

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**БІЛЯЄВА ІРИНА МИКОЛАЇВНА**

УДК 631.67:633.1:633.31:633.63(477.72)

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ  
ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ  
В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

06.01.02 – сільськогосподарські меліорації

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора сільськогосподарських наук

Херсон – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України.

**Науковий консультант** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент НААН  
**ВОЖЕГОВА Раїса Анатоліївна**,  
Інститут зрошуваного землеробства НААН,  
директор Інституту.

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук,  
професор, академік НААН  
**ТАРАРІКО Олександр Григорович**,  
Інститут агроекології і природокористування НААН,  
головний науковий співробітник відділу економіки  
природокористування в агросфері;

доктор сільськогосподарських наук, професор  
**ЛИМАР Анатолій Остапович**,  
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний  
університет», професор кафедри рослинництва,  
генетики, селекції та насінництва;

доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
**ВАСЮТА Володимир Вікторович**,  
Інститут водних проблем і меліорації НААН,  
провідний науковий співробітник відділу зрошення.

Захист відбудеться «14» червня 2018 року о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 67.830.01 Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» за адресою: 73006 Херсон, вул. Стрітенська, 23, ауд. 104.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» за адресою: 73006 Херсон, вул. Стрітенська, 23 та на сайті вищезгаданого навчального закладу.

Автореферат розісланий «10» травня 2018 року

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
кандидат сільськогосподарських наук, доцент \_\_\_\_\_ А.В. Шепель

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Зрошення за умов підвищення посушливості клімату є визначальним заходом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в Степовій зоні України. За останні десятиліття на Землі загострюються глобальні екологічні загрози, зокрема зміни клімату, опустелювання, втрата біорізноманіття, які руйнують природні ресурси та створюють небезпеку для існування людства. В Україні ці загрози є не менш небезпечними, особливо це стосується змін клімату, які проявляються жорсткими посухами на півдні, а також повеннями – у західних регіонах. Крім того, надзвичайно актуальною проблемою є деградація ґрунтів, що впливає не лише на врожайність та якість рослинницької продукції, але і викликає суттєві економічні втрати на регіональному та державному рівнях.

Важливість та актуальність порушених у дисертаційній роботі питань підтверджена трьома Конвенціями ООН про охорону біорізноманіття, Конвенцією ООН про боротьбу з опустелюванням, Рамковою Конвенцією ООН про зміни клімату. Для подолання негативного впливу змін клімату, опустелювання та деградації ґрунтів, які істотно позначаються на ефективності функціонування аграрного сектору економіки, науковими установами Національної академії аграрних наук України розроблено високоефективні інноваційні технології виробництва сільськогосподарської продукції на зрошуваних землях. Вагомий внесок у розвиток зрошуваного землеробства зробили вчені – С. Д. Лисогоров, В. О. Ушкаренко, О. О. Собко, П. І. Коваленко, М. І. Ромащенко, А. П. Орлюк, І. Д. Філіп'єв, А. О. Лимар, В. А. Писаренко, В. В. Гамаюнова та інші. Водночас зміна земельних відносин в Україні вимагає поглибленого теоретичного обґрунтування і виробничого впровадження інтенсивної системи землеробства на зрошуваних землях відповідно до спеціалізації господарств на засадах адаптації до змін клімату, енергозбереження, економічної доцільності та екологічної безпеки.

Питання оптимізації взаємодії зрошення з структурою посівних площ, сівозмінами, системами удобрення, обробітком ґрунту, захистом рослин від шкідливих організмів на фоні комплексної меліорації та механізації технологічних процесів, які сприяють більш повному використанню природно-кліматичного потенціалу регіону, забезпечуючи реалізацію генетично обумовленого потенціалу продуктивності новітніх сортів і гібридів сільськогосподарських культур, знаходяться у центрі уваги аграрної науки України.

Для комплексного вирішення цих питань нами розроблено багатофункціональну інформаційну базу із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій, яка дозволяє моделювати водний режим ґрунту, оптимізувати режими зрошення сільськогосподарських культур, нормувати витрати поливної води, добрив, пестицидів та підвищувати продуктивність сільськогосподарських культур. Ці проблеми є актуальними та вимагають експериментального вирішення з точки зору підвищення продуктивності зрошуваних земель, врахування впливу на параметри ефективності ведення землеробства на зрошуваних землях природних (зміни клімату, погодні умови, родючість ґрунту тощо) та агротехнологічних (інтенсифікація технологій вирощування, типи режимів зрошення, нормування системи удобрення,

диференціація обробітку ґрунту та ін.) чинників. Від їх вирішення значною мірою залежить стабільність функціонування агропромислового комплексу та продовольча безпека України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Науково-дослідна робота за темою дисертації була складовою частиною тематичного плану Інституту зрошуваного землеробства НААН з виконання державних науково-технічних програм «Виробництво продукції на меліорованих землях», «Родючість ґрунтів», «Розвиток меліорованих територій», «Наукові основи та технології сталого використання водних ресурсів і меліорованих земель» та «Інноваційний розвиток» згідно з завданнями: «Встановити залежність продуктивності зрошуваних агроценозів від вологозабезпеченості років і рівня інтенсифікації землеробства за даними експериментальних досліджень, розробити моделі зв'язку "врожай – вологозабезпеченість" та виконати ідентифікацію їхніх параметрів» (2006-2010 рр., № ДР 0106U006135); «Виконати теоретичні та експериментальні дослідження з методів планування зрошення на засадах інтегрованого управління водними та земельними ресурсами» (2006-2010 рр., № ДР 0106U005328); «Розробити новітні технології вирощування зернових і технічних культур на зрошуваних землях Півдня України» (2006-2010 рр., № ДР 0106U006134); «Розробити програмний комплекс для ефективного використання термічних, ґрунтових і водних ресурсів Півдня України» (№ ДР 0106U006129); «Розробити автоматизовану систему "Зрошуване землеробство" для умов Півдня України» (2006-2010 рр., № ДР 0106U006130); «Дослідити вплив якості води і локального характеру зволоження на ґрунтові процеси, продуктивність сільськогосподарських культур та елементи систем мікродощування, обґрунтувати напрями і методологію удосконалення способів підготовки води в системах мікродощування нового покоління» (2006-2010 рр., № ДР 0108U005991); «Розробити систему інформаційного забезпечення вирощування сільськогосподарських культур при мікрозрошенні» (2008-2012 рр., № ДР 0108U005999); «Вивчити закономірності та розробити математичні моделі формування урожаю польових культур при зрошенні» (2008-2012 рр., № ДР 0108U005998); «Наукове обґрунтування та розробка систем управління продукційними процесами в агроценозах зрошуваних меліоративних систем і агроландшафтів зони Південного Степу в умовах глобальних змін клімату» (2016-2018 рр., № ДР 0115U003712); «Наукові основи ефективного функціонування та інноваційно-інвестиційного розвитку аграрної науки в конкурентних умовах міжнародної інтеграції» (2016-2020 рр., № ДР 0115U003959), в яких автор була відповідальним виконавцем та науковим керівником.

**Мета дисертаційної роботи** – теоретично обґрунтувати та розробити заходи підвищення продуктивності зрошуваних земель в умовах Південного Степу України з урахуванням природних, технологічних, економічних, енергетичних, екологічних чинників, нормуванням і моделюванням природних та технологічних процесів, впровадженням новітніх інформаційних засобів і спеціальних комп'ютерних програм.

Для досягнення поставленої мети передбачалось вирішення таких завдань:

➤ здійснити комплексну агроекологічну оцінку впливу гідротермічних

чинників на продуктивність зрошуваних агроecosystem за умов змін клімату;

➤ вдосконалити схеми сівозмін з урахуванням еколого-меліоративного стану зрошуваних земель, параметрів гідромодулю, господарсько-економічних показників та спеціалізації господарств різних форм власності;

➤ визначити ефективність застосування органічних, мінеральних і мікродобрих для моделювання, оптимізації систем удобрення, встановити математичні зв'язки між динамікою макро- та мікроелементів за тривалого зрошення;

➤ розробити ресурсо- та енергозберігаючі моделі зрошуваних агроecosystem з адаптуванням до змін клімату;

➤ провести оцінку якості інгулецької та дніпровської води для зрошення в динаміці протягом вегетаційного періоду із застосуванням методу кластерного аналізу;

➤ здійснити комплексну оцінку розроблених інноваційних заходів і технологій підвищення продуктивності зрошуваних земель в умовах Південного Степу України для впровадження їх у виробництво;

➤ провести економічну та енергетичну оцінку зрошуваних агроecosystem з метою оптимізації витрат та підвищення їх продуктивності.

*Об'єкт дослідження* – процеси змін клімату та моделювання ресурсо- та енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур у зрошуваних агроecosystemах в умовах Південного Степу України.

*Предмет досліджень* – клімат, ґрунтовий покрив у зоні різних зрошувальних систем, зрошувальна вода, сівозміни, водний, поживний, сольовий режими та гумусовий стан ґрунтів, економічна і енергетична ефективність моделей агроecosystem та технологій вирощування сільськогосподарських культур.

**Методи дослідження.** У роботі використовували загальнонаукові та спеціальні методи. Із загальнонаукових застосовували: польовий експеримент, спостереження та аналіз. Серед спеціальних користувалися основними методами наукових досліджень у сільськогосподарських меліораціях та агрономії: лабораторний, польовий та статистичний. Показники продукційного процесу досліджуваних культур обробляли за допомогою порівняльно-обчислювальних методів (дисперсійний, кореляційний, регресійний і варіаційний аналіз). Розрахунковим методом визначали економічну та енергетичну ефективність застосування досліджуваних чинників для підвищення продуктивності зрошуваних агроecosystem.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягала у розв'язанні наукової проблеми та агроecologicalного обґрунтування ресурсо- та енергозберігаючих зрошуваних моделей агроecosystem, адаптованих до змін клімату з метою підвищення їх продуктивності, нормування ресурсів, моделювання та практичного використання на виробничому рівні спеціальних комп'ютерних програм.

*Вперше:*

– проведено комплексну оцінку впливу гідротермічних умов на продуктивність різних моделей зрошуваних агроecosystem на локальному та регіональному рівнях за умов адаптації до змін клімату;

– визначено ефективність застосування макро- та мікродобрих з

встановленням нормативних параметрів для підвищення продуктивності зрошуваних агроecosистем;

- створено моделі технологій вирощування сільськогосподарських культур, адаптованих до локальних природних умов та різного рівня ресурсного забезпечення;

- проведено порівняльну оцінку якісного складу інгулецької та дніпровської зрошувальної води із застосуванням методу кластерного аналізу;

- розроблено та науково обґрунтовано інноваційні підходи до розвитку зрошувальних меліорацій, підвищення їх ефективності та конкурентоспроможності зрошуваних агроecosистем.

*Удосконалено* систему агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення врожайності, зменшення витрат ресурсів, мінімізації антропогенного навантаження на зрошувані агроecosистеми, наукові положення формування сівозмін з урахуванням еколого-меліоративного стану зрошуваних земель та господарсько-економічних параметрів господарств зони зрошення Південного Степу України.

*Набули подальшого розвитку* наукові положення з визначення показників динаміки сумарного водоспоживання сільськогосподарських культур у різних сівозмінах залежно від природних та агротехнологічних чинників.

Обґрунтовано економічну й енергетичну ефективність застосування зрошення в умовах Південного Степу України при вирощуванні основних польових культур.

Наукова новизна висвітлених у дисертаційній роботі результатів досліджень підтверджена одержаними патентами і свідоцтвами про реєстрацію авторського права на твір.

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі порівняльних аналізів, обліків і спостережень встановлено, що розроблені агроecологічні заходи підвищення продуктивності зрошуваних земель в умовах Південного Степу України мають практичне значення і широко впроваджені у виробництво. Моделювання водного режиму з використанням сучасних інформаційних засобів з встановленням параметрів евапотранспірації з метою наукового обґрунтування режимів зрошення, нормування витрат поливної води, добрив, пестицидів та інших ресурсів дозволяє підвищити врожайність польових культур до 20-25%, забезпечує економію поливної води на 15-30%, сприяє зростанню прибутків та покращенню агроecологічного стану ґрунтів. Для планування зрошення та оптимізації ресурсозберігаючих технологій вирощування доцільно використовувати спеціальні комп'ютерні програми (наприклад, CROPWAT 8.0), які спрощують розрахунки складових елементів водного режиму ґрунту та водопотреби для окремих площ сільськогосподарських культур, враховують поточні сценарії метеорологічних умов, забезпечують високу точність розрахунків, мають економічні та екологічні переваги.

