

yield from 1 ha triticale mixture provided with vetch and with a ration of 50/75% and $N_{90}P_{60}$. Under these conditions the most out of the exchange energy yield in triticale mixtures with vetch 121-146 GJ, which is 11-22% higher than the mixtures with rape and 26-34% for one-component triticale crops. It should be noted that the more productive component ratio of 50/75%, better availability of feed unit 124-129 g digestible protein observed in triticale with vetch on the background $N_{90}P_{60}$.

Conclusions. So, on average for the years 2014-2015, the collection of absolutely dry matter in winter triticale agrocenoses exceeded its one-component crops on 11-38%. The highest yield of feed units 11,1-11,9 t/ha obtained by mixtures ratio of 50/75% with normal fertilizer $N_{90}P_{60}$. The highest yield of digestible protein provided mixtures triticale with vetch - 1,12 t/ha.

REFERENCES:

1. Василенко Р.М. Значимість та побудова сумісних посівів у кормовиробництві / Р.М. Василенко // Між. тем. наук. зб. Зрошуване землеробство – Херсон: Айлант, 2014. - № 62. – С. 59-61.
2. Гетман Н.Я. Комплексна оцінка змішаних агроценозів однорічних культур при конвеєрному виробництві кормів у центральному Лісостепу України / Н.Я. Гетман // Корми і кормовиробництво: Міжв. тем. наук. зб. – Вінниця, 2003. – Вип. 50. – С.21-26.
3. Епифанов В.С. Оптимальное соотношение компонентов в парных травосмесях / В.С. Епифанов // Кормопроизводство. 2005. – №5. – С. 17-19.
4. Петриченко В.Ф. / Оптимізація систем кормовиробництва в Південному Степу України. – В.Ф. Петриченко, Р.А. Вожегова, С.П. Голобородько, Г.В. Сахно, О.М. Димов, В.Г. Найдьонов, С.О. Заєць, Г.П. Квітко, Н.Я. Гетман, Р.М. Василенко та ін.. – Херсон: Айлант, 2013. - 156 с.
5. Кубарев В.А. Смеси однолетних трав / В.А. Кубарев, В.А. Финагин // Кормопроизводство. – 2002. – № 9. – 28 с.
6. Науково-методичні рекомендації з ресурсозберігаючих технологій вирощування кормових культур в умовах півдня України / Р.А. Вожегова, С.О. Заєць, Р.М. Василенко, С.П. Голобородько, О.А. Погинайко – Херсон: ІЗЗ НААН. – 2015. – 27 с.

УДК 631.671.1:631.674.5:631.674.6:635.64 (477.72)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗРОШУВАЛЬНОЇ НОРМИ ТОМАТА НА ОСНОВІ МОДЕЛІ «УРОЖАЙНІСТЬ – ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ» ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ПОЛИВУ В ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

ВАСЮТА В.В. – кандидат с.-г. наук
Інститут водних проблем і меліорації НААН

Постановка проблеми. Виробництво сільськогосподарської продукції в умовах економічної нестабільності, за постійно зростаючої вартості засобів виробництва, матеріальних і технологічних ресурсів, зумовлює необхідність оптимізації параметрів технологічних операцій на підставі математичного моделювання й прогнозування процесів, основна мета якої - отримання економічно-обґрунтованого рівня продуктивності. Особливої гостроти ця проблема набуває у зрошуваному овочівництві, де без подолання природного дефіциту вологи у ґрунті, притаманного для зони Південного Степу, взагалі не можливо досягти економічно-доцільного рівня продуктивності. Полив в зоні недостатнього природного зволоження виступає основним елементом регулювання водного режиму ґрунту, забезпечуючи рослинам доступ до елементів живлення та регулювання мікроклімату в межах ділянки зрошення. В процесі поливів інтегрованим показником витрат води виступає зрошувальна норма, яка є не тільки одним з головних елементів сумарного водоспоживання рослин, а і складовою технологічного процесу, суттєво впливаючи на його вартість. Враховуючи тенденцію постійного росту вартості ресурсів необхідна багатокритеріальна оцінка технологічного процесу з метою оптимізації тих елементів, від яких найбільше залежить рівень продуктивності у зрошуваному овочівництві.

