

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МЕЛІОРАЦІЇ

УДК 631.432:62

Волк П.П., аспірант, Рокочинський А.М., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ МОДУЛЯ ДРЕНАЖНОГО СТОКУ В ОПТИМІЗАЦІЙНИХ РОЗРАХУНКАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ДРЕНАЖУ НА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗАСАДАХ

Розглянуто удосконалений підхід до обґрунтування розрахункового модуля дренажного стоку при оптимізації конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях.

Ключові слова: модуль дренажного стоку, дренаж, осушувальна система.

Рассмотрен усовершенствованный подход к обоснованию расчетного модуля дренажного стока при оптимизации конструкции и параметров сельскохозяйственного дренажа на осушаемых землях.

Ключевые слова: модуль дренажного стока, дренаж, осушительная система.

Considered an advanced approach to validate the calculated values of the modulus drainage, taking into account current environmental and economic demands in the spring and growing season.

Keywords: module of drainage flow, drainage, drainage system.

Як переконливо свідчить світовий та вітчизняний досвід, гідромеліорації були і залишаються одним з найголовніших факторів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, запорукою сталого розвитку і розбудови країни на сучасному етапі.

Але разом з необхідністю підвищення економічної ефективності сьогодні надзвичайно гостро стоїть проблема обґрунтованості меліоративних заходів за екологічними вимогами. Розв'язання такої складної міждисциплінарної проблеми можливе тільки завдяки здійсненню на практиці прийнятої сучасної концепції розвитку меліорацій взагалі, яка ґрунтується на оптимізації меліоративних режимів сільськогосподарських угідь. Це, в свою чергу, можливе шляхом оптимізації конструкції та параметрів гідромеліоративних систем (ГМС) в цілому, зокрема сільськогосподарського дренажу, як її визначальної складової на осушуваних землях, за множинними змінними природо-агро-меліоративними умовами реального об'єкта з дотриманням сучасних екологічних та економічних вимог [1].

Для вирішення такого складного й розгалуженого, багатопараметричного й багатофункціонального завдання в розвиток наявних підходів [2] нами розроблено комплексну модель оптимізації [3], яка ґрунтується на створенні

ієрархічно зв'язаних конструктивно-технологічного, прогнозно-імітаційного та оптимізаційного блоку субмоделей з обґрунтування оптимальних конструкцій та параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях з урахуванням їх впливу на врожай вирощуваних культур та створюваний екологічний та економічний ефект [5, 6].

В основу покладено розгляд меліоративної системи як складної природо-технічної системи та застосування системного підходу і аналізу в якості методології оптимізації роботи сільськогосподарського дренажу, обґрунтування його конструкції та параметрів.

Відповідно дренаж як головний регулюючий елемент ГМС, що виконує функцію регулювання водного і загального природно-меліоративного режиму в межах системи, конструктивні параметри якого визначаються насамперед наявними множинними природо-агро-меліоративними умовами досліджуваного об'єкту, а також створюваним економічним та екологічним ефектом, за аналогією з [2] може бути представлений як система виду

$$\text{врожай сільськогосподарських культур (Y)} \Leftrightarrow \text{модуль дренажного стоку (q)} \Leftrightarrow \text{відстань між дренажами (B)}.$$

При цьому модуль дренажного стоку виступає ключовою ланкою такої підсистеми.

Традиційно конструкції та параметри сільськогосподарського дренажу визначаються за розрахунковим модулем дренажного стоку, який забезпечує необхідні умови відведення зайвої вологи активного шару ґрунту у весняний період (як основний розрахунковий) і відповідає певному рівню розрахункової забезпеченості формування гідрографа стоку.

Згідно проведених досліджень та аналізу літературних джерел при розрахунку дренажу застосовують різні методи і моделі визначення модуля дренажного стоку, за якими вони знаходяться в більшості емпіричним шляхом або приймаються за рекомендаціями без достатнього економічного та екологічного обґрунтування, що не відповідає сучасним вимогам при створенні та функціонуванні такого роду об'єктів.

Наприклад, відомо, що модуль дренажного стоку більше залежить від розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду, ніж від їх річної норми. Адже нерідко буває, що весною опадів випадає більше норми, хоча в цілому вегетаційний період посушливий. Тоді модуль дренажного стоку значно вищий за середні значення. Крім того, модуль значною мірою залежить також від вологості ґрунту в період випадання опадів, ніж від їх кількості [7].