Результати досліджень було впроваджено в сільськогосподарських підприємствах Херсонської області протягом 2012-2016 рр. за сприяння Департаменту агропромислового розвитку Херсонської ОДА та Херсонського обласного управління водних ресурсів на загальній площі понад 50 тис. га зрошуваних земель Південного Степу України, а також пройшли виробничу апробацію в умовах ДП «Дослідне господарство «Асканійське» Асканійської

державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошеного землеробства НААН на площі 155 га, ДП «Дослідне господарство «Каховське» Інституту зрошеного землеробства НААН на площі 375 га та ТОВ «Сільськогосподарське підприємство «Злато Таврії» Бериславського району Херсонської області на площі 525 га.

Результати дисертаційних досліджень використовуються в навчальному процесі Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» з викладання загальних курсів дисциплін «Сільськогосподарські меліорації», «Зрошене землеробство» та «Агрометеорологія» на агрономічному факультеті.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійною, завершеною науковою працею. Особисто автором здійснено пошук та опрацювання літературних джерел за темою дисертаційної роботи, планування та виконання польових досліджень. Автор приймала безпосередню участь у виконанні експериментальних досліджень, визначенні, узагальненні та статистичній обробці одержаних даних. Підготовлено до друку статті та монографії, здійснено впровадження результатів досліджень у виробництво. Друковані праці за темою дисертації підготовлено самостійно та у співавторстві, частка творчого внеску в опублікованих у співавторстві працях полягає в плануванні та виконанні експериментальних досліджень, узагальненні та опрацюванні результатів, а також підготовці рукописів до друку. Впровадження розробок у виробництво здійснювалось безпосередньою за участю дисертантки або під її керівництвом.

В окремих розділах дисертаційної роботи й авторефераті, як первинний цифровий матеріал для моделювання технологій вирощування сільськогосподарських культур зрошуваних агроєкосистем, здійснення дисперсійного, кореляційно-регресійного, варіаційного аналізів, використано експериментальні дані, одержані сумісно з іншими вченими Інституту зрошеного землеробства НААН, про що зазначається відповідними посиланнями, а спільні авторські права закріплені патентами та свідоцтвами авторського права на твір.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи щорічно доповідались на засіданнях методичної комісії та вченої ради Інституту зрошеного землеробства НААН, обласних, районних і міжнародних науково-практичних семінарах та конференціях з питань меліорації, зрошеного землеробства, рослинництва, економіки та екології, а також науково-практичних конференціях: «Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління» (Мелітополь, ТДАТУ, 2009); «Проблеми та перспективи ведення землеробства в посушливій зоні Степу України» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2009); «Інтегроване управління меліорованими ландшафтами» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2011); «Стан та перспективи виробництва сільськогосподарської продукції на зрошуваних землях» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2012); «Використання ГІС та ДЗЗ у землекористуванні» (Миколаїв, МНАУ, 2012); «Адаптація землеробства до змін клімату – шлях підвищення функціонування сільського господарства» (Херсон, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2013 р.); «Ефективне ведення землеробства в Степу України» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2013); «Комплексні меліорації земель, як складова раціонального природокористування» (Херсон, ДВНЗ

«Херсонський державний аграрний університет», 2013); «Стратегія підвищення ефективності та конкурентоспроможності аграрного сектору економіки» (Херсон, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2013); «Актуальні питання вирощування сільськогосподарських культур у південному регіоні України» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2014); «Актуальні питання ведення землеробства в умовах змін клімату» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2015); «Інноваційний розвиток АПК України: проблеми та їх вирішення» (Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, 2015 р.); «Актуальні проблеми та напрями розвитку агробізнесу та правового забезпечення АПК в Україні та світі» (Херсон, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2015); «Олійні культури. Тенденції та перспективи» (Запоріжжя, Інститут олійних культур НААН, 2016); «Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції» (Кам'янець-Подільський, ПДАТУ, 2016); «Європейська інтеграція: досвід Німеччини та України» (Херсон, Херсонська облдержадміністрація, 2016); «Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату» (Херсон, ІЗЗ НААН, 2016); «Інновації в сфері захисту навколишнього середовища» (Херсон, Херсонська облдержадміністрація, 2016); «Управління водними ресурсами в умовах змін клімату» (Київ, Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017); «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (с. Центральне Миронівського р-ну Київської обл., Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН, 2017); «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку» (Київ, Український інститут експертизи сортів рослин, 2017); «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі» (Дніпро, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, 2017).

**Публікації результатів досліджень.** За результатами наукових досліджень опубліковано 57 наукових праць, з яких 19 у фахових виданнях, у закордонних фахових виданнях та у виданнях, занесених до міжнародних наукометричних баз – 5, монографій і навчальних посібників – 8, патентів та авторських свідоцтв – 3, матеріалів конференцій – 19, методичних рекомендацій – 8. Автором особисто здійснено інформаційний пошук та аналіз літературних джерел за напрямками публікацій, які віддзеркалюють результати дисертаційної роботи, узагальнено багаторічні експериментальні дані, сформовано бази даних показників продуктивності досліджуваних сільськогосподарських культур, метеорологічних параметрів, складових елементів технологій вирощування тощо.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація викладена на 422 сторінках машинописного тексту (з них 242 основного), що складається зі вступу, 8 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та 33 додатки. Роботу проілюстровано 41 таблицями, 80 рисунками. Список використаних джерел налічує 507 найменувань, з яких 50 – латиницею.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, сформовано мету, завдання та об'єкт досліджень, відображено її загальну характеристику.



## **ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ПРОДУКТИВНОСТІ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ (СТАН ПРОБЛЕМИ)**

Проаналізовано літературні джерела з питань теоретичних і методологічних аспектів формування інтенсивних систем землеробства на засадах оптимізації та взаємодії зрошення з структурою посівних площ, добром сільськогосподарських культур, системами удобрення, що сприяє більш повному використанню природно-кліматичних та технологічних агроресурсів регіону, забезпечуючи реалізацію генетично обумовленого потенціалу продуктивності новітніх сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Теоретично обґрунтовано обраний напрям досліджень. Визначено питання, які вимагають поглибленого експериментального дослідження, перебувають у центрі уваги аграрної науки, мають вирішальне значення у формуванні сталого агропромислового розвитку південного регіону України, збереженні природної та підвищенні ефективної родючості зрошуваних ґрунтів.

Відображено теоретичні основи та еколого-меліоративні аспекти застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях, наведено науково-методичні та агроекологічні підходи оптимізації агротехнічних заходів, віддзеркалено основні напрями підвищення продуктивності поливних земель та їх агро-меліоративного стану. Показано, що вирішення проблем підвищення продуктивності зрошуваних земель в умовах Південного Степу України потребує теоретичного та практичного обґрунтування комплексу агрозаходів з урахуванням природних, технологічних, економічних, енергетичних, екологічних чинників шляхом нормування і моделювання природних та технологічних процесів, впровадженням комп'ютерних програм, для чого необхідним є проведення досліджень з цього напрямку, результати яких викладено в дисертаційній роботі.

### **УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Ґрунти Степової зони України відзначаються неоднорідністю і змінюються від чорноземів звичайних на півночі до темно-каштанових і каштанових на півдні. В цьому ж напрямку підвищується рівень та мінералізація ґрунтових вод, збільшується засоленість, солонцюватість й осолодіння ґрунтів. Ґрунт дослідного поля Інституту зрошуваного землеробства НААН, де проводили досліди з польовими культурами, темно-каштановий середньосуглинковий слабкосолонцюватий на карбонатному лесі, типовий для зони зрошення Південного Степу України. В орному шарі ґрунту містилося гумусу 2,15%, кількість якого з глибиною поступово зменшується. Загальний вміст азоту складав – 0,17%, рухомого фосфору й обмінного калію відповідно містилося 30-40 мг і 350-450 мг/кг ґрунту. рН водної витяжки – 6,8-7,2. Найменша вологомісткість 0-100 см шару ґрунту складала 21,5%, загальна пористість – 45,0%, вологість в'янення – 9,0% від маси сухого ґрунту, щільність складення – 1,41 г/см<sup>3</sup>. Підґрунтові води залягали на глибині 18-20 м.

Клімат Південного Степу України – помірно-континентальний, з недостатнім та нестійким зволоженням, а також великими ресурсами сонячної радіації,

сформував степові ландшафти. Роки проведення досліджень, які використовували для моделювання продуктивності зрошуваних агроecosystem, за дефіцитом випаровуваності були: 1994 р. – середній; 1995 – середньосухий; 1996 – сухий; 1997 – вологий; 1998 – середній; 1999 – середньосухий; 2000 – середньовологий; 2001 – середньосухий; 2002 – сухий; 2003 – середньовологий; 2004 – вологий; 2005 – середньовологий; 2006 – середньосухий; 2007 – сухий; 2008 – середній; 2009 – середній; 2010 – середньовологий; 2011 – середньосухий; 2012 – сухий; 2013 – середньосухий; 2014 – середній; 2015 р. – середньосухий; 2016 р. – середній. Для характеристики погодних умов та розрахунку показників надходження сонячної радіації, індексів і коефіцієнтів, евапотранспірації тощо використовували дані агрометеорологічної станції Херсон та архіви баз даних з мережі Інтернет, зокрема: середня температура повітря (T), °C; мінімальна (Tn) та максимальна (Tx) температура, °C; кількість опадів (RRR), мм; відносна вологість повітря (U), %; швидкість вітру, м/с; загальна хмарність (N), %. Для оцінки гідротермічних умов у роки проведення досліджень використовували Програмно-інформаційний комплекс «Agromet» та програми ФАО ООН: Aqua Crop 6.0 та CROPWAT 8.0.

У дисертаційній роботі використано матеріали багаторічних експериментальних досліджень, які були проведені у відповідності до Державних науково-технічних програм протягом 1970-2016 рр. згідно тематичних планів Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України. Крім того, для моделювання використано дані польових дослідів Інституту зрошуваного землеробства в інших екологічних пунктах Південного Степу України, про що зазначено у відповідних експериментальних розділах.

Дослідження проведені з використанням загальноновизнаних методик польового дослідів (Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В., 2010, 2014). Польові дослідів закладали методом рендомізованих розщеплених ділянок. У дисертаційній роботі висвітлено результати досліджень з основними сільськогосподарськими культурами, які вирощують на зрошуваних землях Південного Степу України – люцерною, пшеницею озимою, кукурудзою, соєю, ріпаком. Назви дослідів, місце та роки їх проведення, а також схеми дослідів наведено безпосередньо в експериментальних розділах. Агротехніка в польових дослідів була загальноновизнаною для умов Південного Степу України за винятком досліджуваних факторів і варіантів.

Лабораторні дослідження супроводжувалися аналізами ґрунту згідно вимог ДСТУ та методичних рекомендацій. Також ґрунт і рослини досліджували сучасними мобільними приладами – Luster Leaf Rapitest 1835, МГ-44 та N-Tester.

Фенологічні спостереження польових дослідів проводили на постійно закріплених рослинах у двох несуміжних повтореннях. Відзначали настання основних фаз росту й розвитку досліджуваних сільськогосподарських культур. В основні фази їх росту й розвитку відбирали зразки рослин для визначення приросту сирової та сухої біомаси, а також ґрунту для вмісту хімічних елементів (Ничипорович А.А., 1961). Їх аналіз проводили у лабораторії аналітичних досліджень Інституту зрошуваного землеробства НААН (свідоцтво про атестацію № РЧ 096/2015).

У рослинних зразках, згідно прийнятих методик, визначали вміст: сирового

протеїну, загального азоту – за К'ельдалем; сирової клітковини – за Геннебергом і Штомманом; сирого жиру – шляхом екстрагування за Рушковським; сирової золи – методом сухого озолення; калію – на полуменовому фотометрі; фосфору – фотоколориметричним методом. На основі хімічних аналізів визначали вміст кормових одиниць у сухій речовині.

Фактичну вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом, за допомогою приладу МГ-44 та розрахунковими методами. Проби ґрунту, для визначення строків поливів і розрахунку сумарного водоспоживання рослин, відбирали пошарово через 10 см на глибину 50-200 см за міжфазними періодами досліджуваних сільськогосподарських культур.

Величину поливних норм, сумарне водоспоживання та питому вагу складових водного балансу визначали за Костяковим О.М. (1961). Для оцінки гідротермічних умов у роки проведення досліджень використовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який розраховували за методикою Г.Т. Селянінова. Ефективність використання теплових ресурсів зони Південного Степу України оцінювали за температурним індексом.

Коефіцієнт продуктивності зрошення ( $CWP_E$ ) визначали згідно методики ФАО ООН за співвідношенням приросту врожайності від поливів до різниці евапотранспірації між зрошуваними і неполивними ділянками.

Результати обліку врожаю обробляли методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів з використанням персонального комп'ютера та програмно-інформаційного комплексу «Agrostat» (Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В., 2014).

Визначення економічної та енергетичної ефективності різних варіантів польових дослідів проводили згідно зі спеціальними методиками за фактичними витратами, передбаченими технологіями вирощування сільськогосподарських культур в умовах зрошення Південного Степу України, згідно електронних технологічних карт.

