

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голобородько С.П., Найдьонов В.Г., Гальченко Н.М. Консервація земель в Україні: Стан і перспективи : монографія. Херсон : Айлант, 2010. 92 с.

2. Ресурсоощадні технології вирощування люцерни на насіння в Південному Степу України : науково-методичний посібник / Р.А. Вожегова та ін. Херсон : Айлант, 2012. 130 с.

3. Байков А.М., Кузин Е.С., Шамис А.Л. Целостное целенаправленное распознавание изображений в ЭВМ. *Вопросы кибернетики. Автоматизированные системы ввода – вывода графической информации* : научный сборник. Москва, 1987. С. 78–90.

4. Аксак Н.Г., Лебедкина А.Ю. Методы и модели производительности обучения многослойных нейронных сетей в распределенных компьютерных средах. *Штучний інтелект*. 2011. Вип. 4. С. 481–488.

5. Коковіхін С.В. Електронно-інформаційний довідник ЕІД "Агromет" : методичні рекомендації. Херсон : ІЗЗ НААН, 2009. 16 с.

6. Аксак Н.Г., Лебедкина А.Ю., Хоменко О.В. Процедура параллельного обучения многослойной нейронной сети. Топология передачи данных «звезда». *Науковий вісник Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича*. 2010. Т. 1. Вип. 2. С. 95–103.

7. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / В.О. Ушкарєнко та ін. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

REFERENCES:

1. Goloborodko, S.P., Naydonov, V.G., & Galchenko, N.M. (2010). *Konservatsiya zemel v Ukraini: Stan i perspektivy* : monografiya [Conservation of lands in Ukraine: condition and perspectives : monograph]. Kherson : Aylant. [in Ukrainian]

2. Vozhegova, R.A., Sakhno, H.V., Bulyhin, S.Yu., & Demydov, O.A. et al. (2012). *Resursooshchadni tekhnolohiyi vyroshchuvannya lyutserny na nasinnya v Pivdennomu Stepu Ukrayiny* : naukovo-metodychnyy posibnyk [Resource-friendly technology of growing alfalfa for today in the southern Step of Ukraine : science-methodical workshop]. Kherson : Aylant. [in Ukrainian]

3. Baykov, A.M., Kuzin, E.S., & Shamis, A.L. (1987). *Tselostnoe tselenapravlennoe raspoznavanyeyu zobrazhenyy v ÉVM* [Questions of cybernetics. Automated systems for input-output of graphic information: a scientific collection. Moscow. [in Russian]

4. Aksak, N.G., & Lebedkina, A.Yu. (2011). *Metody y modely proyzvoditel'nosti obucheniyya mnohosloynnykh neyronnykh setey v raspredelennykh kompyuternykh sredakh* [Methods and models of the performance of training multilayer neuron networks in distributed computer environments]. *Shtuchnyi intellekt – Piece intellect*, 4, 481–488. [in Russian]

5. Kokovikhin, S.V. (2009). *Elektronno-informatsiyyny dovidnyk EID "Agromet" : metodychni rekomendatsiyi* [Electronic and Information Agent "Agromet" : methodical recommendations]. Kherson : IZZ NAAN. [in Ukrainian]

6. Aksak, N.G., Lebedkina, A.Yu., & Khomenko, O.V. (2010). *Protseadura parallelnoho obucheniyya mnohosloynnoy neyronnoy sety* [Procedure for parallel training of a multilayer neural network. Star data transfer topology]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho natsionalnoho universytetu im. Yu. Fedkovycha – Science Newsletter of the Chernivtsi National University Y. Fedkovich*, 2, 95–103. [in Russian]

7. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiyyny i korelyatsiyyny analiz u zemlerobstvi ta roslynnystvi : navch. Posib* [Analysis of variance and correlation in agriculture and crop production : a textbook]. Kherson : Aylant. [in Ukrainian]

УДК 635.743:631.5:632.51 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.8>

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПЛАНУВАННЯ ТА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОКОВІХІН С.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>

ПИСАРЕНКО П.В. – доктор сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-2104-2301>

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0001-8351-2519>

ШАРІЙ В.О. – аспірант

<https://orcid.org/0000-0003-1652-3159>

БОЙЦЕНЮК Х.І. – аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-6572-7003>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку людства інформаційні технології відіграють важливу роль у всіх сферах діяльності

людини, упровадження інформаційних технологій в аграрне виробництво перебуває на досить низькому рівні щодо інших галузей, хоча рента-