Стан вивчення питання. Оптимізація технологічних процесів у зрошуваному землеробстві на базі математичного моделювання продуктивності

сільськогосподарських культур та ідентифікація впливу на них біотичних і абіотичних чинників дає змогу корегувати витрату ресурсів, що в свою чергу зменшує негативний вплив на довкілля і, в підсумку, забезпечує максимальний економічний ефект [3, 4, 7]. Пошук та ідентифікація найбільш економічно-доцільного варіанта є основною задачею оптимізації. В загальному вигляді постановка екстремальної задачі складається з визначення екстремуму функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ за умови, що $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i$ ($i=1, m$), де f і g_i - задані функції, а b_i - деякі дійсні числа [1,5,6]. Моделювання урожайності ряду сільськогосподарських культур і прогнозування їх водоспоживання запропоновано на основі сплайн-функцій, які ідентифікують модель «урожайність-вологозабезпеченість», даючи можливість оптимізувати величину зрошувальної норми на підставі економічних критеріїв [2].

В умовах зрошення загальні витрати води на поливи дорівнюють зрошувальній нормі, величина якої залежить від біологічних особливостей культури, параметрів режиму зрошення, способу поливу та ідентифікується за граничними умовами для заданого рівня вологості ґрунту. Питання оптимізації водокористування визначається відношенням: «урожайність – зрошувальна норма», яке природно різниться за способами поливу, і є постійно актуальним за зростання тарифів на електроенергію та воду та інші технологічні ресурси.

Завдання і методи досліджень. У роботі вирішувалося завдання багатокритеріальної оптимізації зрошувальної норми томата на основі багато-

річних даних, отриманих в лабораторії овочівництва ІЗЗ НААН України в період з 1993-2005 рр. Імітаційне моделювання залежностей «урожайність-вологозабезпеченість» за краплинного зрошення і дощування для умов Південного Степу України виконане у ІВПІМ НААН у 2014 році згідно методики [2].

Дослідження моделі «урожайність – волого-

$$\frac{Y}{Y^{max}} = f(K) = \begin{cases} 1 & \text{якщо } K \geq 1 \\ a_0 + a_1 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right) + a_2 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right)^2 & \text{якщо } K_0 \leq \frac{u+\xi}{\omega+\xi} \leq 1 \\ b_0 + b_1 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right) + b_2 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right)^2 & \text{якщо } \frac{u+\xi}{\omega+\xi} < K \end{cases}$$

де Y - фактичний врожайність, ц/га; Y^{max} - максимальна урожайність, ц/га; K - коефіцієнт вологозабезпеченості ($0 \leq K \leq 1$); u, ω - відповідно зрошувальні норми за біологічно-оптимального і фактичного режимів зрошення; ξ - опади за період вегетації.

Моделювання на основі сплайн-функцій (апроксимація нелінійних процесів поліномом) дозволило отримати параметри квадратичних моделей «відносна урожайність - коефіцієнт вологозабезпеченості» для дощування і краплинного зрошення в умовах Південного Степу України за глибини розрахункового шару 0-30 та 0-50 см. Аналіз динаміки відносної урожайності, ідентифікованої за моделлю «відносна урожайність - коефіцієнт вологозабезпеченості» показує, що за краплинного зрошення і дощування функція відносної урожайності $f(k)$ монотонно зростає, досягаючи максимальної величини за коефіцієнту вологозабезпеченості $k=1$.

Функція відносної урожайності як за краплинного зрошення, так і за дощування наближається до 1 за умови, що фактична урожайність (Y) за кожного із способів поливу, за певної величини зрошувальної норми, повної забезпечує максимальну урожайність (Y^{max}). Очевидно, що виконання цієї умови можливе лише у випадку досягнення зрошувальної норми величини, яка відповідає біологічно-оптимального режиму зрошення, забезпечуючи в повному обсязі потребу рослин у воді. Відповідно, що в цьому випадку коефіцієнт вологозабезпеченості досягатиме свого максимуму (рис.1).

