



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 626.86(255):631.674.4

© 2015

*М.В. Яцик,
Г.В. Воронай,
Т.І. Топольнік,*
кандидати
технічних
наук
Інститут
водних проблем
і меліорації НААН

РЕСУРСООЩАДНА ТЕХНОЛОГІЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ НА МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ ПОЛЬДЕРНОГО ТИПУ

Мета. Розробити ресурсоощадну технологію регулювання водного режиму ґрунтів на меліоративних системах польдерного типу. **Методи.** Аналітичні та теоретичні із застосуванням математичного моделювання, експериментальні методи досліджень на виробничих ділянках меліоративних систем. **Результати.** За реалізації ресурсоощадної технології регулювання водного режиму на виробничих ділянках польдерної системи «Іква» вологозабезпеченість багаторічних трав підвищилася на 15–20%. На модулі ділянки площею 245 га економія води – 48,7 тис. м³ на рік, спожитої електроенергії – 45,7 кВт/год на 1 га площі осушення, що становить 5,7% на рік, без зменшення середньої врожайності багаторічних трав. **Висновки.** Економію витрат води та електроенергії досягнуто завдяки впровадженню ресурсоощадних технологічних параметрів регулювання водного режиму та цілеспрямованому створенню акумулювальних ємкостей у кореновому шарі ґрунту.

Ключові слова: польдерна система, осушувані ґрунти, норма осушування, рівень ґрунтових вод, технологія регулювання водного режиму, підґрунтове зволоження, сумарне водоспоживання, кореневий шар ґрунту.

Постановка проблеми. застосування меліоративних систем польдерного типу є важливим засобом ефективного використання заплавлених земель гумідної зони України. Водночас наявні технологічні схеми регулювання водного режиму ґрунтів на цих системах не завжди є раціональними, часто призводять до непродуктивних витрат електроенергії, надмірного зносу насосно-силового обладнання. Через надлишкові об'єми відкачування води з осушуваної території

впродовж вегетаційного періоду водний режим для вирощування сільськогосподарських культур часто стає несприятливим. Крім того, в посушливі періоди потреба у подачі води для зволоження призводить до збільшення експлуатаційних витрат і собівартості сільськогосподарської продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для удосконалення технологій регулювання водного режиму осушуваних ґрунтів прийнято робочу гіпотезу, згідно з якою можна

досягнути точнішого визначення динаміки водного режиму ґрунту в зоні аерації способом урахування особливостей відбору вологи кореневою системою вирощуваних сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного періоду.

Мета досліджень — розробити ресурсоощадну технологію регулювання водного режиму ґрунтів на меліоративних системах польдерного типу, яка враховує особливості споживання вологи вирощуваними сільськогосподарськими культурами, дає змогу більш обґрунтовано розраховувати меліоративні режими та одночасно акумулювати додаткові запаси вологи в зоні аерації.

Об'єкт і методика досліджень. В основу ресурсоощадної технології, розробленої в Інституті водних проблем і меліорації НААН, покладено алгоритм визначення ресурсоощадних технологічних параметрів регулювання водного режиму та розрахунок оптимальних діапазонів рівня ґрунтових вод (РґВ) на кожний розрахунковий період, який забезпечує потрібні вологозапаси в кореновому шарі ґрунту впродовж вегетаційного періоду [2, 9, 10].

Для розрахунку технологічних параметрів алгоритму водорегулювання розроблено інформаційне забезпечення, яке за функціональними ознаками поділено на 6 блоків. У перших 3-х блоках (метеорологічний, ґрунтовий, біологічний) формується нормативно-довідкова інформація. Фільтраційні та гідрофізичні характеристики, зокрема повна і найменша вологомісткості, які формуються в ґрунтовому блоці, визначають за наявними довідковими даними і, за потреби, доповнюють польовими визначеннями. Необхідні дані для розрахунків, пов'язані з особливостями росту конкретних сільськогосподарських культур і їх водоспоживання, містяться в біологічному блоці. Зокрема, в цьому блоці формуються усереднені дані з листового індексу, потужності кореневої системи різних видів сільськогосподарських культур за фазами їх розвитку і функції розподілу поглинання вологи.