Для здійснення аналітичних досліджень, створення науково обґрунтованих інноваційних підходів до розвитку зрошувальних меліорацій в Україні та підвищення продуктивності зрошуваних земель використовували спеціальні методики, які базуються на методологічній основі та становлять фундаментальні положення економічної теорії, наукові концепції і праці провідних українських і зарубіжних вчених в області інноватики та організаційного проектування інноваційних процесів та інституційної інфраструктури.

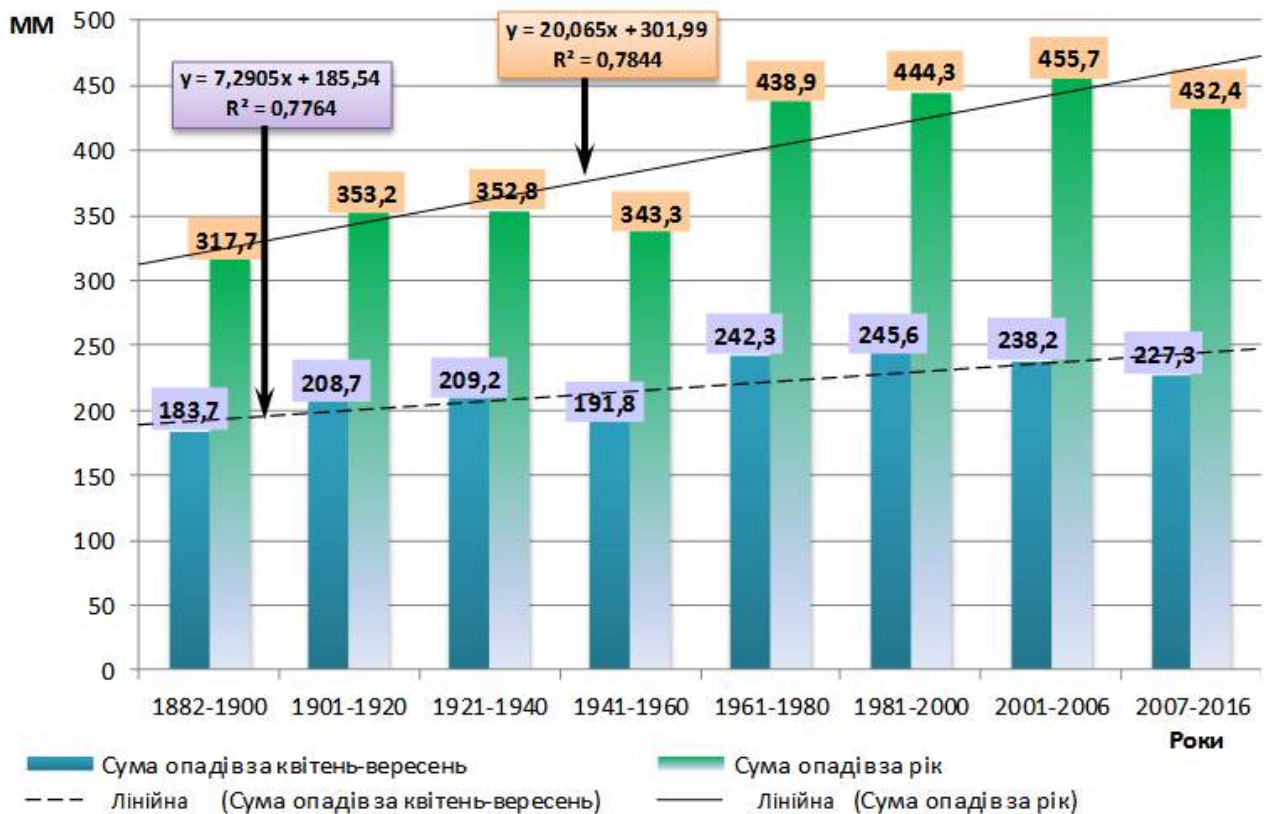
## **КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ ЗА УМОВ ЗМІН КЛІМАТУ**

Умови вологозабезпеченості є найважливішим фактором життєдіяльності сільськогосподарських рослин, а також головним стримуючим чинником отримання високих і сталих урожаїв. Існуючі моделі глобальних змін клімату за даними Міжнародної метеорологічної організації свідчать про те, що прогнозований температурний режим на нашій планеті до 2090 року може відбуватися за чотирма сценаріями: за першим сценарієм на Землі прогнозується

підвищення температури повітря до 20°C, за другим – до 17,8°, за третім – 17,3° і за четвертим 15,8°C. У зв'язку з цим ефективність зрошення зростатиме, за умов використання його з науковим обґрунтуванням, гнучкими підходами до локальних природних та агротехнічних чинників.

За даними Українського гідрометеорологічного центру, як прояв глобального потепління клімату, встановлено, за останні десятиліття, підвищення середньорічної температури повітря на 1,9°, а в літні місяці – на 3,6-3,9°C, що негативно впливає на врожайність, якість продукції сільськогосподарських культур та економічну ефективність технологій їх вирощування.

Продуктивність зрошення в посушливих умовах Південного Степу України великою мірою залежить від метеорологічних умов, а особливо – від кількості атмосферних опадів за рік та за теплий період (з квітня по вересень місяці). Згідно узагальнення багаторічних даних агрометеорологічної станції Херсон за період з 1882 по 2016 роки визначена загальна тенденція до поступового підвищення річної кількості опадів (рис. 1).



**Рис. 1 Динаміка кількості атмосферних опадів у середньому за рік і період «квітень – вересень» за даними агрометеорологічної станції Херсон за умовними багаторічними періодами з 1882 по 2016 рр., мм**

Найбільшою мірою урожайність сільськогосподарських культур в посушливих умовах Південного Степу України залежить від кількості атмосферних опадів за рік та вегетаційний період. Відповідно до аналізу багаторічних даних спостережень агрометеорологічної станції Херсон за період з 1882 по 2016 роки нами встановлено поступове збільшення кількості атмосферних опадів за рік і вегетаційний період.

З метою встановлення динаміки змін цих показників стотридцятип'ятирічний проміжок часу розділили на дві частини: перша частина з 1882 року по 1960 рік і друга – з 1961 по 2016 рік. Кожну з цих частин ми розбили ще на чотири періоди.

В результаті опрацювання даних встановлено, що за чотири періоди 79-річного проміжку часу: середньорічна сума атмосферних опадів коливалася в межах 317-353 мм, а за чотири періоди послідуєчого 56 річного проміжку часу середньорічна сума опадів збільшилася на 105-115 мм і склала 432 - 456 мм, або зросла на 30-35%.

За визначеними багаторічними періодами ми дослідили показники суми атмосферних опадів за квітень – вересень і встановили, що вони підпорядковані таким самим закономірностям, тобто спостерігалось їх зростання на 14,0-32,0%.

В цілому за весь період спостережень з 1882 по 2016 рр. при використанні кореляційно-регресійного аналізу одержано лінійні рівняння теоретичних показників кількості атмосферних опадів з високим ступенем кореляційного зв'язку, які відображають загальну закономірність підвищення цього показника як у середньорічній площині, так і за умовний період «квітень – вересень».

Аналізуючи дані двох останніх десятиліть, з 1994 по 2004 рік та з 2005 по 2016 роки нами встановлено, що посушливість клімату підвищується більш інтенсивно ніж у попередні досліджувані періоди.

Якщо за перший десятилітній період налічували три роки з середньорічною сумою опадів менше 400 мм, то за другий їх уже було сім. Середньорічна температура повітря за 1994-2004 роки складала 10,6°C, а за 2005-2016 роки вона досягла 11,3°C, тобто зросла на 0,7°C, або на 6,6%. У той же час відносна вологість повітря знизилася з 65 до 63%.

Метеорологічні показники вегетаційного періоду (квітень – вересень) 2005-2016 років характеризувалися певними відмінностями, особливо в окремі роки. Більш істотним коливанням підпорядковані атмосферні опади. Якщо у 2007 році їх випало 144 мм, то у 2015 р. – у два рази більше – з коефіцієнтом варіації за 12 річний період 25,4%. Гідротермічний коефіцієнт коливався від 0,41 у 2007 році до 0,91 у 2015 році з коефіцієнтом варіації за досліджуваний період – 26,3%. Надходження сонячної енергії, відносна вологість повітря та сума температур повітря понад 10°C мали рівень мінливості від 4,0 до 8,5%.

Такі тенденції підтверджено результатами лінійного кореляційно-регресійного аналізу досліджуваних показників. Сформовані лінії тренду свідчать про закономірність істотного наростання кількості атмосферних опадів, сум температур повітря понад 10°C та евапотранспірації.

Відносна вологість повітря та швидкість вітру характеризувалися практично повною стабільністю протягом 2005-2016 рр., а надходження сонячної енергії на 1 м<sup>2</sup> посівної площі – проявило тенденцію до зниження. Водночас необхідно зауважити, що, незважаючи на зростаючу кількість опадів за лінією тренду, рівномірність їх надходження порушилась у бік зростання кількості непродуктивних опадів, особливо за останні 5-7 років.

Аналіз інтенсивності розвитку зрошуваного землеробства в світі також свідчить про збільшення посушливості клімату. Якщо на початку ХІХ століття у світі поливалося 8 млн га, то до початку ХХ століття площа зрошуваних земель

зросла у 5 разів і склала 40 млн гектарів. На сьогоднішній день штучне зволоження застосовує 120 країн світу. На Азіатському континенті площа зрошення досягла 160 млн гектарів, близько 80% цієї площі припадає на Китай, Індію та Пакистан. У Західній півкулі найбільш інтенсивно зрошення використовують в Північній і Центральній Америці, де його площі перевищують 30 млн га, з яких 70% приходить на США.

В теперішній час площа зрошуваних земель у світі складає понад 270 млн га, що відповідає 1/6 частині світової ріллі. Водночас зрошувані землі забезпечують практично стільки ж продукції сільського господарства, скільки її отримують із усіх неполивних площ.

Клімат Степової зони України жаркий, посушливий, із значними ресурсами сонячної радіації на фоні дефіциту природного зволоження, що обумовлює необхідність застосування зрошення для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, стабілізації валових зборів рослинницької продукції, забезпечення економічної ефективності та екологічної безпеки функціонування агропромислового виробництва.

Тому в південній частині Степової зони України з загальною площею орних земель 4,7 млн га зрошувалось і на сьогоднішній день може поливатись понад 1,5 млн га, тобто кожний третій гектар. Протягом 2017 року в Степовій зоні України поливалося 459,8 тис. га. Найбільші площі зрошення приходилось на Херсонську область (понад 300 тис. гектарів), Запорізька, Одеська, Дніпропетровська, Миколаївська поливали 30-50 тис. гектарів, і найменше – Донецька, Кіровоградська та Луганська області – відповідно 4,7, 3,5 та 0,3 тис. гектарів.

У підприємствах, які ведуть господарювання в зоні дії зрошувальних систем України, знайшла поширення інтенсивна система землеробства, яка склалася на даний час. За результатами узагальнення багаторічних експериментальних досліджень створено базу даних формування продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зрошення Південного Степу України.

В цій базі для кожної культури досліджуваних експериментальних сівозміни надано характеристику гідротермічних умов за роки досліджень, показники поливних і зрошувальних норм, сумарного водоспоживання та урожайності сільськогосподарських культур. Використання розробленої бази даних дозволило провести оцінку природних умов на різних рівнях – окремих полів, сівозмін та господарства.

На основі узагальнення баз даних метеорологічної станції Херсон за період з січня по грудень місяці у роки проведення досліджень – 2005-2016 рр., з використанням інструментарію програмного комплексу CropWat були проаналізовані показники мінімальної і максимальної температур, відносної вологості повітря, швидкості вітру, інтенсивності сонячної радіації та встановлено їх вплив на інтенсивність ростових процесів і формування врожаю сільськогосподарських культур.

За допомогою математичного моделювання визначено показники надходження сонячної радіації в МДж/м<sup>2</sup> за добу шляхом пропорційного врахування параметрів загальної хмарності та температурного режиму, а також середньодобового випаровування – за методом Пенмана-Монтейта – в міліметрах за добу.

## НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ СІВОЗМІН З ВРАХУВАННЯМ ГІДРОМОДУЛЯ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

За результатами досліджень встановлено, що найважливішими складовими інтенсивної системи землеробства на зрошуваних землях, що сприяють раціональному використанню потужностей зрошувальних систем з подачі поливної води, підвищенню продуктивності сівозмін, збереженню родючості ґрунтів та підтриманню сприятливого фітосанітарного і екологічного стану є добір і порядок чергування культур.