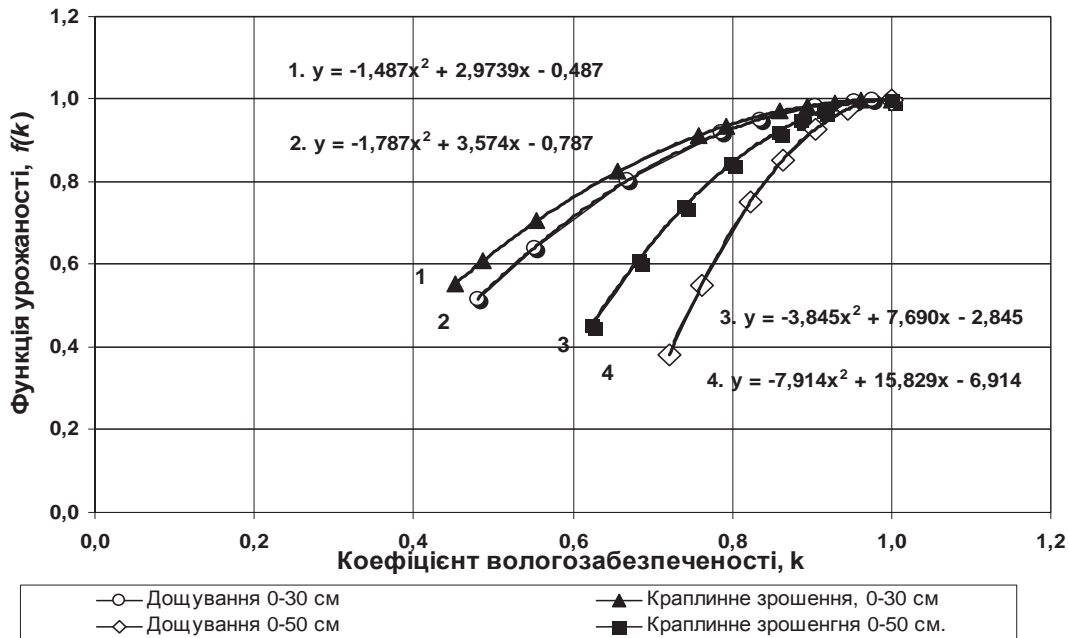


Рисунок 1. Моделі «відносна урожайність - вологозабезпеченість» томата за різних способів поливу

На рисунку 1 видно, що як за дощування, так і за краплинного зрошення на зміни коефіцієнту вологозабезпеченості впливає величина розрахун-

кового шару. Наприклад, за краплинного зрошення функція відносної урожайності, за 0-30 см розрахункового шару, дорівнює 0,8, за коефіцієнту волого-

забезпеченості 0,62. За 0-50 см розрахункового шару коефіцієнт вологозабезпеченості зростає на 16,1 %. Аналогічна картина змін показників спостерігається і за дощування. За коефіцієнту вологозабезпеченості на рівні 0,92 для досліджуваних способів поливу практично втрачається різниця за рівнем відносної врожайності. Така ситуація виникає внаслідок того, що за кожного з способів поливу зрошувальна норма наближається до біологічно-оптимальної величини, хоча і різняться за величиною. Відповідно, витрати на полив, визначаються величиною зрошувальної норми і вартістю поливної води. Їх збільшення спричинить загальне збільшення витрат на технологічний процес вирощування. В свою чергу, збільшення витрат не повинно перевищувати економічно-доцільного

рівня, який саме і визначається на основі аналізу моделі технологічного процесу.

З метою ілюстрації впливу тарифу на динаміку чистого прибутку в області прийняття оптимальних рішень порівняємо ці величини за граничних рівнів тарифу на воду. Динаміка величини чистого прибутку за різних способів поливу показує, що і дощування, і краплинне зрошення, за нульового тарифу на воду, забезпечують максимальний економічний ефект за коефіцієнту вологозабезпеченості, який дорівнює 1 за обох глибин розрахункового шару ґрунту. Тобто за безкоштовної подачі води область прийняття оптимальних рішень як за способами поливу, так і глибиною розрахункового шару відповідатиме екстремуму функції чистого прибутку за $k=1$ (рис. 2).