Оперативна інформація (наступні 3 блоки) про фактичні параметри регулювання водного режиму (фактичні РґВ за попередню декаду і вологість ґрунту), параметри росту рослин і поточні метеорологічні параметри формуються за результатами контролю продукційного процесу на меліорованому полі.

Комплексні дослідження з метою забезпечення потрібних розрахунків технологічних

параметрів та апробацію розробленої ресурсоощадної технології проведено на дослідно-виробничій ділянці польдерної системи «Іква» в Рівненській обл. (1989–2013 рр.).

Причинами перезволоження території польдерної системи є атмосферні опади, ґрунтові води, підтоплення та затоплення території паводковими водами р. Іква. Враховуючи геологічні, гідрогеологічні, ґрунтові умови, на системі передбачено такі інженерні методи осушення: захист території від затоплення водами р. Іква, перехоплення притоку ґрунтових вод (ГВ), зниження РґВ. Ці методи реалізуються у такий спосіб: для захисту від затоплення та підтоплення побудовано дамбу обвалування; перехоплення ГВ здійснюють завдяки наявному відкритому каналу уздовж дамби; зниження РґВ досягається завдяки мережі гончарного дренажу.

Водоприймачем для осушуваного масиву є р. Іква. Оскільки вона не забезпечує пропуск потрібних витрат води в розрахунковий період, то забезпечення ефективної дії осушувальних заходів у цей період здійснюється завдяки відводу води за допомогою стаціонарної насосної станції.

Об'єм води, що скидається з осушуваного масиву в водоприймач (рік 10%-ї забезпеченості), становить 805,4 тис. м³, зокрема поверхневий стік — 489, дренажний — 316,4 тис. м³. Враховуючи сільськогосподарське використання території досліджень, а також рельєф масиву, передбачено роботу літнього польдера (табл. 1).

Динаміка росту культур і потреба забезпечення їх вологою впродовж вегетаційного періоду визначаються біометричними характеристиками: листовим індексом (ω_L) та потужністю кореневої системи (m_r).

Вирощувана культура — багаторічні трави. Для визначення листового індексу зважували листки без стеблин (у сирому чи повітряносухому стані), які відбирали з ділянок розміром 0,25×0,25 м у 5-разовій повторюваності [1].

Наростання наземної маси багаторічних трав відбувалося інтенсивніше у багатоводні роки. Значення листового індексу в багатоводні роки становило 10,8–13,4, у посушливі — 5,4–9. Відповідно і середня врожайність багаторічних трав у багатоводні роки становила 46,4, у посушливі — 31,3 ц/га.

Основна маса коренів багаторічних трав містилася у шарі 0–0,2 м, максимальна глибина проникання коренів — 0,6 м.

Натурні дослідження проведено з використанням польової тензіометричної установки

1. Основні технічні характеристики польдерної системи «Іква»

Показник	Кількість
Площа осушення, га:	
брутто	245
із них польдерне	245
нетто	225
із них польдерне	225
Коефіцієнт земельного використання	0,93
Осушення закритою мережею, га:	210
в тому числі:	
гончарним дренажем	210
відкритою мережею	15
Довжина дамби обвалування, км	3,7
Насосна станція, шт.	1
Продуктивність насосної станції, м ³ /с	0,77
Глибина каналів відкритої мережі, м	1,7–2,5
Глибина закладання дрен, м	1,1
Відстань між дренами, м	12–18
Діаметр дрен, м	0,075–0,05
Сільськогосподарське використання, га:	
рілля	10
сінокоси	173
пасовища	42

(ПТУ), розробленої у відділі осушувально-зволожувальних меліорацій Інституту водних проблем і меліорації НААН (рисунок).