У польових дослідях, які були проведені на полях Інституту зрошуваного землеробства НААН, вивчали вісім схем: 2-; 3-; 4-; та 8-пільних сівозмін, які в теперішній час є найбільш поширеними на зрошуваних землях України. Шляхом моделювання агротехнологічних параметрів сформовано зрошувані сівозміни з наступним чергуванням сільськогосподарських культур:

1. Люцерна, люцерна, пшениця озима + горохо-вівсяна сумішка, буряк на корм, кукурудза на силос, пшениця озима + кукурудза з підсівом сої на зелений корм, кукурудза на зерно, ячмінь з підсівом люцерни (коефіцієнт використання зрошуваної ріллі – 1,375).

2. Соя, пшениця озима + гречка (коефіцієнт – 1,33).

3. Соя, кукурудза (коефіцієнт – 1).

4. Кукурудза, кукурудза, соя (коефіцієнт – 1).

5. Соя, соя, кукурудза (коефіцієнт – 1).

6. Кукурудза, кукурудза, соя, пшениця озима + просо (коефіцієнт – 1,25).

7. Соя, соя, кукурудза, ячмінь озимий + кукурудза на зерно (коефіцієнт – 1,25).

8. Однорічні злаково-бобові на зелений корм + соняшник на олієнасіння, однорічні злаково-бобові сумішки на зелений корм + кукурудза на зерно, озимий ячмінь + соя, кормовий буряк (коефіцієнт 1,75).

Питома вага зернових культур у сівозмінах, що взяті на дослідження, була в межах від 33,4 до 75,0%; технічних, насамперед сої – від 25 до 66,6%; кормових – кукурудзи на силос, люцерни, буряку на корм та багатокомпонентних сумішок – від 33,3 до 50%. Коефіцієнт використання зрошуваної ріллі в сівозмінах коливався від 1,0 до 1,75.

Для сільськогосподарських культур, що входять до складу експериментальних сівозмін на зрошуваних землях, розроблено науково обґрунтовані технології вирощування з режимами зрошення, що відповідають їх біологічним особливостям, а звідси формується різна потреба в поливній воді впродовж вегетаційного періоду.

Середньозважена норма зрошення для експериментальних сівозмін досягала в липні місяці 4300 м<sup>3</sup>/га на ділянках з 50 та 66,6% насиченням соєю (табл. 1).

У серпні у сівозмінах з 50% питомою вагою сої вона різко зменшується і складає 3000 м<sup>3</sup>/га, а з 50 та 66,6% насиченням кукурудзою – знижується до 3500 та 3900 м<sup>3</sup>/га і залишається високою, тобто ці два місяці є найбільш напруженими за водопостачанням.

Величина гідромодуля в липні місяці досягла 0,447-0,531 л/с/га. Це свідчить про те, що цей місяць є критичним для двопільних і трипільних сівозмін з 50 та 66% насиченням соєю і кукурудзою.

Витрати води на зрошення в експериментальних сівозмінах, м<sup>3</sup>

Календарний місяць вегетаційного періоду	Схеми сівозмін з різним насиченням кукурудзою та соєю							
	8-пільна	2-пільні		3-пільні		4-пільні		
Сівозміна, №	1	2	3	4	5	6	7	8
Травень	2000	900	-	-	-	1350	1400	1600
Червень	3800	1300	1400	2400	1800	2850	1800	2800
Липень	7500	900	2400	3900	4300	3900	4300	3000
Серпень	6500	1900	2500	3500	3000	3900	3000	2500
Вересень	3600	600	400	400	800	600	800	600
Витрати: на 1 га с.п.	2925	2800	3350	3400	3300	3150	2825	2625

Слід зауважити, що у переважній кількості господарств Південного Степу України проектні значення гідромодуля функціонуючих зрошувальних систем та їх ділянок у таких сівозмінах не спроможні забезпечити оптимальний режим зрошення сільськогосподарських культур.

На зрошувальних ділянках з гідромодулем вище 0,35 л/с/га, тобто на Каховській, Фрунзенській, II черзі Краснознам'янської зрошувальних систем є можливість застосовувати 4-пільні сівозміни з питомою вагою кукурудзи, сої та пшениці озимої відповідно: 50, 25 та 25%; або 25, 50 і 25% та 2-пільні сівозміни з 50% насиченням соєю і пшеницею озимою.

Збільшення питомої ваги кукурудзи і сої у 2-3-пільних сівозмінах до 50-66% призводить до порушення науково обґрунтованих режимів зрошення та зниження продуктивності цих культур на усіх зрошувальних системах України.

Включення до складу сівозмін багаторічних бобових трав і проміжних ранньовесняних і післяжнивних багатокомпонентних травосумішок на зелений корм та кукурудзи, проса і гречки на зерно забезпечувало зниження витрат поливної води на один гектар сівозмінної площі на 11,0-27,0%. Водночас продуктивність сівозміни за рахунок проміжних посівів сільськогосподарських культур істотно зростала і коливалася в межах 12,8-14,1 тонни кормових одиниць з гектара, проти 10,0-11,1 т/га у сівозмінах з 50,0 та 66,6% насиченням кукурудзою і соєю. У сівозмінах з проміжними посівами культур на зерно і зелений корм визначено зменшення витрат води на формування 1 т/к.од. на 24-40% та зростання виробництва продукції на 1000 м<sup>3</sup> поливної води від 23 до 66%.

Так, у 4-пільній сівозміні з 50% насиченням соєю, 25% питомою вагою кукурудзи на зерно та 25% – ячменю озимого з післяжнивним посівом середньораннього гібриду кукурудзи на зерно, продуктивність сівозміни досягла 14,1 т/га кормових одиниць з витратами поливної води на 1 тону кормових одиниць 200 м<sup>3</sup> та отриманням на 1000 м<sup>3</sup> води 5,0 тонн кормових одиниць продукції.

Зростання питомої ваги кукурудзи в сівозмінах з 28,5 до 57,1 та 71,5%



забезпечує зниження середньої зрошувальної норми відповідно на 4,0 і 22,0% з підвищенням їх продуктивності на 6,7 та 22,9%. У зв'язку з цим у таких сівозмінах спостерігається більш економне витрачання поливної води на формування 1 тонни зерна, а також підвищується виробництво продукції на один кубічний метр води.

Водночас, для створення оптимального рівня водозабезпечення сільськогосподарських культур з таким насиченням кукурудзою і соєю необхідно підвищити спроможність зрошувальних ділянок.

До того ж поливну воду на початку вегетаційного періоду (квітень) та перед завершенням поливного сезону (вересень – жовтень) у таких сівозмінах не використовують, вона йде на скид, що призводить до зниження ефективності використання зрошуваних земель.

Використання розробленого Програмно-інформаційного комплексу «Гідромодуль», за допомогою якого фахівці агропідприємств мають можливість проводити моделювання структури посівних площ, наявної дощувальної техніки, можливостей насосного обладнання та багатьох інших природних і господарсько-економічних чинників, формувати графіки поливів з їх оптимізацією та укомплектуванням.

Програмний комплекс містить електронні блоки з необхідними вихідними компонентами – наприклад, допоміжні таблиці з вихідними параметрами для оптимізації режиму зрошення та створення укомплектованого графіку поливів. Шляхом заповнення таких таблиць по культурах сівозміни уточнюються строки і норми проведення поливів, які автоматично відображаються в укомплектованому графіку поливів.

Ввівши базову інформацію, користувачі мають можливість формувати режими зрошення культур сівозміни у відповідності до гідромодуля окремих зрошувальних ділянок господарства. Після введення вихідних даних Програмно-інформаційний комплекс «Гідромодуль» в автономному режимі формує укомплектований графік поливів на рівні сівозміни, з подальшим коригуванням відповідно до гідротермічних умов вегетаційного періоду.

Адаптування програми до умов кожного господарства забезпечило попередження перевантажень зрошувальних систем, нормування витрат води для штучного зволоження, підвищення урожайності сільськогосподарських культур, продуктивності сівозмін за виходом продукції в розрахунку на один гектар та зростання економічної і енергетичної ефективності технологій вирощування (рис. 2).

Встановлено, що в умовах інтенсивної системи землеробства на зрошуваних землях відбувається погіршення еколого-меліоративного стану ґрунтів з проявом переущільнення та вторинного осолонцювання, що призводить до погіршення водного режиму, зниження біологічної активності та вмісту і запасів гумусу в орному шарі.

Використання науково-теоретичних основ системного аналізу родючості ґрунтів дозволило провести моделювання процесів витрат і накопичення органічної речовини в ґрунті з визначенням динаміки вмісту і запасів гумусу, що має вирішальне значення для оцінки ефективності зрошення в посушливих умовах Південного Степу України.

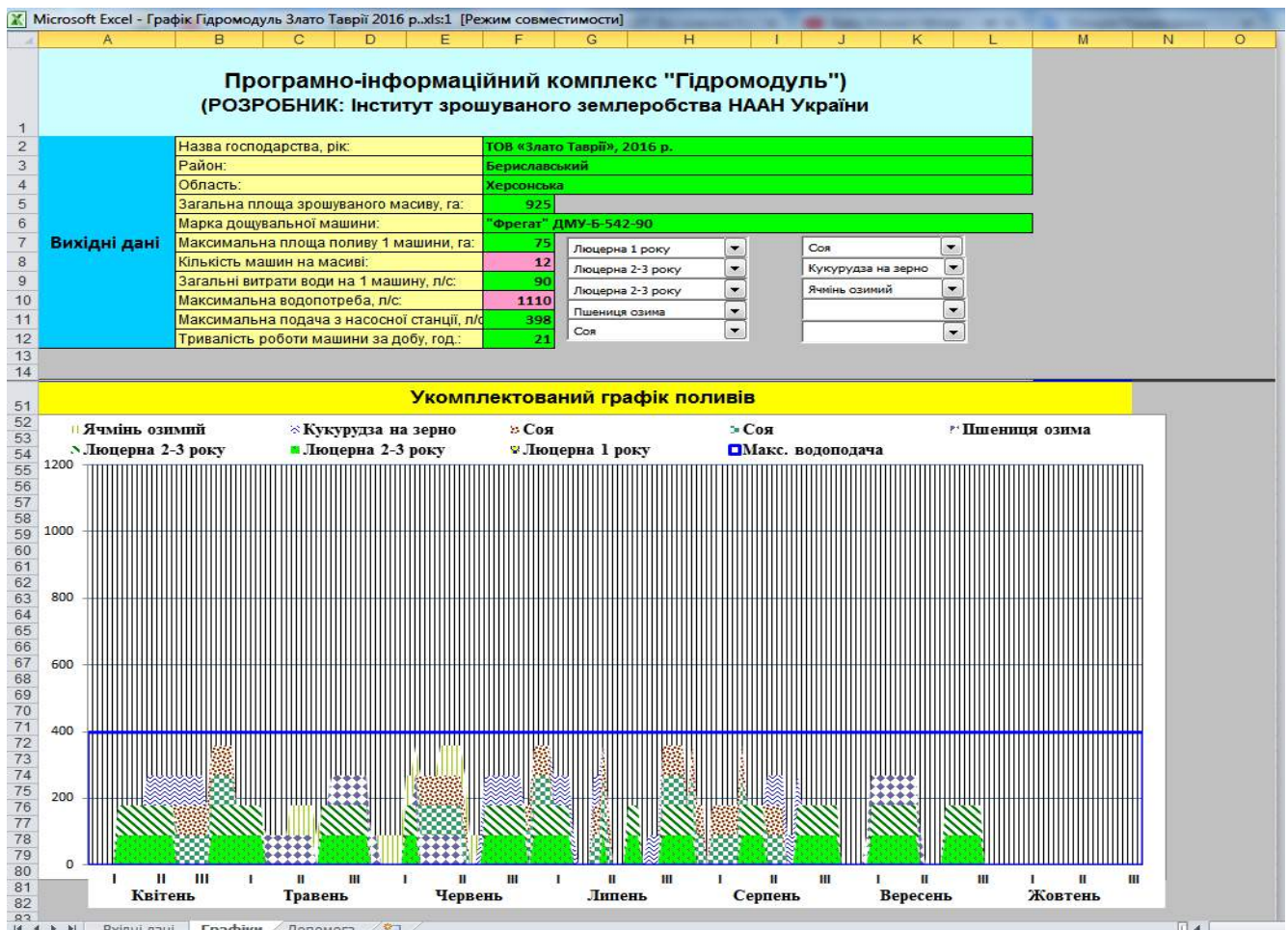


Рис. 2 Сформований ПК «Гідромодуль» укомплектований графік поливів для умов ТОВ «Злато Таврії» Бериславського району Херсонської області

Встановлено, що для створення позитивного балансу гумусу в ґрунті зрошуваної сівозміни необхідно удосконалювати елементи технології вирощування та оновлювати сортовий склад вирощуваних культур, стабілізувати та підвищувати їх урожайність, сприяти збільшенню надходження в ґрунт свіжої органічної речовини з метою активізації процесів гуміфікації.