бельність виробництва сільськогосподарської продукції здебільшого залежить від своєчасних дій аграріїв, виявлення стану ґрунту, визначення поливної норми та строків поливу, кількості внесених добрив, адаптації технологій вирощування сільськогосподарських культур до погодних умов тощо [1]. Інтеграція комп'ютерних технологій в аграрний сектор має вагомим актуальним значенням як з наукового, так і з практичного погляду, дає можливість проводити своєчасний моніторинг стану посівів сільськогосподарських культур, виявляти на первинному етапі збудників хвороб і шкідників, визначати кількісні та якісні параметри посівів і рослинницької продукції, забезпечує раціональне витрачання всіх видів ресурсів, найкращі показники економічної ефективності агровиробництва та мінімізацію антропогенного тиску на довкілля [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для моніторингу стану посівів сільськогосподарських культур застосовують сучасні технічні засоби. За допомогою датчиків є можливість отримання й передачі в режимі реального часу (on-line) локальної інформації щодо кількості атмосферних опадів, динаміки вмісту вологи у ґрунті впродовж вегетаційного періоду, балансу водного режиму, щільності посіву тощо [3].

Інформація може надходити із супутника щодо прогнозу погоди та стану посівів. Наприклад, за допомогою спектрального аналізу кольору полів можна отримати інформацію щодо динаміки вегетаційного індексу, густоти стояння рослин та прояву стану водного стресу. За поєднання цих та інших даних можна планувати й оперативно змінювати елементи технологій вирощування, зокрема поливні норми, дози добрив під час підживлення, кількість обробок пестицидами й біопрепаратами тощо [4]. Сучасні технології моніторингу стану агроєкосистем базуються на використанні сенсорних датчиків, тобто пристроїв вимірювального, сигнального, регулюючого або керуючого характеру, що перетворює контрольовану величину (температура, тиск, частота, сила світла, електрична напруга, струм тощо) на сигнал, зручний для вимірювання, передачі, зберігання, обробки, реєстрації, для впливу їх на керовані процеси [5]. Відомо, що геоінформаційна система (далі – ГІС) (англ. Geographic(al) information system, GIS) – інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і розповсюдження просторово координованих даних (просторових даних). ГІС містить дані про просторові об'єкти у формі їх цифрових образів (векторних, растрових, квадратомічних та інших) [6]. До складових частин ГІС відносять: апаратне забезпечення – комп'ютерне забезпечення установи для роботи з ГІС, може бути як централізованим сервером, так і комп'ютерами, об'єднаними однією мережею; програмне забезпечення – програмна оболонка, що містить необхідний інструментарій для зберігання, обробки та візуалізації інформації; бази даних – це набір даних, зазвичай у табличному вигляді, що дозволяє здійснювати автоматизовану переробку інформації,

що зберігається, може редагуватись користувачем за допомогою системи управління базами даних (далі – СУБД); кваліфіковані кадри – підготовлений персонал для роботи з ГІС; науково-методичне забезпечення – раціональний план роботи, складений відповідно до специфіки завдання [6].

Мета досліджень – розробити науково-практичні підходи щодо планування й оперативного управління режимами зрошення сільськогосподарських культур із використанням інформаційних технологій в умовах півдня України.

Матеріали та методика досліджень.

Польові дослідження проведено згідно з методикою дослідної справи [7] упродовж 2016–2018 рр. на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України. Рельєф дослідної ділянки рівнинний. Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий слабосолонцюватий, середньосуглинковий. Поливи здійснювали водою з Ігулецької зрошувальної системи. Агротехніка вирощування досліджуваних культур була загальною для умов зрошення Південного Степу України.

Моделювання параметрів продукційних процесів досліджуваних культур для планування й оперативного управління режимами зрошення проводили з використанням комп'ютерної програми ФАО (англ. Food and Agriculture Organization, FAO) Організації Об'єднаних Націй [6] – CROPWAT 8.0 для Windows. Ця програма може бути використана науковцями та практиками для обчислення складових елементів водного режиму ґрунту, дефіциту водоспоживання та водопотреби культур у зрошенні на основі використання локальних даних про ґрунт, клімат і стан посів, а також їх моделювання для коригування технологічним процесом агровиробництва. Крім того, програма дозволяє формувати графіки режиму зрошення для різних господарсько-економічних умов, розраховувати схеми водоподачі залежно від рівнів запланованого врожаю.

Для встановлення водопотреби культур використовували розрахункові показники евапотранспірації (середньодобового випаровування) з використанням методу Пенмана-Монтейта [4; 6]. Цей метод ураховує як фізіологічні параметри рослин, так і кліматичні особливості окремої ґрунтово-кліматичної зони. Для розрахунків у програмі CROPWAT використано метеорологічні дані Херсонської агрометеорологічної станції, яка розташована поблизу дослідженого поля Інституту зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України.