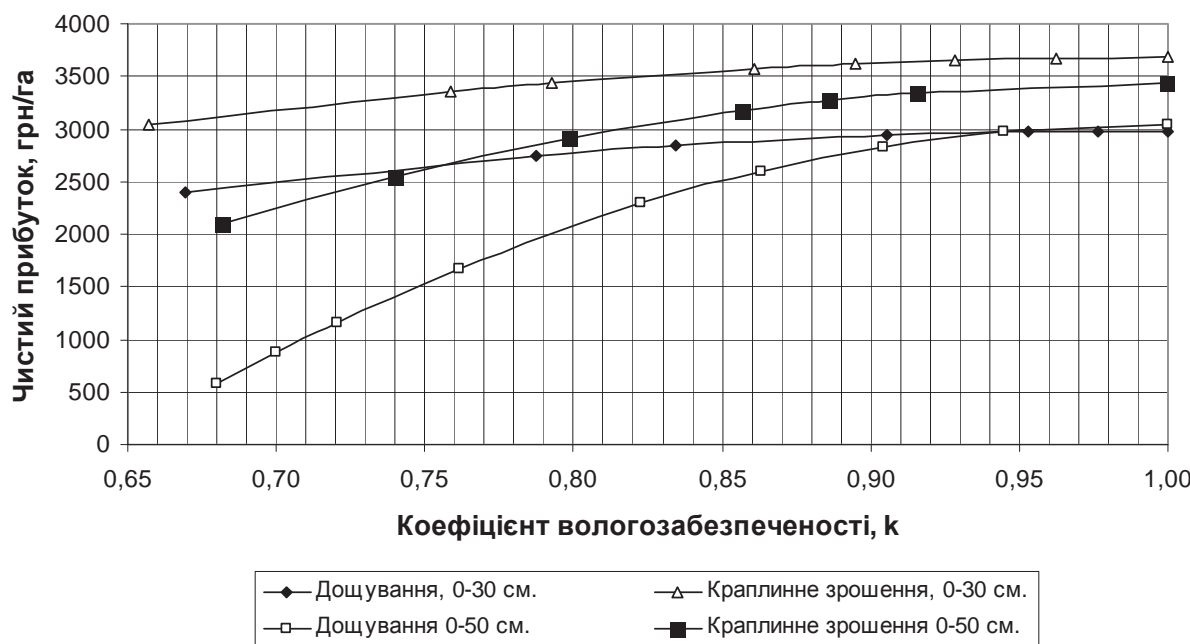


Рисунок 2. Чистий прибуток за різних технологій поливу томата за нульового тарифу на воду

Беручи до уваги, що імітаційне моделювання за сплайн – функціями «урожайність – коефіцієнт вологозабезпеченості» ряду сільськогосподарських культур показало, що для овочевих рослин зменшення коефіцієнту вологозабезпеченості менше 0,8 втрачає сенсу, так як практично унеможлиблює управління економічним процесом [2, с.79], то в нашому випадку область прийняття оптимальних рішень обмежена верхньою точкою перегину, що відповідає коефіцієнту вологозабезпеченості 0,9. За дощування його величина на цьому рівні забезпечується зрошувальною нормою 2900-3570 м³/га, а за краплинного зрошення на 41,5-44,4 % меншою, ніж за дощування.

Визначення області прийняття оптимальних рішень за тарифу на воду на рівні 0,5 грн/м³ показує її зміщення в сторону зменшення коефіцієнту вологозабезпеченості і, відповідно, величини зрошувальної норми. Екстремум функції чистого прибутку за краплинного зрошення спостерігається за коефіцієнтів вологозабезпеченості 0,84-0,86, а за дощування - 0,9-0,95. Порівняння величини чистого прибутку за досліджуваних способів поливу в

області прийняття оптимальних рішень засвідчує, що за краплинного вона за отриманої за величини коефіцієнту забезпеченості відповідає зрошувальній нормі 1300-2090 м³/гам, а за дощування - 2200-3570 м³/га.