Запровадження п'ятипільної просапної сівозміни на зрошуваних землях ПСП «Дружба» Горностаївського району Херсонської області забезпечує отримання запрограмованих рівнів урожайності, з максимальною окупністю енергетичних і матеріально-грошових ресурсів.

Моделювання технологічних процесів за орґано-мінеральної системи удобрення (з внесенням  $N_{120}P_{90}$  + післяжнивні рештки культур сівозміни) дозволило встановити, що в ґрунті формується позитивний баланс гумусу, середньорічний розрахунковий приріст якого складає 3,8 т на 1 гектар сівозмінної площі.

## НАУКОВІ ЗАСАДИ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ НОРМУВАННЯ МАКРО- ТА МІКРОДОБРИВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

Доведено, що система удобрення є складовою частиною організаційно-господарських і агротехнічних заходів, спрямованих на ефективне використання мінеральних та органічних добрив протягом ротації сівозміни з урахуванням доз їх внесення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах для одержання запрограмованого рівня врожаю, високої якості продукції, стабілізації родючості ґрунту та забезпечення охорони навколишнього середовища.

У трьох стаціонарних дослідях Інституту зрошуваного землеробства НААН (тривалість зрошення 39 років) на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті, в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи, встановлено закономірності формування та здійснено моделювання процесу змін вмісту мікроелементів в орному шарі за умов тривалого зрошення та систематичного застосування як окремих видів добрив (азотних, фосфорних, калійних), так і різних систем удобрення (мінеральної та органо-мінеральної).

Визначення вмісту рухомих форм мікроелементів і важких металів в орному шарі за цей період свідчить, що за використання поливної води другого класу закономірним є збільшення концентрацій – міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку

Найбільшою мірою підвищився вміст цинку та міді – їх концентрація зростала в 1,8-1,9 рази. Варіаційним аналізом визначено широкий діапазон змін показників вмісту рухомих форм металів – у межах від 11,7 до 128,6%.

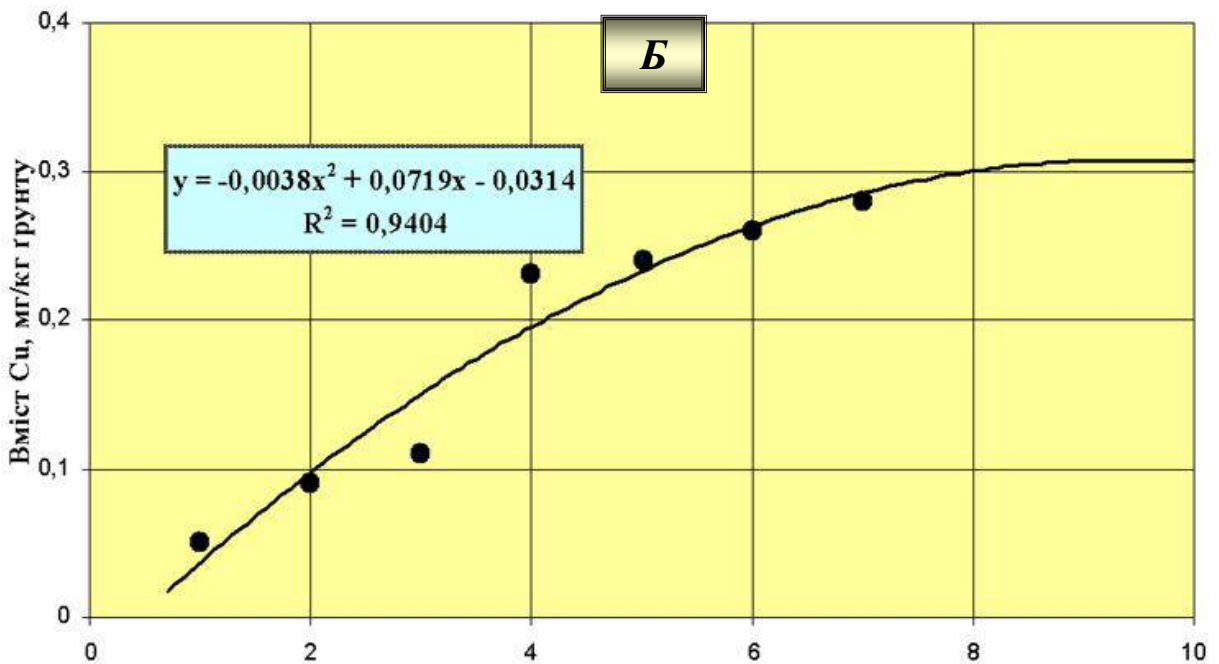
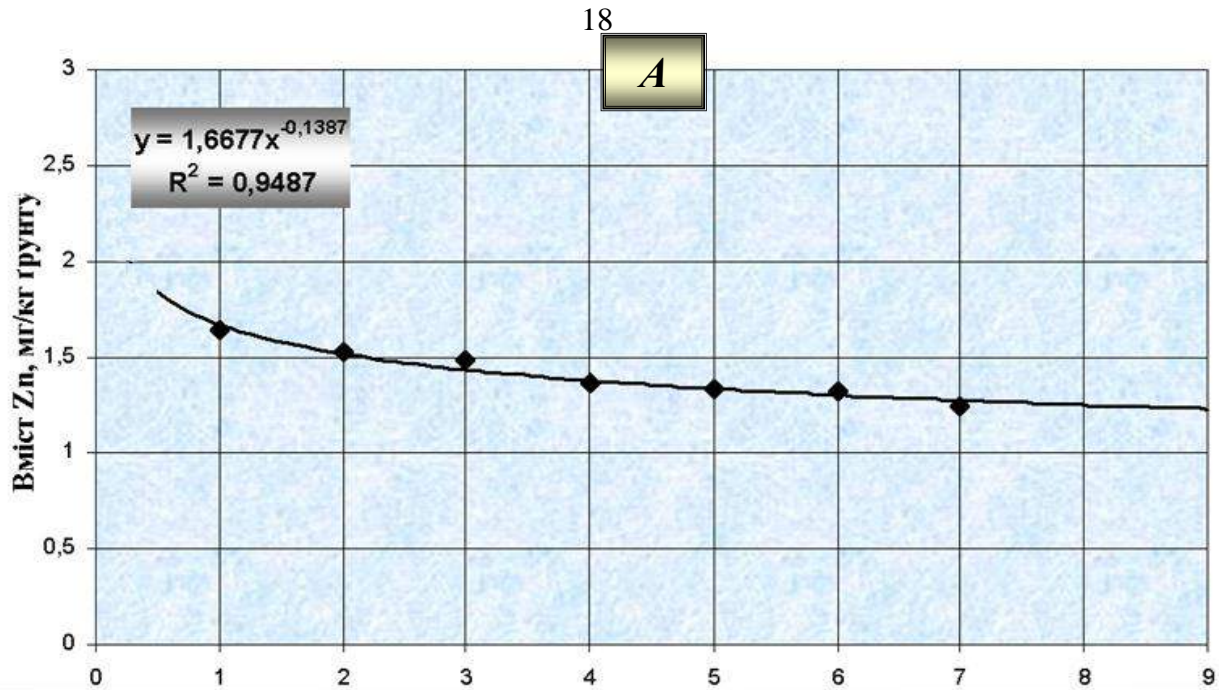
Встановлено, що основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт, а також надходження їх з органічними, мінеральними добривами, мікродобривами і поливною водою.

Тривале застосування мінеральних і органічних добрив в умовах зрошення підвищує концентрацію рухомих форм марганцю, цинку, міді та заліза в 1,1-1,8 рази. Водночас споживання цих елементів рослинами (винос з урожаєм) зростає в 1,5-2,5 рази. В зв'язку з тим, що різниця між дефіцитом і токсичним рівнем деяких мікроелементів неістотна, виникає необхідність проведення моделювання їх динаміки під впливом природних та агротехнічних чинників.

При використанні статистичного моделювання встановлено взаємозалежність між співвідношенням вмісту мінерального азоту та рухомого фосфору в ґрунті й фактичного вмісту рухомих мікроелементів (рис. 3).

Одержана залежність має високий ступінь зв'язку. Для міді рівняння має вигляд криволінійної регресії другого порядку. Встановлена залежність також має високий ступінь зв'язку з коефіцієнтом детермінації 0,94. Експериментальними даними обґрунтовано, що за систематичного внесення мінеральних добрив розбіжність фактичного вмісту рухомих цинку і міді з розрахунковим знаходиться в межах 5-8%.

Запропонований спосіб дає можливість визначити розрахунковий вміст цинку і міді у ґрунті з досить високою точністю і може бути використаний при плануванні застосування цих мікродобрив на зрошуваних землях.



Співвідношення вмісту мінерального азоту та рухомого фосфору

**Рис. 3 Кореляційно-регресійні залежності між вмістом цинку (А) та міді (Б) зі співвідношенням мінерального азоту й рухомого фосфору в ґрунті**

Доведено, що азотні та фосфорні добрива мають підвищений рівень хімічної активності за відношенням до мікроелементів міді та цинку. Вони сприяють стабілізації цих металів у вигляді комплексних сполук. Крім того, азотні добрива здатні погіршувати біохімічну засвоюваність міді, а фосфорні – цинку. Калійні добрива спричиняють зниження вмісту бору в ґрунті.

Проведене моделювання свідчить про можливу небезпеку забруднення зрошуваних земель важкими металами та обумовлює необхідність оперативного реагування на дефіцит мікроелементів для рослин з метою балансової оптимізації поживного режиму ґрунту.

## МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ З АДАПТУВАННЯМ ЇХ ДО СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ГОСПОДАРСТВ

Встановлено, що складні агровиробничі системи, які формуються на поливних землях, повинні утворювати єдину систему еколого-безпечного зрошеного землеробства, яке за умов координації між водогосподарськими організаціями, агровиробниками та науковцями дозволяє отримувати на поливних землях високі й стабільні врожаї сільськогосподарських культур, підвищити економічну ефективність та екологічну безпеку зрошеного землеробства.

Відповідно до експериментальних сівозмін було сформовано показники водопотреби, побудовано графіки поливів досліджуваних культур, змодельовано добовий баланс ґрунтової вологи для кожної культури окремо з урахуванням їх біологічних характеристик, одержано імітаційні графіки наростання висоти рослин та глибини проникнення кореневої системи для пшениці озимої, кукурудзи, сої, овочів, картоплі та люцерни.

В модулі «Схема розміщення культур» програми CROPWAT сформовано бази даних по кожній культурі в порядку їх чергування в сівозміні, наведено інформацію з поживного та водного режимів, календарних дат строків сівби, проведення вегетаційних проливів та оптимальних строків збирання врожаю.

Шляхом моделювання діапазону продуктивності та показників якості сортів пшениці озимої за створеними базами даних визначено, що врожайність зерна досліджуваних сортів пшениці озимої залежить від умов зволоження та фону мінерального живлення і досить тісно корелює з кількістю сформованих продуктивних стебел на одиниці площі. Разом з цим, важливе значення має і такий показник структури врожаю, як маса зерна з одного колосу. На масу зерна, як встановлено нашими дослідженнями, вплив мали режими зрошення і фони мінерального живлення рослин пшениці озимої.

Використання програми CROPWAT 8.0 дало можливість оперативного контролю за сумарним випаровуванням, а також коригування строків і норм вегетаційних поливів. Врахування витратної частини водного балансу повною мірою оптимізувало продукційні процеси рослин, дозволило підвищити рівень урожайності та якості продукції. Моделювання приросту врожайності зерна пшениці озимої відносно величини зрошувальної норми свідчить про те, що при її збільшенні до 2000-2250 м<sup>3</sup>/га відбувається стабільне підвищення продуктивності рослин, а подальше її збільшення, навпаки, не забезпечує позитивних результатів. Зростання показників сумарного водоспоживання забезпечує практично прямопропорційне збільшення врожайності культури в межах від 2500 до 5500 м<sup>3</sup>/га у середні за дефіцитом випаровуваності роки (рис. 4).

За результатами статистичного оброблення експериментальних даних продуктивності досліджуваних культур у роки з різним рівнем природного вологозабезпечення встановлено, що на продуктивність рослин вплив мають величина зрошувальної норми, сумарне водоспоживання, середньодобове випаровування (евапотранспірація) та інші чинники. Слід зауважити, що за вирощування сої сортовий склад істотно впливає на величину сумарного водоспоживання. Особливо помітну різницю між досліджуваними сортами сої спостерігали за максимальних змодельованих значень сумарного водоспоживання



(4500 м<sup>3</sup>/га). Згідно здійсненого моделювання встановлено, що прогнозований рівень урожайності насіння сорту Діона становитиме 2,53 т/га, а сорту Аполлон досягне 3,47 т/га, або зросте у 1,4 рази.