Результати досліджень. Аналіз метеорологічних умов у роки проведення досліджень свідчить про істотні коливання середньодобових температур та відносної вологості повітря – від $-8,5^{\circ}\text{C}$ у січні 2016 р. до $+25,4$ – $25,5^{\circ}\text{C}$ у серпні 2017 і 2018 рр. (рис. 1).

Показники відносної вологості повітря мали чіткий взаємозв'язок, до 46–60% у найспекотливіші літні місяці (липень, серпень), зростали до 84–91% узимку (грудень, січень).

Мес. ЕТо по Пенману-Монтейту - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\2016BIO.PEM

Страна Станція

Абс. висота м. Широта °С Долгота °В

Місяць	Ср темп °С	Влажність %	Вітер м/с	Солн. світ %	Рад МДж/мм/сут	ЕТо мм/сутки
Январь	-8.5	84	1.6	92	8.1	0.16
Февраль	4.0	86	3.2	48	8.1	0.62
Март	6.3	78	3.6	52	12.5	1.42
Апрель	12.6	71	3.2	58	17.7	2.70
Май	16.2	76	1.9	47	18.9	3.04
Июнь	22.0	69	2.0	56	22.1	4.36
Июль	24.4	58	2.1	37	17.5	4.53
Август	24.7	59	2.7	28	13.6	4.37
Сентябрь	17.9	63	2.2	28	10.6	2.91
Октябрь	8.4	80	2.5	52	9.6	1.32
Ноябрь	4.0	87	3.1	20	4.4	0.63
Декабрь	-1.2	87	3.3	39	4.4	0.41
Средняя	10.9	75	2.6	46	12.3	2.21

2016 р.

Мес. ЕТо по Пенману-Монтейту - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\2017BIO.PEM

Страна Станція

Абс. висота м. Широта °С Долгота °В

Місяць	Ср темп °С	Влажність %	Вітер м/с	Солн. світ %	Рад МДж/мм/сут	ЕТо мм/сутки
Январь	-4.7	85	3.2	39	4.8	0.36
Февраль	-0.7	84	3.1	50	8.0	0.52
Март	7.1	73	3.0	59	13.0	1.57
Апрель	9.3	72	2.7	49	16.1	2.18
Май	16.3	65	2.4	60	21.3	3.66
Июнь	22.0	61	2.2	76	26.3	5.22
Июль	23.4	60	2.3	78	25.7	5.42
Август	25.4	51	2.7	80	22.5	5.76
Сентябрь	19.9	61	2.5	79	17.2	3.75
Октябрь	11.3	76	3.0	40	8.2	1.62
Ноябрь	5.4	87	2.8	39	5.3	0.57
Декабрь	5.9	87	2.7	40	4.1	0.50
Средняя	11.7	72	2.7	57	14.4	2.59

2017 р.

Мес. ЕТо по Пенману-Монтейту - L:\Стр 2020\для CropWat\climate\2018BIO.PEM

Страна Станція

Абс. висота м. Широта °С Долгота °В

Місяць	Ср темп °С	Влажність %	Вітер м/с	Солн. світ %	Рад МДж/мм/сут	ЕТо мм/сутки
Январь	-0.4	88	3.2	39	5.0	0.37
Февраль	-0.3	88	3.3	40	7.5	0.54
Март	1.5	86	3.5	38	10.7	0.82
Апрель	14.1	58	2.8	78	21.0	3.40
Май	19.5	59	2.5	79	25.2	4.76
Июнь	22.9	51	2.1	60	23.0	5.27
Июль	24.2	61	2.0	59	21.9	4.92
Август	25.5	46	2.5	68	20.6	5.69
Сентябрь	18.7	64	2.6	58	14.6	3.33
Октябрь	13.5	69	2.7	75	11.8	2.11
Ноябрь	2.7	83	3.2	39	5.6	0.71
Декабрь	0.1	90	3.5	23	3.6	0.34
Средняя	11.8	70	2.8	55	14.2	2.69

2018 р.

