспоживання, мм;

e – основа натурального логарифма;

m_{hg} – коефіцієнт, що враховує вплив певних ґрунтових умов g та змінного в онтогенезі k -й культури кореневмісного шару ґрунту h ;

$\bar{H}g$ – нормована середньовегетаційна глибина РГВ, м.

Розрахунки виконуються в межах меліоративної системи для можливих змінних множинних умов за сукупностями: розрахункових із вологозабезпеченості періодів вегетації $\{p\}$, $p = \overline{1, n_p}$; видів розповсюджених осушуваних ґрунтів $\{g\}$, $g = \overline{1, n_g}$; проектних видів вирощуваних культур $\{k\}$, $k = \overline{1, n_k}$; можливих способів водорегулювання осушуваних земель $\{s\}$, $s = \overline{1, n_s}$ тощо.

Таким чином, модель (6) може бути представлена у вигляді:

$$VWh = a^V \cdot EV, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (11)$$

де

$$a^V = e^{-m_{hg} \bar{H}g}. \quad (12)$$

Значення показника a^V можуть бути легко визначенні за рекомендованими нормованими значеннями m_{hg} та $\bar{H}g$ для різних видів осушуваних земель g за різними природно-меліоративними умовами при виконанні водобалансових розрахунків за довготерміновим прогнозом і коливаються від 0,03 до 0,49.

Таким чином, розглянуті методи і моделі дають змогу досить простим та ефективним способом визначати відповідно потенційно можливу й ефективну величини вологообміну активного кореневмісного шару ґрунту з нижче розташованими шарами й РГВ при реалізації моделі водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем. А також, дають змогу визначати як потенційно можливі, зумовлені метеорологічними й агротехнічними умовами, так і ефективні величини поливних норм.

1. Шумаков Б.Б. Меліорация в XXI веке // Меліорация и водное хозяйство. – 1996. – №3. – С. 4-6. 2. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія/ за редакцією академіка УААН Ромащенко М.І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с. 3. Нестерук Л.М., Фроленкова Н.А., Рокочинський А.М. Обґрунтування необхідності та сучасні підходи до оптимізації проектних рішень при будівництві й реконструкції осушувальних систем // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне, 2007. – Вип. 3 (39). – Ч.1. – С. 334-341. 4. Нестерук Л.М., Коптюк Р.М., Рокочинський А.М. Вихідні передумови та сучасні підходи до побудови ефективної моделі водного режиму і технологій водорегулювання осушуваних земель // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Рівне, 2007. – Вип. 4 (40). – Ч.1. – С. 319-329. 5. Тимчасові рекомендації з оптимізації водо регулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / за редакцією Рокочинського А.М. – Рівне: НУВГП, 2010. – 51 с. 6. Тимчасові рекомендації з прогновної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / за редакцією Рокочинського А.М. – Рівне: НУВГП, 2011. – 54 с. 7. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 371 с

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