Порівняння величини чистого прибутку за способами поливу в межах розрахункових шарів показує, що за краплинного зрошення його величина перевищує показник дощування на 701,7 - 1645,6 грн/га. Це засвідчує, що краплинне зрошення, за приблизно однакових умов вологозабезпеченості, є економічно більш ефективним способом поливу, ніж дощування (рис.3).

Моделювання величини чистого прибутку на основі сплайн-функції за різних способів поливу і величини зрошувальної норми у визначеній області прийняття оптимальних рішень, за досліджуваних розрахункових шарів показує, що за дощування зрошувальна норма 3300-3570 м³/га є збитковою у випадку перевищення тарифу на воду 0,82-0,85 грн/м³. Трансформація величини чистого прибутку за краплинного зрошення за різних зрошувальних норм і тарифу на воду засвідчує, що за мак-

симальної зрошувальної норми 2090 м³/га, навіть за зростання тарифу на воду до 1,2 грн/м³ даний

спосіб забезпечує прибуток (рис.4).

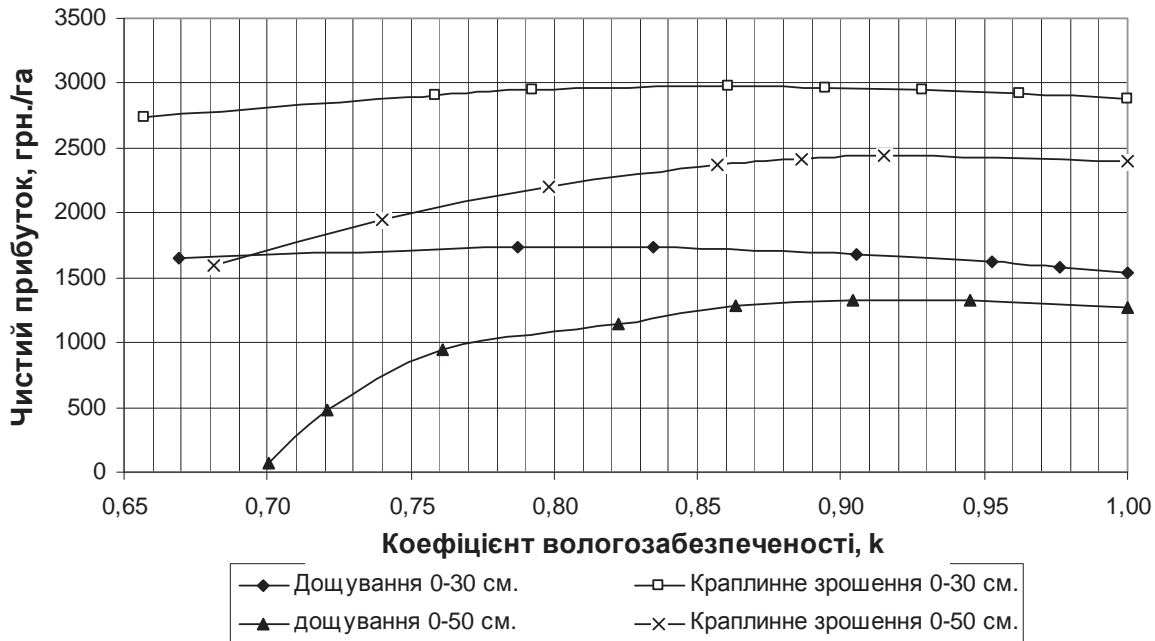


Рисунок 3. Чистий прибуток за різної технології паливу томата, тариф на воду 0,5 грн/м³

Багатокритеріальна оцінка економічної ефективності способів поливу за величиною чистого прибутку виявила мінімум дві тенденції. Перша - краплинне зрошення, завдяки меншим витратам води на полив, інертніше відкликається на зростання тарифу на поливну воду порівняно з дощу-

ванням. Друга - величина чистого прибутку за краплинного зрошення у випадку зростання тарифу має тенденцію повільнішого зменшення, що засвідчує більш високу конкурентну спроможність даної технології поливу порівняно з дощуванням.