Таким чином, принциповим недоліком існуючих методів визначення розрахункового модуля дренажного стоку є те, що ними враховуються не всі вирішальні фактори утворення дренажного стоку, а також розподіл опадів і вологість зони аерації в інші розрахункові періоди роботи дренажу, зокрема у період вегетації вирощуваних культур.

Традиційно за розрахунковий вибирають значення модуля, при якому рівень ґрунтових вод знижується з певною швидкістю.

Але проблема полягає в тому, що сьогодні ще немає надійних методів розрахунку оптимальної швидкості зниження рівня ґрунтових вод. Приймають, що він повинен бути знижений від поверхні ґрунту до посівної норми осушення, яка дорівнює 0,4...0,6 м, за розрахунковий час, обумовлений періодом з початку роботи дренажу до початку весняних польових робіт. Проте оптимальні строки посіву точно не визначені. Тому розрахунковий час роботи дренажу досить приблизний і зазвичай дорівнює 10-15 діб. Крім того, відповідно до сучасних вимог величина модуля дренажного стоку повинна бути обов'язково узгоджена з економічним та екологічним ефектом, який формується на осушуваних землях.

У зв'язку з цим, більшу перевагу має аналітичний метод визначення модуля дренажного стоку, який базується на визначенні кількості води, що відводиться за певний час з одиниці площі.

Розрахунковий модуль дренажного стоку, розміщений у діючих нормативах більшості країн Західної Європи, США, Японії та інших, визначений аналітичним методом. Вищевказаного принципу дотримуються А.М. Костяков [8], В.Г. Гейтман та Х.А. Писарьков [8], А.І. Івицький [10], С.Ф. Аверьянов [11] та ін.

У свою чергу, аналіз даного методу показує, що залежно від ґрунтово-кліматичних умов розрахунковий модуль дренажного стоку приймається у розрахунках дренажу в межах $0,4...0,9 л/с \cdot га$, зменшуючись до $0,3...0,6 л/с \cdot га$ для півдня України та зростаючи до $0,7...0,9 л/с \cdot га$ для півночі та районів з середніми річними опадами 700...800 мм і більше [12].

В зв'язку з більш інтенсивним сільськогосподарським використанням осушуваних земель та широким застосуванням агротехнічних заходів з переведення значної частини поверхневого стоку в дренажний в кінці 70-80-х років намітилась тенденція збільшення значення розрахункових модулів дренажного стоку. Аналогічно в діючих нормативах Латвії значення модуля дренажного збільшувався до $0,7...0,8 л/с \cdot га$ [13].

Для порівняння вкажемо, що розрахунковий модуль дренажного стоку в країнах західної Європи приймається в межах $0,8...4,0 л/с \cdot га$, причому більші значення $2...4 л/с \cdot га$ характерні для передгірних та гірських провінцій з річною нормою опадів більше 1000 мм [14].

За стандартом Німеччини модулі стоку для гідравлічного розрахунку діаметра колекторів і відстані між дренами, розраховані за середньорічними опадами, приймаються в межах $0,8...2,0 л/с \cdot га$. Серед європейських країн найбільші розрахункові модулі стоку приймаються в Швеції $7 л/с \cdot га$. В нормативах США розрахунковий модуль дренажного стоку залежно від типу ґрунту, сівозміни та умов притоку поверхневих вод приймається в межах $0,8...4,0 л/с \cdot га$. В Японії за основу прийняті нормативи Німеччини, перера-

ховані на середні річні опади 1000...2800 мм, тобто $2...5 \text{ л/с} \cdot \text{га}$ [15].

В теперішній час більш обґрунтованим є водно-балансовий метод визначення розрахункового модуля дренажного стоку, удосконалений В.Г. Мурановим [6]. Суть даного підходу полягає у визначенні розрахункового (оптимального) значення модуля дренажного стоку, який приймається для кожної конкретної культури з відповідним економічним обґрунтуванням в заданому від мінімального до максимального значення інтервалі $0,1...2,0 \text{ л/с} \cdot \text{га}$ з кроком зміни $0,1 \text{ л/с} \cdot \text{га}$, дотримуючись технологічних вимог (відведення води у весняний період за умовами формування гідрографу стоку відповідної розрахункової забезпеченості, для дренажу – від $2...5$ до 10% забезпеченості щодо розрахункового модуля дренажного стоку).