Мес. ЕТо по Пенману-Монтейту - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\2019BIO.PEM

Страна Станція

Абс. висота м. Широта °С Долгота °В

Місяць	Ср темп °С	Влажність %	Вітер м/с	Солн. світ %	Рад МДж/мм/сут	ЕТо мм/сутки
Январь	0.6	91	3.2	40	5.1	0.32
Февраль	1.4	84	3.3	50	8.3	0.66
Март	5.8	70	3.3	59	13.4	1.64
Апрель	10.5	65	3.0	60	18.0	2.66
Май	18.0	73	2.2	58	21.1	3.52
Июнь	23.8	64	2.6	75	26.1	5.51
Июль	23.1	58	2.4	78	25.8	5.56
Август	23.4	58	2.7	70	21.0	5.04
Сентябрь	18.1	59	2.7	76	17.0	3.66
Октябрь	11.5	85	2.2	59	10.3	1.31
Ноябрь	7.1	87	3.6	50	6.2	0.70
Декабрь	4.3	91	3.3	48	4.8	0.37
Средняя	12.2	74	2.9	60	14.8	2.58

2019 р.

Рис. 1. Основні метеорологічні показники в роки проведення досліджень (за даними Херсонської агрометеорологічної станції)

Середньомісячна швидкість вітру не залежала від пори року і змінювалася від 1,6 м/с у січні 2016 р. до 3,6 м/с у листопаді 2019 р.

Тривалість сонячного світла була пов'язана з температурним режимом та відносною вологістю повітря. Так, максимальні показники надходження сонячної радіації становили 26,1–26,3 МДж/м² за добу в червні 2017 і 2019 рр., а в осінній і зимовий період (грудень 2017 р., листопад 2016 р.) зменшились у 6,1–6,5 разів – до 4,1–4,3 МДж/м² на добу.

Евапотранспірація, яка має найбільше значення з погляду формування високого рівня врожаю, також була тісно пов'язана з метеорологічними показниками. У всі роки проведення досліджень цей показник мав найбільші значення в літні місяці з найбільшою температурою повітря та надходженням сонячної радіації. Максимального значення (5,82 мм) евапотранспірація набула в серпні 2018 р.

Середньомісячна кількість атмосферних опадів коливалася значною мірою – від 0,2 мм у січні 2016 р. до 93 мм у червні 2019 р. (рис. 2).