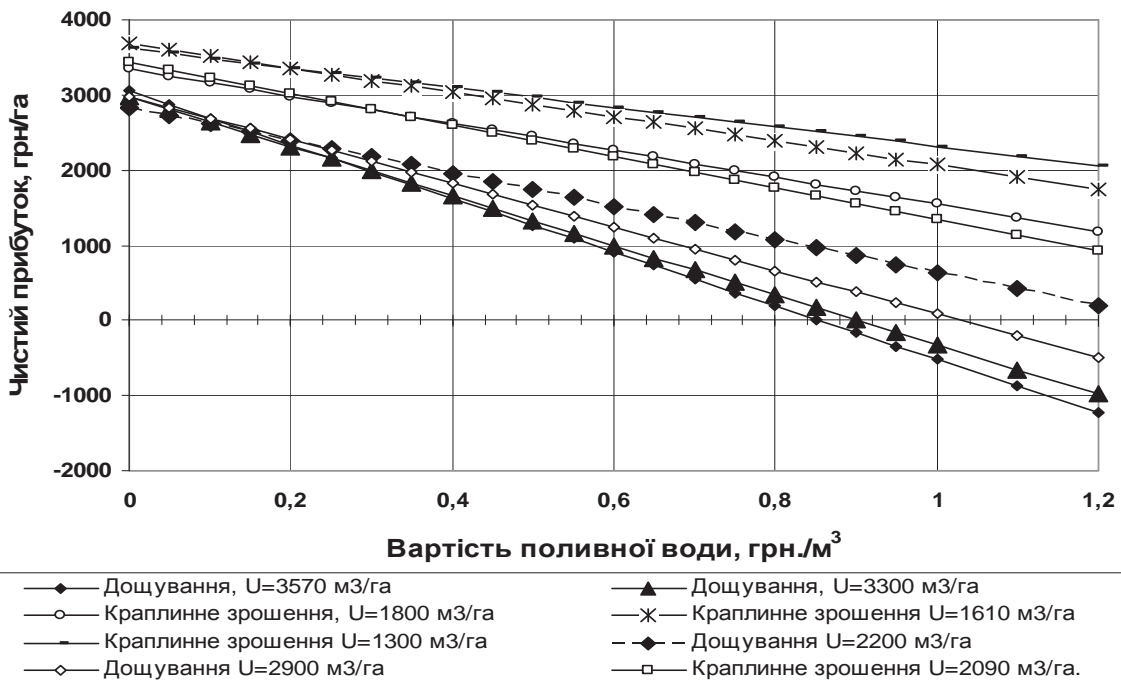


Рисунок 4. Динаміка чистого прибутку за різної величини зрошувальної норми і тарифу на воду

Висновки. Ідентифікація моделі «урожайність-вологозабезпеченість» томата на основі сплайн-функцій за різних способів поливу та її аналіз дозволили встановити, що краплинне зро-

шення за ефективністю використання води перевищує дощування за досліджуваних рівнів вологозабезпеченості. Область прийняття оптимальних рішень за величиною зрошувальної норми за та-

рифу на воду 0,5 грн/м³ для краплинного зрошення відповідає коефіцієнту вологозабезпеченості $k=0,84-0,86$ і залежно від забезпеченості опадами знаходяться на рівні 1300-2090 м³/га.

Перспектива подальших досліджень. Зростання вартості основних складових технологічного процесу вирощування овочевих культур потребує пошуку оптимальних рішень щодо їх використання. В цьому контексті імітаційне моделювання за постійного зростання цін на складові технологічного процесу вирощування, застосовуватимуться надалі як один з методів прийняття оптимальних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Акулич І.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : учебн. пособие [для студ. экон. спец. вузов] / И.Л. Акулич. – М.: Высш. шк., 1986. -319 с.
2. Ковальчук П.І. Системна оптимізація водокористування при зрошенні. Монографія / П.І.Ковальчук, Н.В.Пендак, В.П.Ковальчук, М.М. Волшин. - Рівне: НУВП, 2008.- 204 с.
3. Лисогоров К. С. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і технологічними процесами / К. С. Лисогоров, В. А. Писаренко // Таврійський науковий вісник. – 2007. – Вип. 49. – С 49-52.
4. Ольгаренко И.В. Нормирование эксплуатационных режимов орошения сельскохозяйственных культур с использованием комплексной гидрометеорологической информации / Ольгаренко И. В., Захарченко Н.С. // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - 2010. - Вип.43. - С. 33-38.
5. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебн. пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – 2-е изд., исправл.- М.: Высш. шк., 2005.- 544 с.
7. Символоков Л.В. Microsoft Excel 2003. Самоучитель / Л.В. Символоков.- М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 432 с.
8. Філіпенко Л. А. Довгострокове планування водокористування / Л. А. Філіпенко // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 91. – С. 63-73.