Такі підходи розглядалися в ситуації, коли значення розрахункового модуля дренажного стоку є головною складовою при визначенні конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу, враховуючи тільки технологічні умови його роботи, але при цьому недостатньо враховані умови формування економічного і абсолютно – екологічного ефекту.

Таким чином, у зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва (намагання отримати високі врожаї), розрахункові модулі дренажного стоку, що використовуються в теперішній час при проектуванні осушувальних систем, приблизно в 1,5 рази перевищують традиційно використовувані їх значення. Але це, в свою чергу, призводить до посилення промивного водного режиму на осушуваних землях, зниження рівня родючості ґрунтів через вимивання поживних речовин та порушення структури ґрунту і його деградації в подальшому, а тому є неприйнятним у сучасних умовах з екологічної точки зору.

Тому потрібно переходити на оптимізаційні методи, які враховують сучасні економічні та екологічні вимоги в комплексі при створенні та функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів [1, 2].

Ключ для вирішення даного питання, на нашу думку, лежить в необхідності заміни традиційного підходу через визначення одиничного значення розрахункового модуля дренажного стоку з дотриманням тільки технологічних вимог на новий підхід, який у сучасних ринкових умовах має враховувати в комплексі як технологічні, так економічні й екологічні вимоги при реалізації проектів дренажу залежно від виду, цінності, продуктивності та рентабельності вирощуваних культур через визначення відповідних множинних значень модуля дренажного стоку, за якими обґрунтовується оптимальний з них.

У зв'язку з цим, необхідно визначати розрахункові значення модуля дренажного стоку за усім спектром множинних змінних природо-агро-меліоративних умов реального об'єкту (кліматичні, гідрогеологічні, агротехнічні, технологічні, технічні, економічні та екологічні) для кожної культури $\{k\}, k = \overline{1, n_k}$, ґрунту $\{g_m\}, g_m = \overline{1, n_{g_m}}$, ґрунтово-меліоративної різниці

$\{m_g\}, m_g = \overline{1, n_{m_g}}$, у розрахунковий весняний та вегетаційний період (за розрахунковими роками: $\{p\}, p = \overline{1, n_p}$: дуже вологі ($p=10\%$), вологі ($p=30\%$), середні ($p=50\%$), сухі ($p=70\%$), дуже сухі ($p=90\%$), а також для різних рівнів ефективності роботи дренажу щодо економічного та екологічного ефекту, який при цьому досягається [2, 5].

Для спрощення представлення розрахункових значень модуля дренажного стоку за визначеною деревовидною розгалуженою структурою прогнозно-оптимізаційних розрахунків [5], коли для кожного $k, g_m, m_g = const$, доцільно позначення змінних сукупностей $\{k\}, k = \overline{1, n_k}$, $\{g_m\}, g_m = \overline{1, n_{g_m}}$, $\{m_g\}, m_g = \overline{1, n_{m_g}}$ для варіантів проектних рішень щодо конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу за відповідними множинними змінними природно-агро-меліоративними умовами упускати.

Тоді, виходячи із загальної постановки задачі, знаходження можливих розрахункових значень модулів дренажного стоку \hat{q}_{rp} на рівні кожної вирощуваної культури проектної сівозміни щодо різних рівнів ефективності роботи дренажу сукупності $\{r\}, r = \overline{1, n_r}$ в розрахункові щодо тепло- і вологабезпеченості періодів вегетації сукупності $\{p\}, p = \overline{1, n_p}$, можуть бути визначені як

$$\hat{q}_{rp} = q_r \cdot K_p^T \cdot K_p^P, r = \overline{1, n_r}, p = \overline{1, n_p}, \quad (3)$$

де q_r – відповідні значення модуля дренажного стоку щодо рівнів ефективності роботи дренажу сукупності $\{r\}, r = \overline{1, n_r}$, $л/с \cdot га$;

K_p^T – коефіцієнт, який враховує умови теплозабезпеченості періоду вегетації вирощуваної κ -тої культури у p - рік визначеної розрахункової забезпеченості сукупності $\{p\}, p = \overline{1, n_p}$ ($0 < K_p^T \leq 1$);

K_p^P – аналогічний коефіцієнт, який характеризує умови вологазабезпеченості κ -тої культури за p -й розрахунковий період сукупності, $\{p\}, p = \overline{1, n_p}$ ($0 < K_p^P \leq 1$).