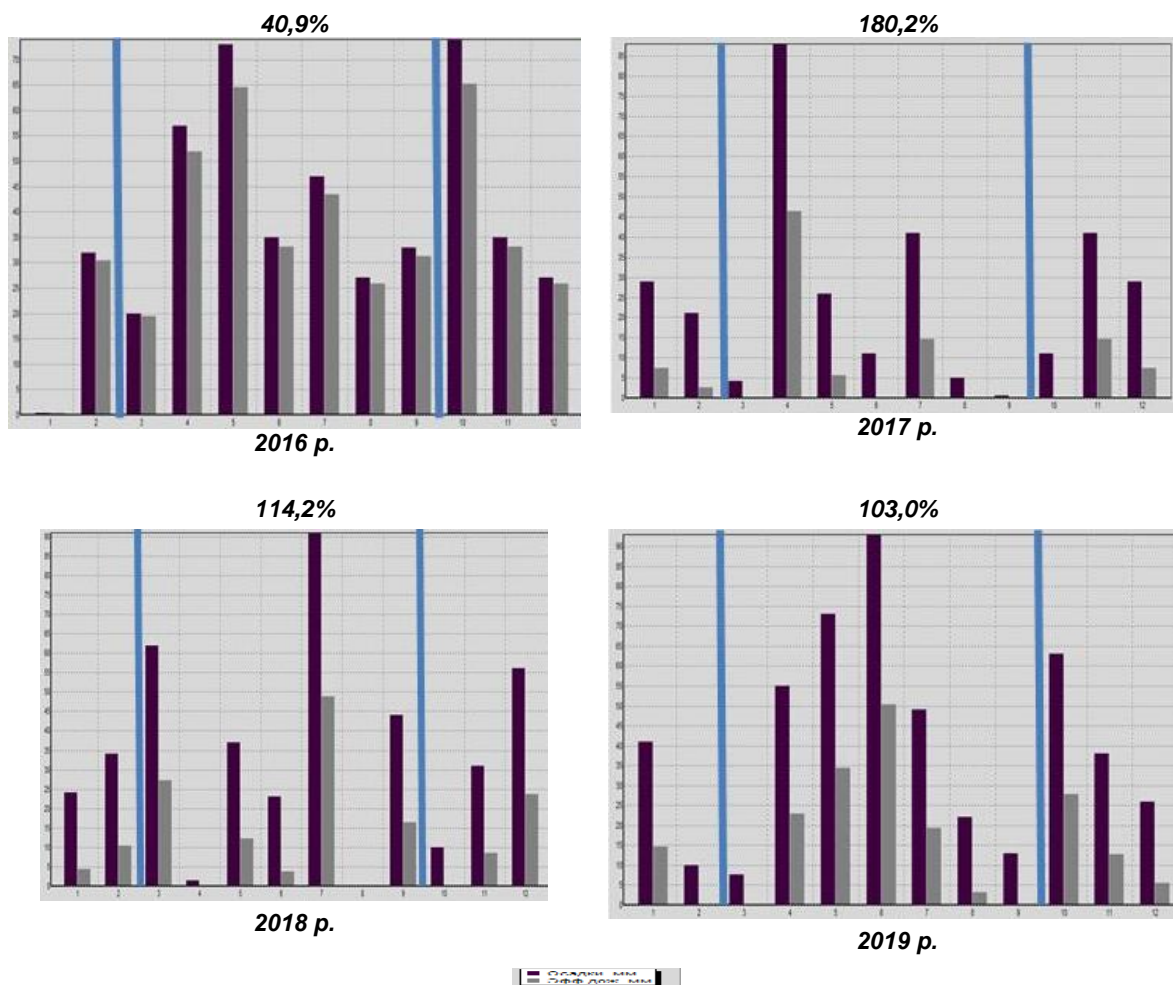


Рис. 2. Кількість загальних і ефективних опадів (з коефіцієнтами варіації за період «березень – вересень») у роки проведення досліджень (за даними Херсонської агрометеорологічної станції)

Кількість опадів найбільшою мірою коливалася в літні місяці. Варто зазначити, що максимальний дефіцит опадів у посушливі 2017 та 2019 рр. проявився в серпні, що обґрунтовує необхідність застосування зрошення для подолання гострого дефіциту природного вологозабезпечення.

Варіаційним аналізом доведено, що мінливість опадів в умовний період вегетації сільськогосподарських культур із березня по вересень становить: у 2016 р. – 40,9%; у 2017 р. – 180,2%; у 2018 р. – 114,2%; у 2019 р. – 103,0%. За таких природних умов Південного Степу України роль зрошення має першочергове значення для можли-

вості отримання рослинницької продукції, особливо за відсутності опадів на тлі високих температур і низької вологості повітря.

Ураховуючи біологічні особливості сільськогосподарських культур зрошуваної сівозміни, строки їх сівби (для пшениці озимої – строк відновлення весняної вегетації), у програмі CROPWAT було змодельовано основні показники продукційного процесу рослин у 2016 р. за умовними періодами розвитку, зокрема встановлено показники глибини проникнення кореневої системи, висоту рослин, розраховані коефіцієнти водного режиму тощо (рис. 3).