До ПТУ входять: комплекс лізіметрів з порушеною структурою ґрунту зі встановленими в них пошарово по вертикалі датчиками (тензіометрами) та керамічними зондами живлення, вимірювальний блок манометрів — 3, блок контролю тензіометрів та блок контролю і дозаправки системи живлення — 4.

Подачу води в лізіметри та визначення об'єму її витрат здійснювали за допомогою вимірювального блока, який має вигляд плаваючої касети в шахті, з'єднаної через блок контролю та дозаправки 4 з керамічними зондами живлення. Положення касети відповідає РґВ на полі, що досягається завдяки фільтрам у нижній частині шахти 1. РґВ у шахті реєструє самописний прилад 2.

Упродовж вегетаційного періоду на одному із лізіметрів рослини не вирощували, рослинний покрив лише імітували, щоб забезпечити адекватні умови затінення ґрунту. За показниками цього лізіметра визначали величину евапорації.

Рух вологи із бюреток касети в шахті до лізіметрів (за зволоження) або приплив води до бюреток (за осушення) відбувається

завдяки градієнту потенціалу ґрунтової води. У процесі експлуатації ПТУ щодня виміряли об'єми витрат води щодо кожного зонда живлення, потенціалів ґрунтової води в 0,1-метрових шарах ґрунту в лізіметрах і на полі, фіксували поточний РґВ.

Безпосередньо на дослідній ділянці визначали кількість опадів, температуру, відносну вологість повітря. Атмосферні опади вимірювали пльовіографом П-2, температуру та відносну вологість повітря — термографом М-16 і гігрографом М-21 відповідно. Періодичний контроль за показниками самописних приладів здійснювали психрометром аспіраційним МВ-4М.

Для кількісної оцінки вологозабезпеченості рослин досліджено режим потенціалів ґрунтової води, еквівалентом якого за безпосередніх вимірювань (згідно з ДСТУ ISO 15709:2004) прийнято величину гідравлічного напору (h_p , м).

Установлено, що режим напорів ґрунтової води в зоні аерації характеризується великою динамічністю головним чином у верхніх шарах ґрунту, що пояснюється впливом погодних умов і наявністю інтенсивної транспірації багаторічних трав у цьому горизонті (0–0,3 м). Для глибших шарів ґрунту зони аерації стан



Польова тензіометрична установка: 1 — корпус шахти; 2 — самописний прилад РґВ; 3 — вимірювальний блок; 4 — блок контролю тензіометрів і дозаправки системи живлення

вологи є близьким до рівноважного.

Значний вплив інтенсивного відбору во-
логи коренями багаторічних трав у горизонті
0–0,3 м (зона максимального поглинання во-
логи) на формування режиму напорів у зоні
аерації свідчить про необхідність його враху-
вання під час обґрунтування та розрахунків
меліоративних режимів.

Конструкція ПТУ дала змогу експеримен-
тально визначити величину евапотранспірації
багаторічних трав по глибині зони аерації. У ре-
зультаті встановлено, що евапотранспірація є
основною витратною статтею водного балансу
кореневого шару ґрунту. Вивчення його дина-
міки свідчить про значну нерівномірність цього
процесу по глибині зони аерації та залежність
від напруженості метеорологічних умов.

Використання ПТУ дало змогу отрима-
ти експериментальні дані та визначити ве-
личину транспірації по глибині зони аерації.
Установлено, що максимальні витрати вологи
на транспірацію припадають на шар потужності
0,3 м від поверхні ґрунту, де найбільша концен-
трація коренів.

Моделювання розподілу поглинання во-
логи коренями виконано для періоду 1- та
2-го укосів багаторічних трав за сформованої
кореневої системи.

Результати досліджень. За розробленою
методикою розрахунок режимів водорегулю-
вання визначено технологічні параметри, які
характеризують процес підґрунтового зво-
ложення (осушення) та показники, пов'язані
з регулюванням водного режиму.