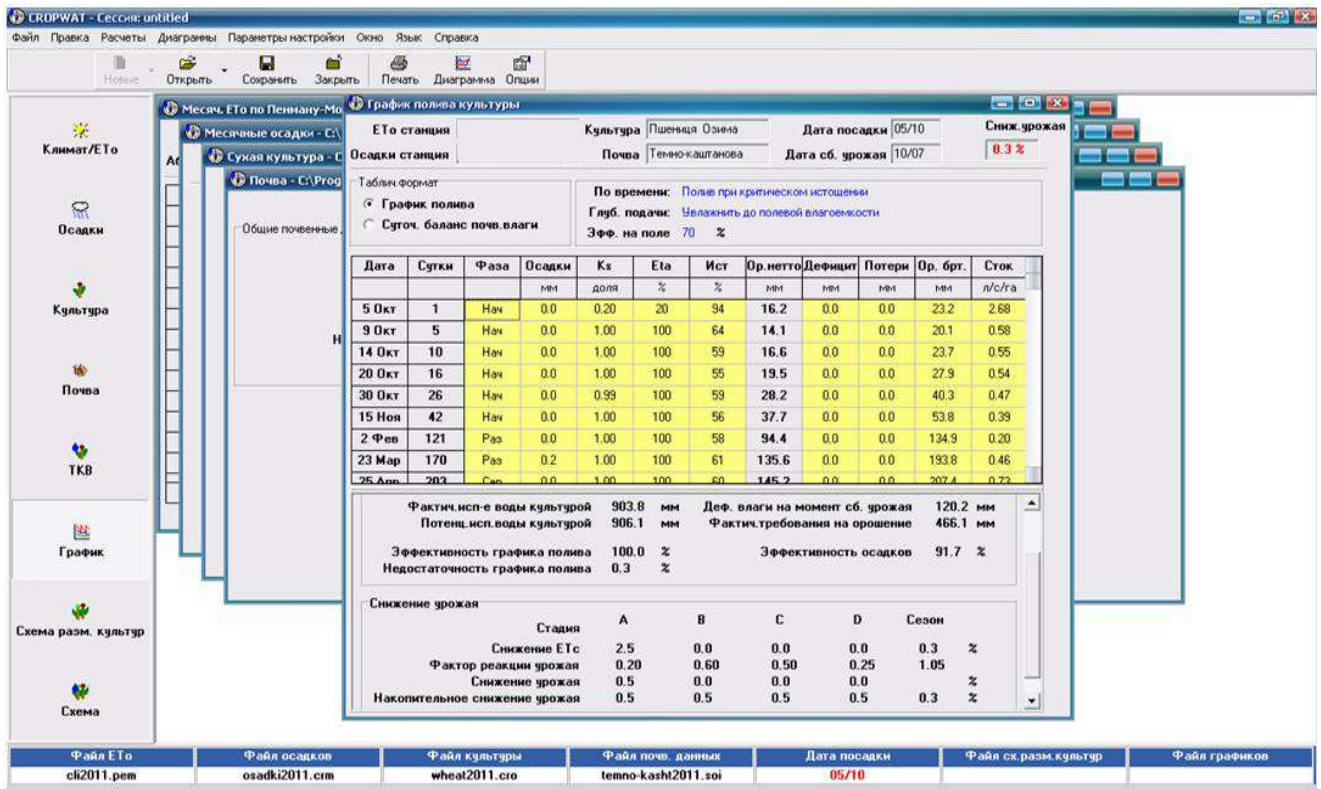


Рис. 4 Змодельований графік поливу культур зрошуваної сівозміни, який складається з взаємопов'язаних електронних блоків програми CROPWAT 8.0

Максимальні значення евапотранспірації у помідора визначено у період з 50 по 80 день вегетації (від фази цвітіння до формування й наростання плодів), причому у сухі роки даний показник зростає до 67-73 м<sup>3</sup>/га за добу, а у вологі та середньовологі – зменшується до 49-52 м<sup>3</sup>/га за добу. За створеними математичними моделями можна програмувати врожайність сільськогосподарських культур, нормувати ресурси, оптимізувати режими зрошення тощо. Крім того, роботу над формуванням моделей продуктивності можна продовжити із залученням інших складових елементів регресійних рівнянь, які мають середній або високий ступінь кореляційних взаємозв'язків.

Встановлено, що змодельований оптимальний рівень продуктивності пшениці озимої може бути досягнутий за величини зрошувальної норми в межах 1900-2300 м<sup>3</sup>/га та внесення азотних добрив у діапазоні від 120 до 160 кг діючої речовини. За такого сполучення досліджуваних факторів рослини цього сорту спроможні сформувати врожайність понад 7,5 т/га. Статистична обробка експериментальних даних урожайності зерна кукурудзи дозволила встановити, що середній рівень впливу ( $r=0,3507$  та  $0,5472$ ) мають сумарне водоспоживання та норма зрошення.

Виробнича перевірка розроблених за результатами досліджень математичних моделей для встановлення ступеня їх достовірності дозволила отримати динамічні

моделі продуктивності пшениці озимої, кукурудзи на зерно, сої та помідору, які істотно підвищують контроль витрат вологи на рівні кожного поля та сівозміни.

Узагальнення експериментальних даних з використанням статистичного і графічного інструментарію STATISTICA для побудови математичної моделі врожайності помідору при вирощуванні на зрошуваних землях Південного Степу України дозволило створити нейронну мережу за п'ятьма вихідними параметрами: глибина основного обробітку ґрунту, см; сума ефективних температур повітря понад 10°C; тривалість сонячного сяйва, год.; водоспоживання, м<sup>3</sup>/га; дози мінеральних добрив, кг д.р. на 1 га (рис. 5).

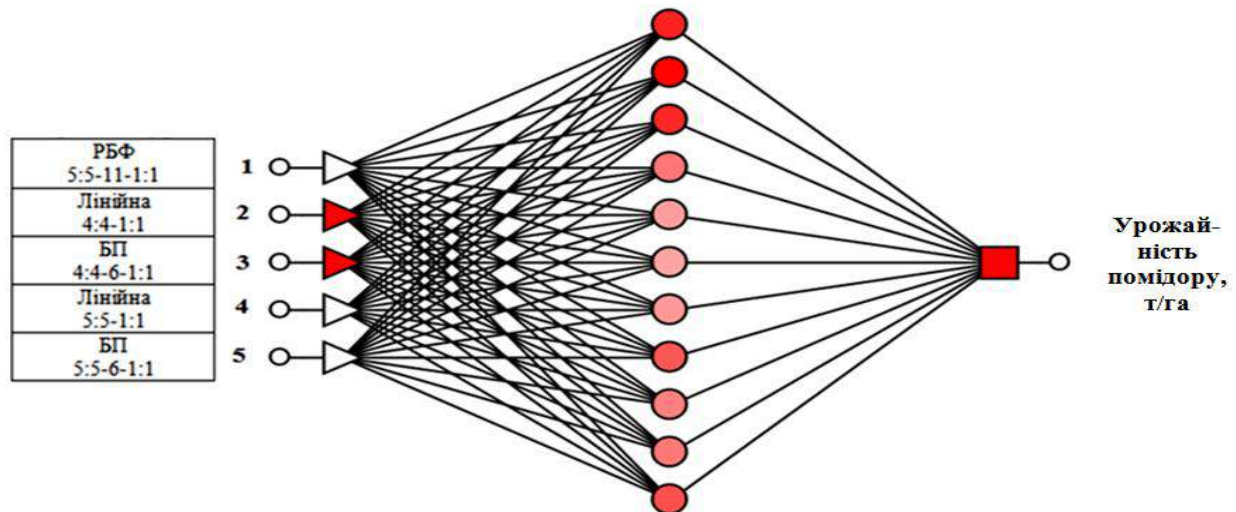


Рис. 5 Нейронна мережа продуктивності сортів помідору залежно від вихідних параметрів:

- 1 – глибина основного обробітку ґрунту, см;
- 2 – сума ефективних температур повітря понад 10°C;
- 3 – тривалість сонячного сяйва, год.;
- 4 – водоспоживання, м<sup>3</sup>/га;
- 5 – дози мінеральних добрив, кг д.р. на 1 га

Проведене моделювання свідчить про важливість впливу (червоне забарвлення) природних факторів 2 (сума ефективних температур повітря понад 10°C) і 3 (тривалість сонячного сяйва). Проте суттєвий парний та множинний нейронний зв'язки визначено між усіма показниками, особливо в першій тріаді моделі. Інтенсивне червоне забарвлення кінцевого елемента нейронної мережі (урожайність сортів томату) також свідчить про тісний математичний зв'язок між всіма досліджуваними факторами.

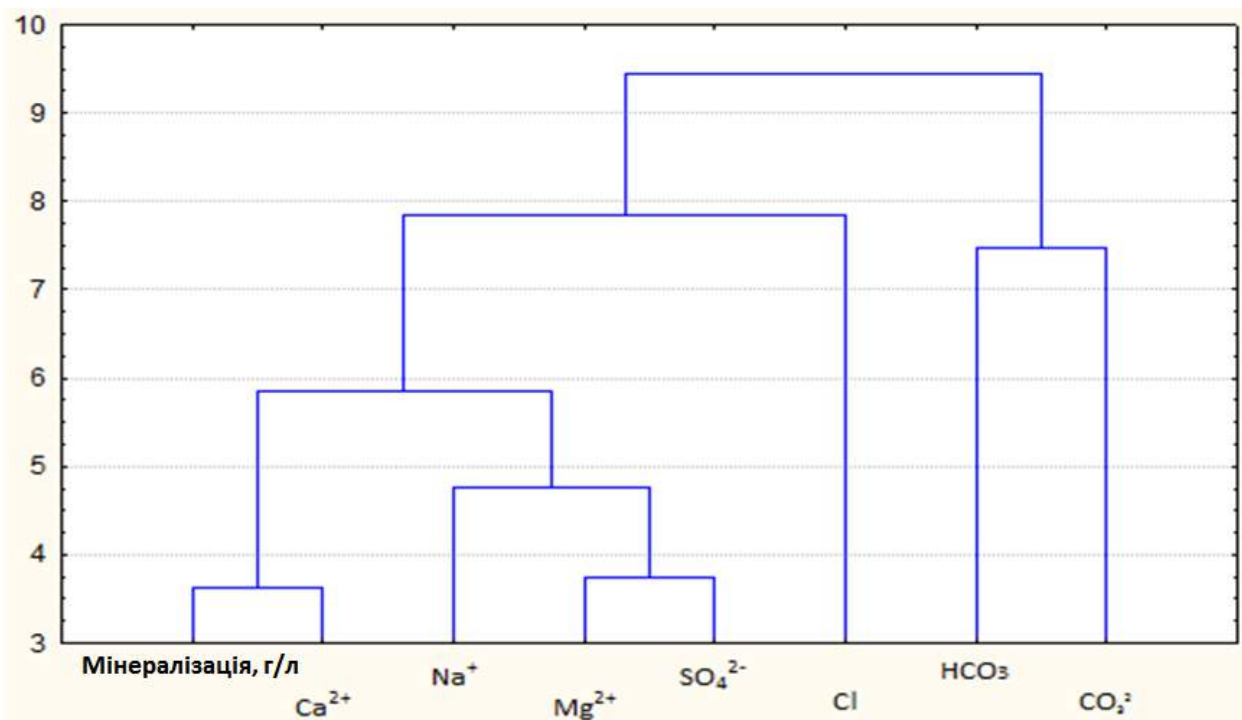
За результатами моделювання продуктивності помідору були отримані основні показники нейронної мережі. Найбільша навчальна (0,2822) та контрольна (0,3555) продуктивність одержані у варіанті за суми ефективних температур повітря понад 10°C. Друге місце посідав п'ятий варіант (дози азотних і фосфорних добрив), у якому ці показники зменшились до 0,2734 та 0,3404, або на 3,1 і 4,2%, відповідно. Навчальна, контрольна та тестова похибки були найвищими у варіанті основного обробітку ґрунту. Також розроблено нейронні синергічні оптимізаційні моделі вирощування досліджуваних сільськогосподарських культур у зрошуваних сівозмінах за використання інтенсивних технологій вирощування.

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЯКІСНОГО СКЛАДУ ІНГУЛЕЦЬКОЇ Й ДНІПРОВСЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Мінералізація і хімічний склад зрошувальної води можуть створити небезпеку засолення, осолонцювання, содоутворення в ґрунті та негативно впливати на врожайність сільськогосподарських культур і якість рослинницької продукції.

Використання Програмно-інформаційного комплексу Statistica дало змогу проаналізувати аніонно-катіонний склад інгулецької та дніпровської поливної води за період з 1973 по 2015 роки.

Сформована база даних дозволила провести кластерний аналіз. Вхідною інформацією для розрахунків були експериментальні дані, які представлені в електронних таблицях за трьома чітко визначеними календарними датами – 15 травня, 15 липня та 15 вересня (рис. 6).