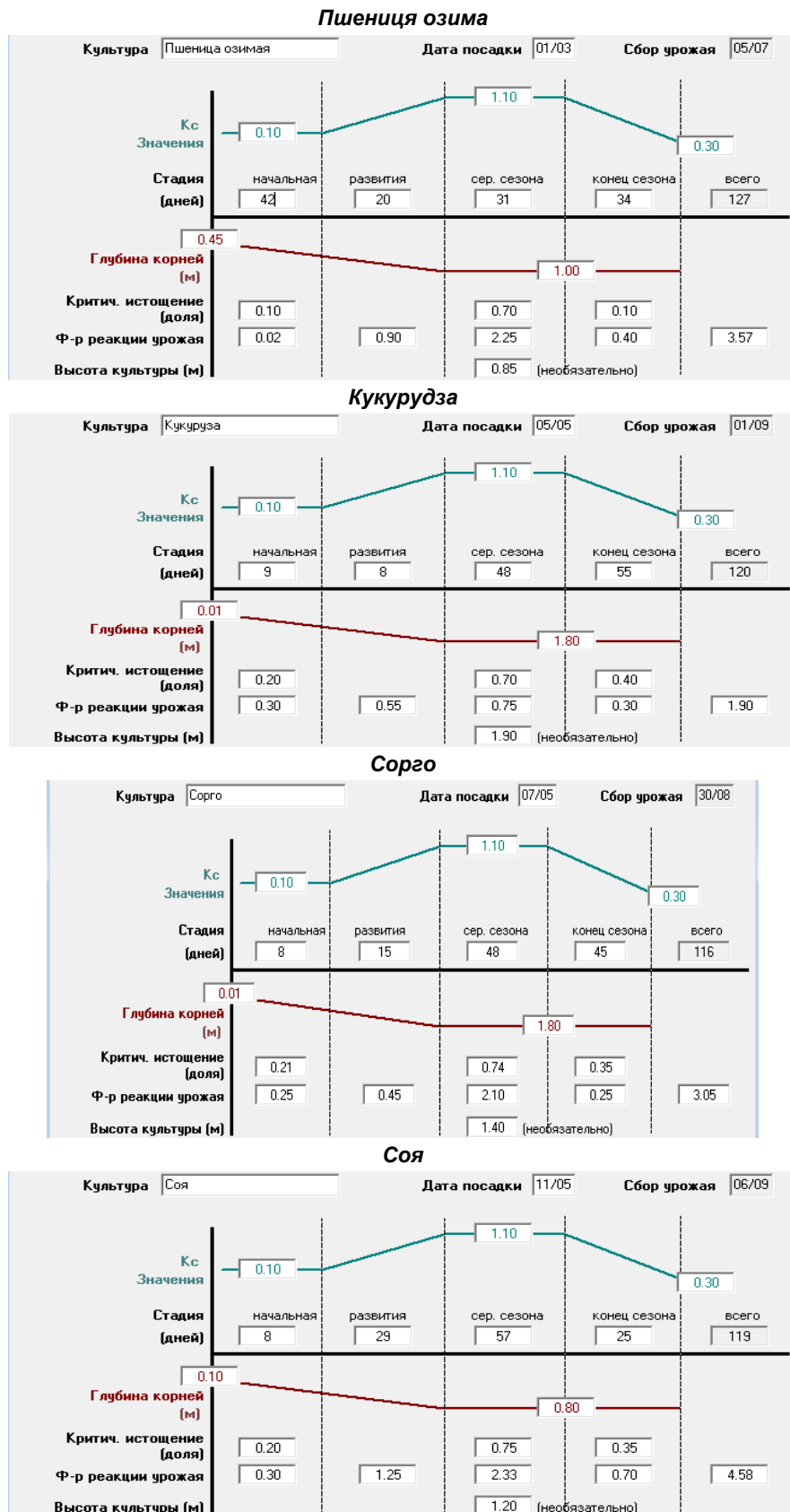


Рис. 3. Моделювання параметрів продукційного процесу культур зрошуваної сівозміни в період вегетації (для пшениці озимої – у період відновлення весняної вегетації), 2016 р.

Як бачимо, максимального забезпечення поливною водою потребують культури сівозміни – кукурудза і соя, дещо меншою мірою – пшениця озима та сорго. Крім того, проведене моделювання дозволяє встановити умовні терміни вегетаційного періоду для кожної культури, що має першочергове значення з погляду формування

водопотреби культур і розрахунків режимів їх зрошення.

На прикладі кукурудзи можна розглянути одержані результати моделювання показників водопотреби для формування графіка поливу (режим зрошення) з урахуванням погодних умов, які склалися у 2016 р. (рис. 4).