УДК 631.67:626.824 (477.72)

АНАЛІЗ ВОДРОЗПОДІЛУ НА КАХОВСЬКІЙ ЗРОШУВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ

ВЕРДИШ М.В. – кандидат економічних наук

БУЛАСНКО Л.М. – кандидат с.-г. наук

ДИМОВ О.М. – кандидат с.-г. наук

Інститут зрошуваного землеробства НААН

Постановка проблеми. Академік Костяков О.М. дав визначення зрошувальної системи (ЗС), суть якого зводиться до того, що ЗС – це сукупність технічних засобів забору, транспортування і перетворення води в ґрунтову вологу [1]. Таке визначення ЗС в сучасних умовах недостатньо точно відображає її сутність тому, що характеризує лише технічну підсистему, або гідротехнічний транспортувальний механізм. Сучасні гідромеліоративні системи, що побудовані в посушливій зоні, представляють собою складні природно-технічні і господарські комплекси, які мають високий рівень технічної оснащеності. В таких системах транспортувальний механізм становить лише частину системи, її технічну підсистему. Також до структури сучасних зрошувальних систем входить організаційно-господарська підсистема, представлена колективом людей і технічними засобами управління водорозподілом. Ця підсистема забезпечує технологічний процес руху води у гідротехнічному передавальному механізмі.

Виходячи з цього, можливо зробити висновок, що розвиток меліоративної науки, зрошувальних технологій, зміна умов господарювання зумовили внесення уточнень та доповнень до традиційного визначення зрошувальної системи. Визначенню ЗС необхідно надати більш широкого значення і розглядати її як сукупність ієрархічно організованих підприємств, що взаємодіють у процесі водокористування, водорозподілу та водовідведення на певній території [2]. Таке уявлення про зрошувальні системи змушує в підході до управління ними враховувати як технологічні, так і економічні основи

експлуатації [3, 4]. Прикладом зрошувальної системи зі складною структурною організацією, досить високою, на момент будівництва, рівнем технічної оснащеності та автоматизації технологічних процесів на півдні України є Каховська ЗС, найбільша зрошувальна система у Європі, яка, у разі повної реалізації проекту, могла б забезпечити зрошення сільськогосподарських земель на території Херсонської та Запорізької областей на площі 780 тис. га. Функціонування Каховської ЗС у 2010-2014 рр. характеризується: зміною кількості водокористувачів, завершенням переходу на принцип платності водокористування, зменшенням бюджетного фінансування державних водогосподарських підприємств. Зберігається структурна роз'єднаність, коли Управління головного Каховського магістрального каналу (УГКМК), що експлуатує головну насосну станцію, магістральний канал і частину точок водовиділу (насосних станцій підкачки), знаходиться у безпосередньому підпорядкуванні Державного агентства водних ресурсів України. Районні та міжрайонні управління водного господарства (УВГ), що знаходяться в зоні дії магістрального каналу, експлуатують міжгосподарські розподільники і більшість точок водовиділу та входять до структури Херсонського (9 УВГ) і Запорізького (2 УВГ) обласних управлінь водних ресурсів. В таких умовах експлуатації зростає роль планування та аналізу ефективності водокористування та водорозподілу. Оптимізація процесів забору, подачі та розподілу води сприяє підвищенню технічних показників ЗС: зменшує непродуктивні втрати води, підвищує надійність роботи насосних станцій. Це, в