**Рис. 6 Ієрархічна модель кластерного аналізу щодо хімічного складу інгулецької зрошувальної води станом на 15 вересня за досліджуваний період (середнє за 1973-2015 рр.)**

Згідно кластерного аналізу побудовано ієрархічну модель хімічного складу інгулецької поливної води, яку використовують для зрошення сільськогосподарських культур протягом вегетаційного періоду, та визначено наявність чотирьох кластерів відповідно показників мінералізації.

Аналізуючи сформоване програмою ієрархічне дерево кластеризації можна зробити висновок, що до першого кластеру відноситься поливна вода з вмістом кальцію (Ca<sup>2+</sup>); до другого – з вмістом натрію, магнію та окису сірки (Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub>); до третього – з вмістом хлору (Cl); до четвертого кластеру – з вмістом гідрокарбонатів та карбонатів (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). Виходячи з амплітуди і рівнів значущості F-статистики, змінні мінералізації натрію, окису сірки та хлору (Na<sup>+</sup>,



$\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}$ ) є головними з точки зору впливу на якість поливної води, про що свідчить розподіл на групи кластерів.

Дієвим способом визначення природи кластерів є перевірка середніх значень для кожного кластера, що забезпечується шляхом візуалізації одержаних розрахунків за допомогою графіку середніх. Аналіз амплітуди коливань лінії графіку середніх кластеру 4 свідчить, що елементи, які представляють цей кластер мають більш високі значення мінералізації, аніонів окису сірки ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) і хлору ( $\text{Cl}$ ), та катіонів натрію і магнію ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) порівняно з кластерами 1, 2, 3.

За допомогою кластерного аналізу також було класифіковано і проаналізовано іонно-катіонний склад зрошувальної води річки Дніпро. За аналізом сформованою програмою ієрархічного дерева кластеризації простежується закономірність розподілу якісного складу дніпровської поливної води яку за досліджуваними показниками можна віднести до 5 кластерів (рис. 7).

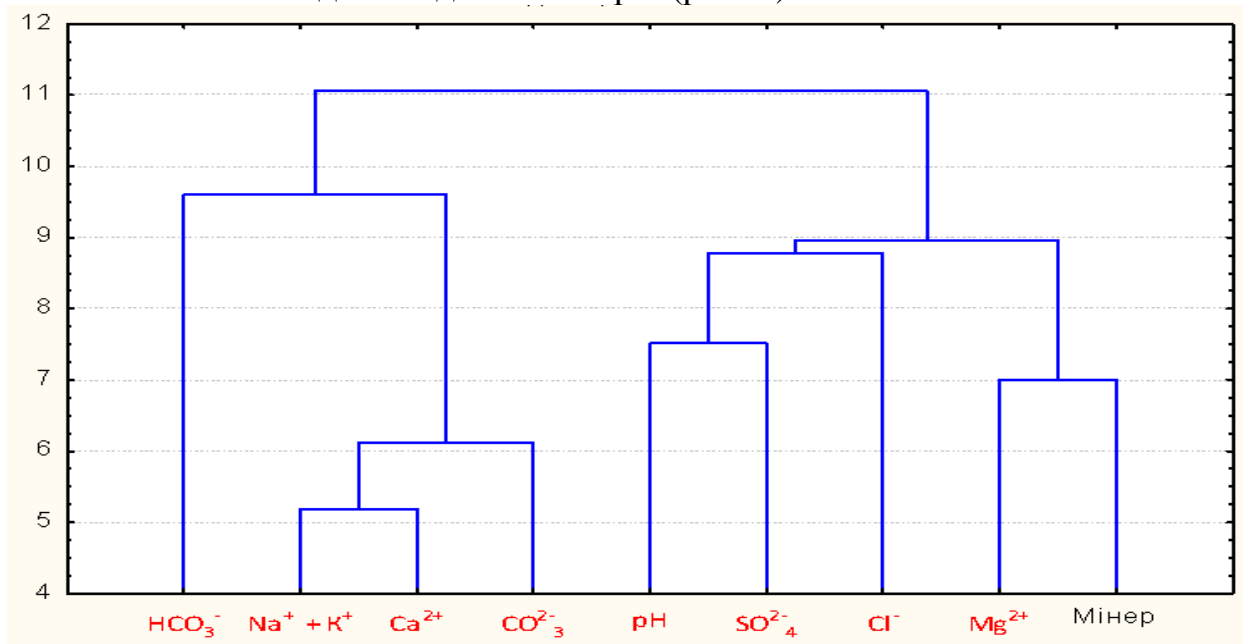


Рис. 7 Ієрархічна модель кластерного аналізу щодо середніх показників хімічного складу дніпровської зрошувальної води (середнє за 1973-2015 р.)

За аналізом сформованою програмою ієрархічного дерева кластеризації встановлено, що досліджувані характеристики іонно-сольового складу дніпровської води розподіляються за п'ятьма природними кластерами (1 кластер – з вмістом гідрокарбонатів  $\text{HCO}_3^-$ ; 2 кластер – натрію, калію, кальцію та карбонатів  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ; 3 кластер – окис сірки  $\text{SO}_4^{2-}$  та pH; 4 кластер –  $\text{Cl}$ ; 5 кластер –  $\text{Mg}^{2+}$ -мінералізація).

Такий розподіл свідчить про найвищий ступінь взаємодії та максимальний рівень математичних зв'язків між показниками гідрокарбонатів  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  та мінералізацією.

Використовуючи одержані змодельовані дані проаналізовано закономірність взаємозалежності між вологозабезпеченістю років та динамікою мінералізації зрошувальної води. Крім того, використання кластерного аналізу дозволило встановити закономірності змін показників мінералізації зрошувальної води річки Інгулець залежно від дефіциту випаровуваності у сухі та середньосухі роки в

розрізі окремих сільськогосподарських культур (рис. 8).

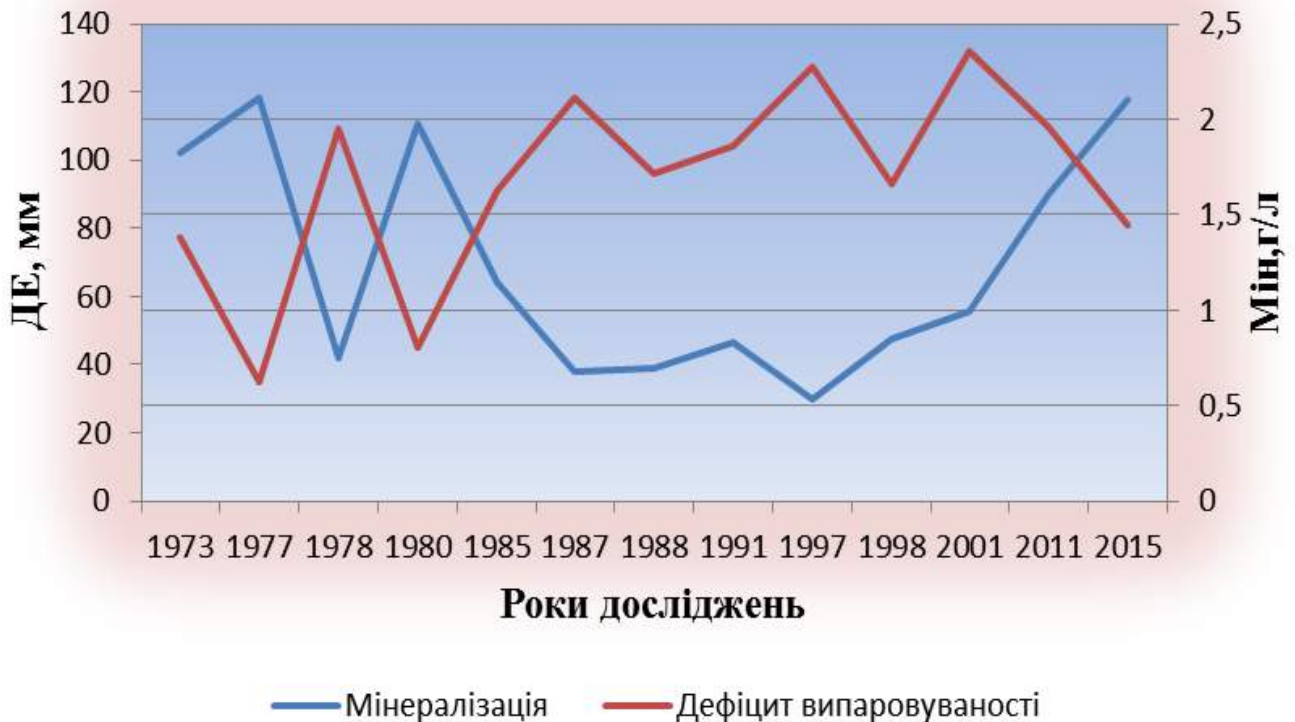


Рис. 8 Залежність мінералізації зрошувальної води р. Інгулець від дефіциту випаровуваності в сухі та середньосухі роки станом на 15 травня

На основі наведеного можна зробити висновок про те, що чим посушливіші за природною вологозабезпеченістю роки (сухий або середньосухий рік), тим інтенсивніше підвищується рівень мінералізації зрошувальної води.

Визначено, що у вологі роки, навпаки, такої закономірності не простежуємо, а коефіцієнт кореляції для Інгулецької води становить лише 0,01, а для дніпровської зрошувальної води – 0,24.

Таким чином, розроблені моделі можна використовувати для своєчасного управління продуктивністю агроecosистем, які формуються на поливних землях з вирішенням актуальних питань режиму зрошення, оптимізації поливних та зрошувальних норм, покращення іригаційної якості поливної води, відстеження динаміки рівня її катіонно-аніонного складу води та мінералізації, динаміки й ступеню вторинного засолення та осолонцювання ґрунтів, визначення і застосування доз і видів меліорантів.

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО НАПРЯМКУ, ЕКОНОМІКО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА СТВОРЕНИХ МОДЕЛЕЙ ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ПРОДУКТИВНОСТІ**

У сучасному високотехнологічному світі найважливіше значення мають інноваційні підходи, які забезпечують раціональне використання всіх видів ресурсів, характеризуються максимальною економічною ефективністю і конкурентоздатністю на локальних та глобальних ринках. Інноваційні методи сприяють підвищенню продуктивності зрошуваних земель, більш раціональному використанню ресурсів, мають економічні та екологічні переваги.

Інноваційний розвиток зрошуваного землеробства органічно вписується в

освоєння пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні, а саме: інтенсивні та ресурсозберігаючі технології в агропромисловому комплексі, новітні біотехнології, збереження навколишнього середовища, сталий розвиток сільського господарства, підвищення економічної ефективності та екологічної безпеки агросфери.

Створена База даних користувачів інновацій у галузі меліорації в південному регіоні України, а також Бази даних «Інновації» та «Господарства України», спрямовані на допомогу користувачам інноваційних технологій в отриманні необхідної інформації. За результатами досліджень узагальнено комплекс господарсько-економічних показників потенційних споживачів одержаних науково-технічних розробок у галузі зрошувального землеробства, зокрема об'єктів права інтелектуальної власності.

Реалізація проектів дозволяє впровадити у виробництво новітні технології вирощування зернових, технічних, кормових та овочевих культур, запропонувати насіння високих репродукцій основних сільськогосподарських культур та стабільно отримувати рослинницьку продукцію з показниками якості на рівні світових стандартів.

Доведено, що прогрес сучасного і перспективного зрошувального землеробства неможливий без створення енергозберігаючих і природоохоронних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що базуються на раціональному використанні природних ресурсів (клімат, ґрунти) і штучної енергії у вигляді засобів хімізації, зрошення, машин. Змінилися підходи і до використання зрошуваних земель. У структурі посівних площ при зростанні питомої ваги сої, овочевих і зернових культур на 70-90% зменшилися посівні площі під кормовими культурами. Гірше всього, що це відбулося, в основному, за рахунок скорочення площ під багаторічними травами. Крім того, у 2-5 разів збільшилася площі технічних культур в основному сої та соняшнику, що потребує розробки та впровадження сучасних зональних систем землеробства на рівні конкретних господарських структур.

З метою підвищення продуктивності зрошення визначено, що з економічної точки зору необхідно реалізовувати стратегію змодельованого нормування агроресурсів та економічного обґрунтування технологічних заходів оптимізації функціонування зрошуваних агроecosystem за напрямами:

- раціональне використання поливної води, добрив, пестицидів і технічних засобів;
- підвищення агротехнічної ефективності використання агроресурсів;
- локалізація процесів зрошення, удобрення, захисту рослин;
- підвищення економічної ефективності ведення землеробства на зрошуваних землях;
- мінімізація несприятливих екологічних наслідків.