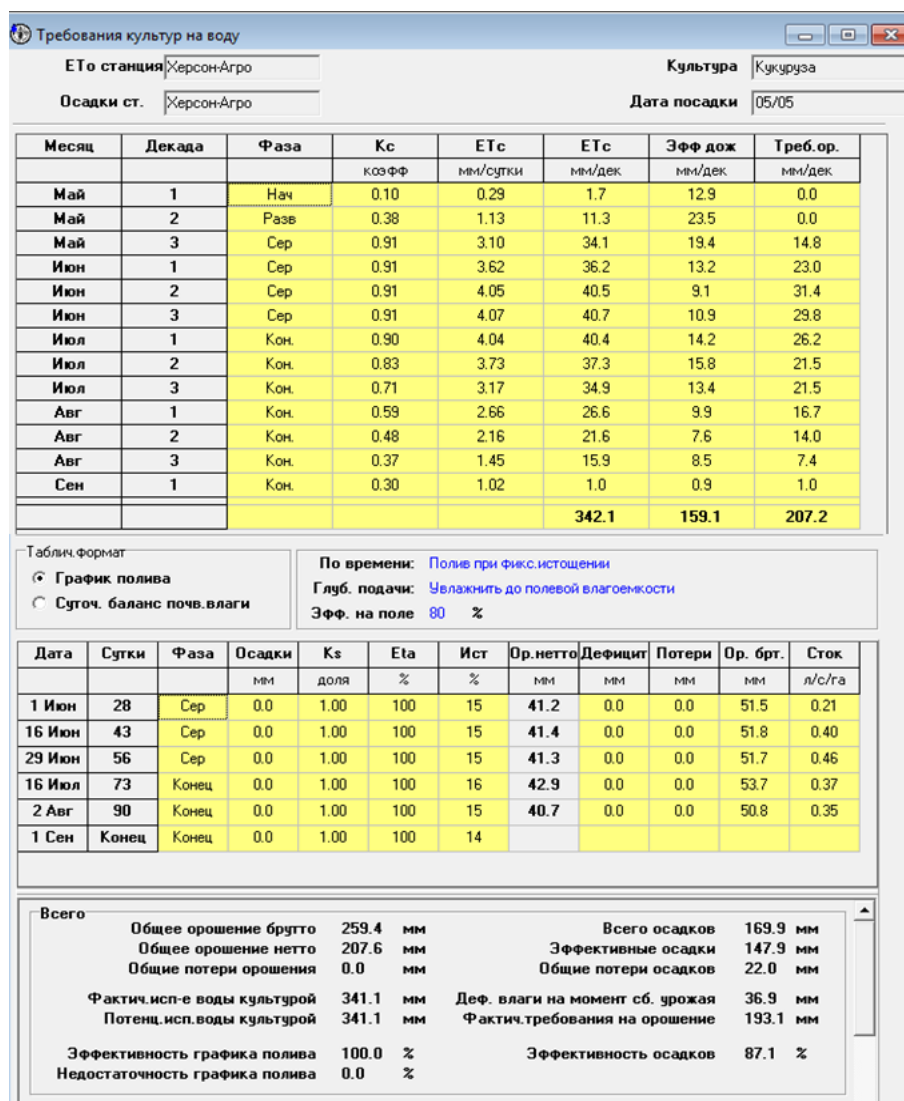


Рис. 4. Змодельовані показники водопотреби та графіка поливу кукурудзи у 2016 р.

Встановлено, що загальна евапотранспірація за період вегетації кукурудзи у 2016 р. становить 342,1 мм. Такі водовитрати будуть компенсовані ефективними опадами на рівні 159,1 мм, а для подолання дефіциту вологи на посівах кукурудзи необхідно подати зрошувальну воду з урахуванням усіх видів непродуктивних втрат – 207,2 мм.

У графіку поливу встановлена потреба проведення вегетаційних 5 поливів зі зрошувальною нормою нетто 207,6 мм. Фактичне використання води на зрошення (сумарне водоспоживання) становить 341,1 мм, з урахуванням дефіциту вологи на час збирання врожаю на рівні 36,9 мм.

У середньому за роки проведення досліджень встановлено, що фактична зрошувальна норма

перевищує змодельовані показники на всіх культурах сівозміни на 18–50 мм (рис. 5).

Щодо пшениці озимої таке перевищення становило 17,1%; на кукурудзі – 21,3%; на сої – 20,8%; на сорго – 13,6%. Отже, доведено, що врахування у програмі CROPWAT елементів водного балансу ґрунту, поточних гідротермічних умов (температура й відносна вологість повітря, кількість опадів), швидкості вітру, параметрів надходження сонячної радіації й евапотранспірації дозволяє більш точно змодельовати водопотребу сільськогосподарських культур, встановити показники поливних і зрошувальних норм максимально точно, раціонально витрачати поливну воду й інші ресурси.