Значення модуля дренажного стоку щодо різних рівнів ефективності роботи дренажу можуть бути визначені, згідно з [6], за уточненою нами залежністю, яка описує зв'язок між модулем дренажного стоку і водовіддачею ґрунту та сумою середньодобових температур повітря, накопичених від оптима-

льних строків посіву та відповідно запропонованої нами схеми такого зв'язку (рисунок).

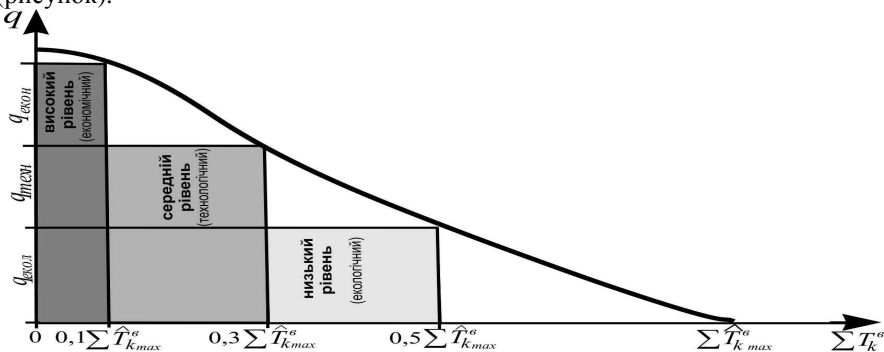


Рисунок. Схема залежності модуля дренажного стоку від суми позитивних середньодобових температур повітря k -тої культури, накопиченої після дати оптимального терміну посіву або відновлення вегетації з урахуванням їх розподілу щодо екологічного, технологічного, економічного рівня ефективності роботи дренажу

Виходячи з викладеного,

$$q_r = \left(\frac{A_z \cdot \mu^{0,5}}{\sum \hat{T}_{kr}^e + B_z} \right)^{0,5}, \quad r = \overline{1, n_r}, \quad (4)$$

де A_z і B_z – зональні емпіричні коефіцієнти, які залежать від місцезнаходження об'єкта [6];

μ – коефіцієнт водовіддачі ґрунту ;

$\sum \hat{T}_{kr}^e$ – сума позитивних середньодобових температур повітря, накопичена від дати оптимального терміну посіву або відновлення вегетації щодо рівнів ефективності роботи дренажу (див. рисунок), а також, продуктивності, рентабельності та цінності вирощуваних сільськогосподарських культур

$$\sum \hat{T}_{kr}^e = f\left(\sum \hat{T}_{kmax}^e\right), \quad (5)$$

де $\sum \hat{T}_{kmax}^e$ – максимальна сума відхилення позитивних середньодобових температур повітря, накопичена після дати оптимального терміну посіву або відновлення вегетації, °C [12].

Отже значення модуля дренажного стоку за відповідними рівнями ефективності роботи дренажу поділені нами на *низький*, що (відповідає екологічним вимогам), *середній* (відповідає технологічним вимогам) та *високий* (відповідає економічним вимогам).

Рекомендовані орієнтовані значення модулів дренажного стоку щодо економічних, технологічних та екологічних рівнів ефективності роботи дренажу для основних вирощуваних культур на осушуваних землях приведені в таблиці.