За вологості θ_m у зоні максимального по-
глинання $z_0 = z_m^*$ на i -ту декаду вегетаційного
періоду визначено граничні положення ГВ за
такими залежностями [3, 4]:

$$\text{при } z_m^* \langle m^* \quad h_n^{(i)} = m_r - \frac{1}{\alpha_3} \ln \left\{ E + k_3 e^{\alpha_3(m_r - z_m^*)} \times \right. \\ \left. \times \left[e^{\alpha_2 z_m} + \frac{\alpha_2}{k_2} e^{\alpha_2 z_m} F_2(z_m) \right] \right\};$$

$$\text{при } z_m^* \langle m^* \quad h_n^i = m_r - \frac{1}{\alpha_3} \ln \\ \left(\frac{E + k_3 \left[e^{\alpha_2(m_r - z_m^*)} e^{\alpha_2 z_m} + \frac{\alpha_1}{k_1} e^{\alpha_1 z_m} F_1(-z_m) \right]}{k_3 + E} + \right. \\ \left. + \frac{\gamma E_u^{(m)}}{k_2} \left(e^{-\alpha_2(m_r - m^*)} - 1 \right) \right) / (k_3 + E),$$

де m^* — потужність верхнього шару зони аерації, м; m_r — потужність кореневої системи, м; z_m^* — зона максимального поглинання вологи кореневою системою, м; E — сумарне випаровування, м/добу; E_u — фізичне випаровування (евапорація), м/добу. За обґрунтування меліоративних режимів достатньо приймати лінійну залежність фізичного випаровування, яке зменшується до максимальної гігроскопічності

$$E_u = \gamma E_u^{(m)}, \text{ де } \gamma = \frac{\theta_r - \theta_k}{\theta_r - \theta_k}, \theta_r \text{ — деяке граничне}$$

значення вологості, залежно від якого фізичне випаровування E_u змінюється таким чином: якщо вологість ґрунту біля поверхні θ . більша $\theta_r(\theta_r) \theta_r$, то E_u зберігає свою максимальну величину $E_u^{(m)}$, яка визначається енергетичними ресурсами атмосфери; за $\theta_r(\theta_r)$ інтенсивність випаровування зменшується за згаданим вище лінійним законом.

2. Техніко-економічні показники впровадження ресурсоощадної технології регулювання водного режиму (польдерна система «Ква», Рівненська обл.)

Показник	Кількість
Площа осушення, га:	
брутто	245
зокрема польдерне	245
Площа зволоження, га	140
Загальний дефіцит вологи в засушливий рік (75% забезпеченості опадами), тис. м ³	366,32
Дефіцит вологи, що покривається за рахунок шлюзування (джерело зволоження — р. Ква), тис. м ³	242,5
Потужність насосної станції, м ³ /с	0,77
Об'єм перекачаної води за рік, тис. м ³	861,3
Споживання електроенергії за рік, тис. кВт/год	198
Економія води від впровадження ресурсоощадних режимів водорегулювання (за рік), тис. м ³	48,7
Економія споживання електроенергії за рік, тис. кВт/год	11,2

У результаті проведеного регулювання РГВ у різних режимах (пасивного зниження та зволоження) з урахуванням природних умов, зокрема кількості опадів, одержано потрібні параметри, які характеризують водний режим у зоні аерації. Аналіз одержаних результатів свідчить, що розраховані за розробленою методикою режими зволоження дали змогу достатньо забезпечити вологою кореневий шар. Зааккумуляовані опади в активному шарі ґрунту (0–0,6 м) у режимі пасивного зниження РГВ до 1,26 м, коли у верхніх шарах ґрунту була сформована акумулювальна ємність для затримання вологи, використані максимально ефективно.