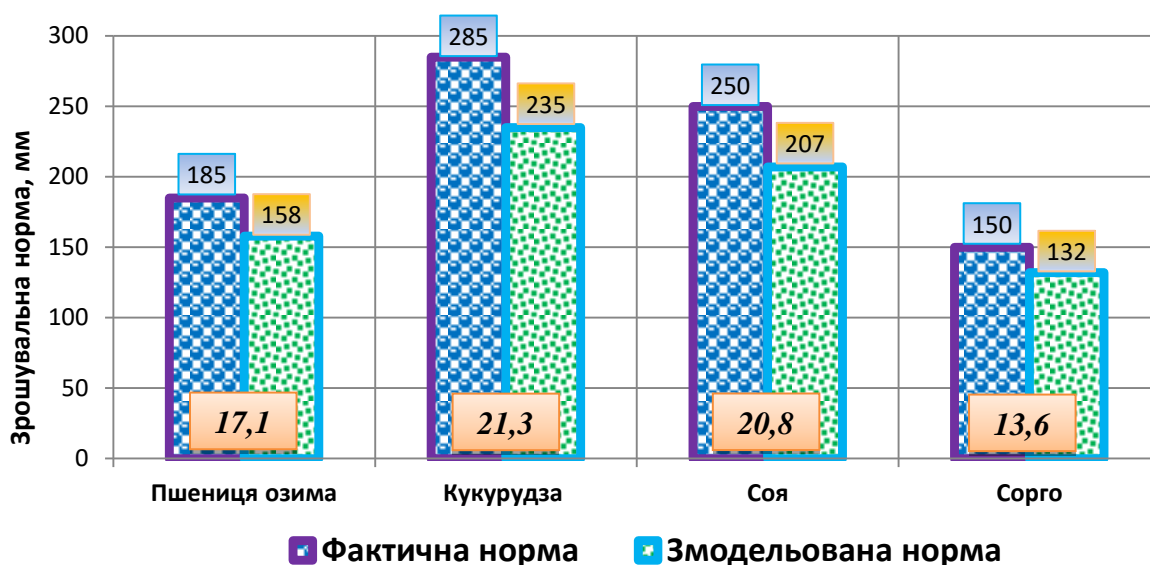


Рис. 5. Показники фактичних і змодельованих у програмі CROPWAT зрошувальних норм за культурами сівозміни, мм (середнє за 2016–2019 рр.)

Висновки. Аналіз погодних умов за період 2016–2019 рр. свідчить про високий рівень аридізації Південного Степу України, високий рівень температур повітря, надходження сонячної радіації та евапотранспірації. Крім того, коефіцієнт варіації надходження атмосферних опадів у період вегетації основних сільськогосподарських культур (квітень – вересень) становить 40,9–180,2%, що свідчить про порушення циклів природного вологозабезпечення й обґрунтовує необхідність застосування зрошення. Визначено, що в усі роки проведення досліджень евапотранспірація досягала найвищого рівня (до 5,82 мм) у літні місяці з найбільшою температурою повітря та надходженням сонячної радіації. Шляхом розрахунків визначено, що максимального забезпечення поливною водою потребують культури сівозміни – кукурудза і соя, дещо меншою мірою – пшениця озима та сорго. Фактичні зрошувальні норми становили 150–285 мм, а змодельовані – 132–235 мм, тобто відповідно на 13,6–21,3% менше. Моделі, які одержані за допомогою інструментарію програми CROPWAT, дозволяють чітко встановлювати дефіцит водоспоживання та відповідні поливні й зрошувальні норми, планувати й оперативну корегувати режими зрошення, зменшувати витрати вологи й інших ресурсів, що має велике агрономічне й еколого-меліоративне значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лазер П.Н., Міхеев Є.К. Інструментарій і технології організації інформації в землеробстві. Херсон : ХДУ, 2006. 368 с.
2. Інформаційні технології : навчальний посібник / за заг. ред. А.В. Нелепова. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 200 с.
3. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики : навчальний посібник. Суми, 2006. 345 с.
4. Коковіхін С.В. Науково-методичні основи встановлення закономірностей та розробки математичних моделей формування урожаю польових культур при зрошенні : монографія. Херсон : Айлант, 2010. 246 с.

5. Тверезовська Н.Т., Нелепова А.В. Інформаційні технології в агрономії : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 272 с.

6. CropWat. Land&Water. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en> (дата звернення: 07.04.2020).

7. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

REFERENCES:

1. Laser, P.N., & Mikheev, E.K. (2006). *Instrumentariy i tekhnolohiyi orhanizatsiyi informatsiyi v zemlerobstvi* [Instrumentation and technologies of information organization in agriculture]. Kherson : KSU. [in Ukrainian]
2. Nelepova, A.V. (2017). *Informatsiyini tekhnolohiyi* [Information Technology : Educ. tool. under the head]. Kyiv : Center for Educational Literature. [in Ukrainian]
3. Svetlichny, O.O., & Plotnitsky, S.V. (2006). *Osnovy heoinformatsiyki* [Fundamentals of geoinformatics : textbook. tool]. Sums : Univ. Book. [in Ukrainian]
4. Kokovikhin, S.V. (2010). *Naukovo-metodychni osnovy vstanovlennya zakonimirostey ta rozrobky matematychnykh modeley formuvannya urozhayu polovykh kultur pry zroshenni* [Scientific and methodological bases for the establishment of patterns and development of mathematical models of crop field formation in irrigation]. Kherson : Island. [in Ukrainian]
5. Tverezovskaya, N.T., & Nelepova, A.V. (2016). *Informatsiyini tekhnolohiyi v ahronomiyi* [Information technologies in agronomy : textbook. tool]. Kyiv : Center for Educational Literature. [in Ukrainian]
6. CropWat. Land & Water. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>. [in English]
7. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiyyny i korelyatsiyyny analiz u zemlerobstvi ta roslynnystvi : navch. posib.* [Analysis of variance and correlation in agriculture and crop production : a textbook]. Kherson : Ailant. [in Ukrainian]