Таблиця

Рекомендовані орієнтовані значення модулів дренажного стоку щодо економічних, технологічних та екологічних рівнів ефективності роботи дренажу

Групи культур	Вид культури	Основна продукція	$\sum \hat{r}_{k_{max}}^e$	Рівні продуктивності культур ц/га			Значення модуля дренажного стоку $\hat{q}_{др}$ (л/с·га)		
				низький	середній	високий	низький (екологічний)	середній (технологічний)	високий (економічний)
Зернові та зернобобові	Зернобобові	Зерно	760	<15	16...30	>30	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Зернобобові	Зелена маса	325	<150	150...250	>170	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Ярові зернові	Зерно	520	<15	16...40	>40	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Озимі зернові	Зерно	550	<15	16...40	>40	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
Пропашні та овочеві	Льон	Волокно	400	<5	6...8	>8	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Картопля	Бульба	730	<200	200...300	>300	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Цукрові буряки	Корені	860	<200	200...400	>400	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Кормові буряки	Корені	850	<200	200...400	>400	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Столові буряки	Корені	775	<200	200...400	>400	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Морква	Корені	770	<200	200...300	>300	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Помідори	Томати	740	<150	150...250	>250	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
	Капуста пізня	Качани	655	<200	200...400	>400	0,35...0,55	0,6...0,7	0,75...0,95
Кормові та трави	Однорічні трави	Зелена маса	865	<140	140...160	>160	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Багаторічні трави	Сіно	820	<20	20...40	>40	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Кукурудза	Зерно	530	<20	20...40	>40	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Кукурудза	Зелена маса	410	<200	200...400	>400	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75
	Пасовища	Зелена маса	490	<150	150...300	>300	0,25...0,35	0,4...0,5	0,55...0,75

Таким чином, розглянутий підхід дасть змогу розглядати різні рівні ефективності роботи сільськогосподарського дренажу з урахуванням сучасних економічних та екологічних вимог, з відповідним обґрунтуванням за оптимізаційною моделлю.

- 1.** Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации) / Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. – М.: Агрометеоиздат, 1990. – 60 с.
- 2.** Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо регулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / за редакцією академіка УААН М. І. Ромашенка. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.
- 3.** Волк П. П., Мендусь С. П., Муранов В. Г., Рокочинський А. М. Удосконалення моделі оптимізації параметрів сільськогосподарського дренажу // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. – Рівне, 2007. – Вип. 3 (39). – Ч.1. – С. 215-221.
- 4.** Волк П. П., Муранов В. Г., Рокочинський А. Н. Оптимизация конструкции и параметров сельскохозяйственного дренажа с учетом метода обоснования проектной урожайности на осушаемых землях на основе долгосрочного прогноза // Сб. материалов Международной науч.-практ. конф. – Ч.1. – М. : ФГОУ ВПО МГУП, 2009. – С. 93-97.
- 5.** Волк П. П., Рокочинський А. М. Принципы построения модели оптимизации конструкций и параметров сельскохозяйственного дренажа с учетом изменчивых условий влияния на исследуемый объект // Международная научно-практическая конференция повышение эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель. – Минск, 2010. – С. 62-65.
- 6.** Лазарчук М. О., Черенков А. В., Рокочинський А. М. Оптимізація розрахунку осушувальних систем та управління ними: монографія. – Рівне НУГП, 2010. – 354 с.
- 7.** Московченко В. Ф. К вопросу осушающего действия гончарного дренажа на легких минеральных почвах Западного Полесья Украинской ССР // Мелиорация и водное хозяйство. – К.: Урожай, 1972. – Вип. 25. – С. 22-26.
- 8.** Костяков А. Н. Основы мелиорации. – М. : Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
- 9.** Гейтман В. Г., Писарьков К. А. Осушение сельскохозяйственных земель. – М. : Сельхозиздат, 1955. – 251 с.
- 10.** Ивицкий А. И. Принципы проектирования закрытого дренажа в БССР. – Минск: АН БССР, 1954. – 100 с.
- 11.** Аверьянов С. Ф. О расчете осушительного действия горизонтального дренажа в условиях напорного питания // Научные записки МИИВХ им. В. Р. Вильямса. – 1960. – Т. 22. – С. 3-13.
- 12.** Волк П. П. Урахування впливу термінів посіву та відновлення вегетації культур при оптимізації конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу // Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Еколого-збалансоване управління меліорованими ландшафтами», 22-23 квітня 2010 р., м. Херсон. – С. 58-60.
- 13.** Лихацевич А. П. Мелиорация земель Белоруссии / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМиЛ, 2001. – 308 с.
- 14.** Энгельсманн Р. Руководство по дренажу. – М. : Колос, 1978. – 256 с.
- 15.** Шрейдер В. А. Осушение земель закрытым дренажем. – М. : ВНИИТЭИСХ. 1970. – 8 с.

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