Для оцінки ефективності регулювання водного режиму з точки зору мінімізації промивного

режиму для років досліджень за впровадження розроблених режимів та традиційного циклічного зволоження проведено розрахунки, які підтверджують значне зменшення величини інфільтрації на РГВ. У середньому величина її є в 4 рази меншою, ніж за циклічного шлюзування. Результати досліджень водобміну в зоні аерації свідчать про зменшення величини випаровування з РГВ у середньому з 932 до 328 м³/га, що в 2,8 рази менше величини випаровування за схеми циклічного шлюзування.

Визначено техніко-економічні показники впровадження ресурсоощадної технології регулювання водного режиму на дослідній ділянці польдерної системи «ква» (табл. 2).

Висновки

Запропоновано ресурсоощадну технологію регулювання водного режиму ґрунтів на меліоративних системах польдерного типу, за реалізації якої цілеспрямоване створення акумулювальних ємностей у верхніх горизонтах зон аерації способом пониження РГВ сприяє підвищенню вологозабезпеченості багаторічних трав на 15–20%. Водночас істотно знижуються витрати води через інфільтрацію за межі кореневого шару ґрунту. У середньому величина інфільтрації була в 4 рази меншою порівняно з традиційною схемою регулювання

(циклічним шлюзуванням). Економії витрат води та електроенергії досягнуто завдяки впровадженню ресурсоощадних технологічних параметрів регулювання водного режиму осушуваних ґрунтів та цілеспрямованому створенню акумулювальних ємностей у кореновому шарі ґрунту. На модулі дослідної ділянки площею 245 га економія води — 48,7 тис. м³ на рік, а спожитої електроенергії — 45,7 кВт/год на 1 га площі осушення, що становить 5,7% на рік, без зменшення середньої врожайності багаторічних трав.

Бібліографія

1. Алексеевко Л.Н. Весовой метод определения листовой поверхности луговых растений и луговых сообществ//Л.Н. Алексеевко//Ботанический журн. — 1965. — Т. 50, № 2. — С. 205–208.

2. Внутрпочвенный влагообмен, водопотребление и влагообеспеченность многолетних культурных травостоев: монография/Н. А. Муромцев, П. И. Коваленко, Н. А. Семенов и др. — Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. — 300 с.

3. Воропай Г.В. Управління режимом вологості осушуваних ґрунтів з урахуванням особливостей відбору вологи коренями вирощуваних культур/Г.В. Воропай//Меліорація і водне господарство. — 2010. — Вип. 98. — С. 91–105.

4. Коваленко П.І. Управління вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур на меліорованих землях з урахуванням динаміки факторів зовнішнього середовища/П.І. Коваленко, М.В. Яцик, В.Л. Поляков// Там само. — 1996. — Вип. 82. — С. 3–12.

5. Мошинский К.П. Расчетные элементы подземного увлажнения торфяных почв/К.П. Мошинский// Бюл. науч.-тех. информации УкрНИИГиМ. — К.,

1957. — № 3. — С. 20–24.

6. Олейник А.Я. Дренаж переувлажненных земель/А.Я. Олейник, В.П. Поляков. — К.: Наук. думка, 1987. — 280 с.

7. Скрипник О.В. Технология регулирования водного режима осушаемых земель/О.В. Скрипник, И.С. Сорока, В.П. Кубышкин. — К.: Урожай, 1992. — 160 с.

8. Янголь А.М. Двухстороннее регулирование влажности при осушении/А.М. Янголь. — М., 1970. — 136 с.

9. Яцик М.В. Алгоритм комбінованого водорегулювання на осушувально-зволожувальних системах гумідної зони України/М.В. Яцик, Г.В. Воропай// Меліорація і водне господарство. — 2008. — Вип. 96. — С. 73–80.

10. Яцик М.В. Ресурсоощадна технологія управління вологозабезпеченням сільськогосподарських культур на осушуваних землях/М.В. Яцик, Г.В. Воропай//Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої всесвітньому дню води (вода та енергія), 21 березня 2014 р. — К. — С. 107–108.

Надійшла 29.07.2015.