Вагомим резервом вирішення продовольчої проблеми є підвищення економічних показників агровиробництва за умов раціонального використання поливної води, добрив та інших ресурсів. Так, відповідно до результатів багаторічних експериментальних досліджень встановлено, що зрошення забезпечує приріст урожайності всіх сільськогосподарських культур, що підтверджується

проведеним нами індексним аналізом, згідно якого: при вирощуванні кукурудзи на зерно індекс ефективності зрошення досягає 7,02; люцерни на зелений корм – 3,59; пшениці озимої – 3,73. Найменшим досліджуваний показник визначено при вирощуванні картоплі ранньої і склав 1,56 (табл. 2).

Таблиця 2

**Економічна ефективність застосування зрошення в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи**

Культура	Кількість років досліджень	Урожайність, т/га		Індекс зрошення	Приріст урожайності від зрошення, т/га	Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Умовний чистий прибуток від зрошення, грн/га
		на зрошенні	без зрошення				
Пшениця озима	35	6,6	1,8	3,7	4,9	1750	13761
Кукурудза на зерно	39	10,1	1,4	7,0	8,7	1950	24391
Кукурудза на силос	35	65,3	17,7	3,7	47,6	2030	5219
Соя	34	3,5	1,6	2,2	1,9	2100	11102
Люцерна 2-го року на з/к	21	64,7	18,0	3,6	46,7	4140	26938
Помідори	12	107,2	38,1	2,8	69,1	3050	23151
Картопля рання	7	23,7	15,3	1,6	8,5	940	10659

З економічної точки зору штучне зволоження забезпечує прибутковість при вирощуванні усіх досліджуваних культур. Максимальний умовний чистий прибуток на зрошуваних землях забезпечує вирощування люцерни на зелений корм з показником 26,9 тис. грн/га, кукурудзи на зерно – 24,4 тис. грн, помідори – 23,2 тис. грн та пшениці озимої 13,8 тис. грн/га. Мінімальний рівень прибутковості визначений нами при вирощуванні кукурудзи на силос – 5,2 тис. грн на гектар.

Результатами власних досліджень та узагальненням багаторічних експериментальних даних Інституту зрошеного землеробства НААН обґрунтовано високий рівень відмінностей коефіцієнту продуктивності зрошення при вирощуванні основних сільськогосподарських культур (рис. 9).

Найвищим – на рівні 4,60, цей показник виявився у кукурудзи на зерно та у люцерни другого року використання – 4,37. Мінімальні значення коефіцієнту продуктивності зрошення забезпечило вирощування ячменю озимого – 1,25. Одержані дані свідчать про необхідність урахування параметрів продуктивності сільськогосподарських культур при плануванні сівозмін в умовах зрошення Південного Степу України.

Енергетичним аналізом підтверджено, що вихід валової енергії при вирощуванні на зрошуваних землях таких культур, як люцерна, кукурудза та буряк цукровий перевищував 150 ГДж/га.

Необхідно відзначити, що у всіх досліджуваних сільськогосподарських культур вихід валової енергії з одиниці посівної площі між зрошуваними і незрошуваними умовами мінімальним був у картоплі й помідорі (1,4-1,6 рази), а

найвищого рівня (в 3,1-7,0 разів) – він досягнув при вирощуванні кукурудзи на силос і зерно. Приріст енергії між зрошуваними і незрошуваними умовами характеризувався ще більшими відмінностями при вирощуванні сої, пшениці озимої та кукурудзи.

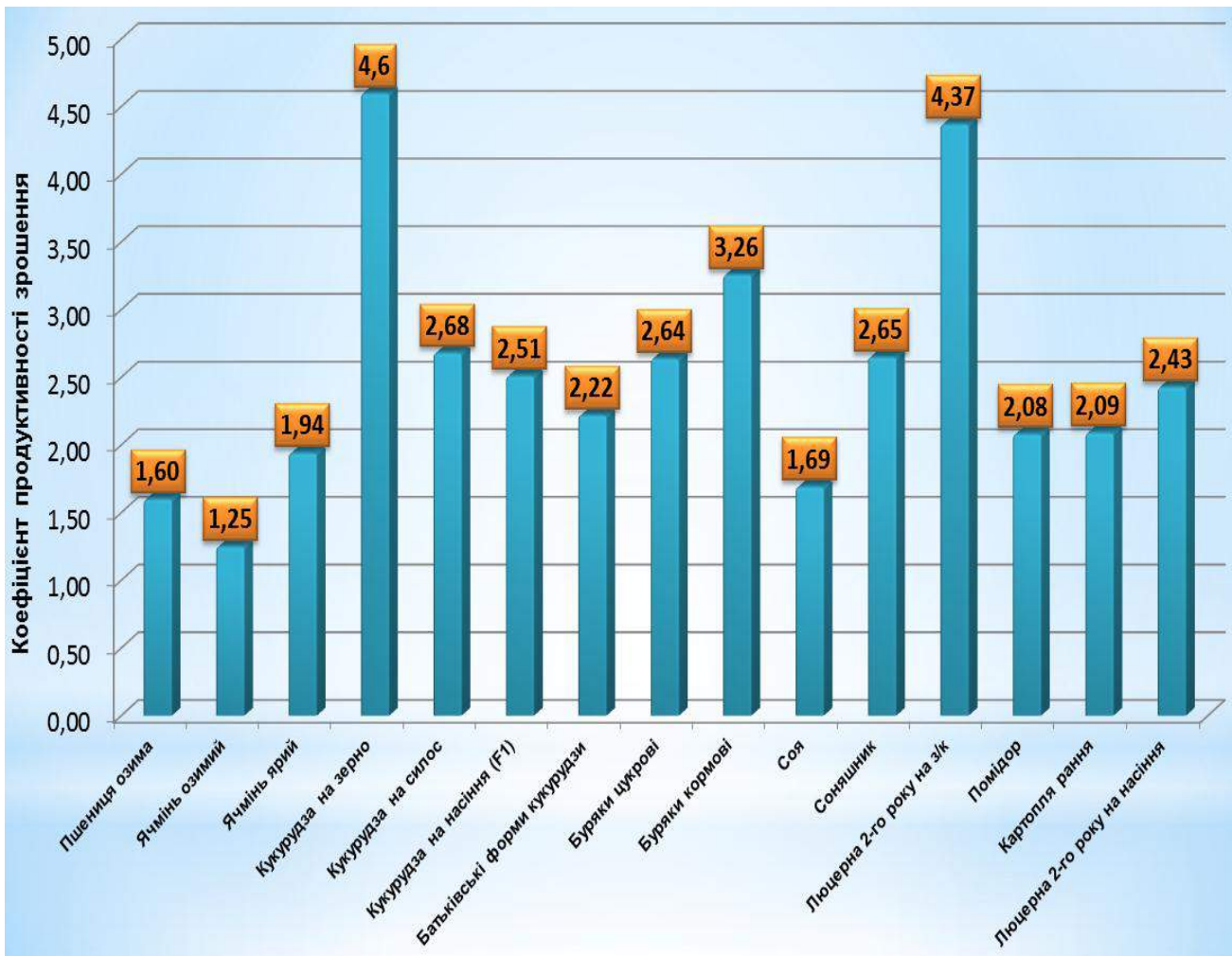


Рис. 9 Коефіцієнт продуктивності зрошення при вирощуванні основних сільськогосподарських культур в умовах півдня України

Коефіцієнт енергетичної ефективності виявився максимальним (4,29) у люцерни на зелений корм, а мінімальні його значення, на рівні 1,16, визначили у зернової кукурудзи, яку вирощували без зрошення. Різниця цього показника між поливними і незрошуваними умовами сягала найвищого рівня у таких культур як: кукурудза на зерно (59,6%), пшениця озима (41,2%), люцерна другого року використання на зелений корм (35,3%).

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено результати експериментальних досліджень з агроекологічного обґрунтування заходів підвищення продуктивності зрошуваних агроecosистем в умовах півдня України. Вирішена наукова проблема підвищення рівня врожаю та показників якості різних за біологічними особливостями сільськогосподарських культур на поливних землях з урахуванням впливу

природних і агротехнологічних факторів, моделювання технологій вирощування, нормування ресурсів, що дозволило зробити наступні висновки:

1. За результатами комплексної агроекологічної оцінки встановлено, що глобальні зміни клімату істотно впливають на продуктивність зрошуваних агроєкосистем, знижують ефективність використання агроресурсів, призводять до погіршення економічних показників, викликають негативні зміни еколого-меліоративного стану поливних земель. Доведено, що за допомогою врахування особливостей погодних умов на рівні конкретного господарства, сівозміни та поля можна дослідити просторову мінливість вологозапасів ґрунту, встановити оптимальні поливні та зрошувальні норми, науково обґрунтувати елементи технології вирощування сільськогосподарських культур зрошуваних агроєкосистем. Використання агрометеорологічної інформації для моделювання та оперативного коригування складових елементів ресурсо- та енергозберігаючих зрошуваних агроєкосистем з опрацюванням сучасними комп'ютерними програмами забезпечує підвищення врожайності на 20-25%, економію поливної води на 15-30%, сприяє максимізації прибутків та покращує меліоративний стан ґрунтів.

2. Встановлено, що при розробці структури посівних площ необхідно враховувати ґрунтово-кліматичні умови, спеціалізацію господарства, планові обсяги виробництва продукції, рівень агротехніки та економічну ефективність вирощування кожної культури. Науково обґрунтовано, що оптимальним є насичення короткоротаційних сівозмін зерновими культурами від 33,4 до 75,0%, а технічними, насамперед соєю, від 25 до 66,6%, що відповідає специфіці окремо взятих зрошувальних систем та гарантує бездефіцитне постачання води на зрошувані масиви протягом поливного сезону. Науково обґрунтовано, що структуру посівних площ необхідно узгоджувати з водозабезпеченістю системи. За наявності зрошувальних систем з гідромодулем 0,3 л/с/га поливні землі можна насичувати вологолюбними культурами, питома вага яких може дорівнювати 40-45%; з гідромодулем 0,4 л/с/га – 60-70% і з 0,5 л/с/га – 75-80%. Використання створеного програмно-інформаційного комплексу «Гідромодуль» дозволяє змоделювати режими зрошення для кожної культури сівозмін з урахуванням потужності технічних параметрів зрошувальних систем, дощувальних агрегатів та інших ланок виробничих систем, дозволяє користувачам сформулювати неукомплектований та укомплектований графіки штучного зволоження, скоординувати роботу окремих машин та персоналу з їх обслуговування, попередити непродуктивні витрати поливної води або зниження продуктивності рослин внаслідок недополиву.

3. Узагальненням експериментальних даних визначено, що в умовах зрошення півдня України за відсутності нормування системи удобрення створюється від'ємний баланс гумусу. Розроблені заходи покращення та підвищення родючості ґрунтів дозволили науково обґрунтувати комплекс агро-меліоративних заходів з впровадження оптимізованої структури посівних площ з дотриманням чергування культур у сівозмінах, що забезпечує істотне підвищення врожайності вирощуваних культур, захист ґрунтів від ерозії, зменшує забур'яненість полів, сприяє покращенню фітосанітарного та еколого-меліоративного стану агроєкосистем.

4. Визначено, що тривале застосування мінеральних і органічних добрив в умовах зрошення, істотно не впливаючи на валовий вміст, спричиняє тенденцію підвищення концентрацій рухомих форм окремих мікроелементів та суттєво не покращує забезпеченість ними рослин. Визначено ступені математичних зв'язків між фоном живлення та вмістом мікроелементів у ґрунті, а також досліджено вплив на їх рухомість ґрунтотворних процесів. Прогноз змін вмісту мікроелементів дозволив встановити тісний кореляційно-регресійний зв'язок між інтервальним співвідношенням азоту до фосфору та вмістом цинку й міді. Проведене моделювання свідчить про можливу небезпеку забруднення зрошуваних земель важкими металами та підтверджує необхідність оперативного реагування на дефіцит макро- та мікроелементів з метою балансової оптимізації режиму живлення рослин у зрошуваних агроecosистемах.

5. Встановлено, що на продуктивність рослин найбільшою мірою впливають: норма зрошення, сумарне водоспоживання та середньодобове випаровування. При моделюванні ресурсозберігаючої технології вирощування сої визначено істотну різницю між досліджуваними сортами при максимальних змодельованих значеннях сумарного водоспоживання ( $4500 \text{ м}^3/\text{га}$ ), за якого прогнозований рівень урожайності насіння знаходиться в межах 2,53-3,47 т/га. Визначено, що змодельований оптимальний рівень продуктивності пшениці озимої може бути досягнутий за величини зрошувальної норми в межах  $1900\text{-}2300 \text{ м}^3/\text{га}$  та внесення азотних добрив у дозах від 120 до 160 кг д.р на 1 га. За такого поєднання досліджуваних факторів досліджувана культура здатна сформувати врожайність на рівні 7,5-9,0 т/га і більше. За розробленими математичними моделями енергозберігаючих елементів технологій вирощування можна проводити програмувати рівні врожайності сільськогосподарських культур, нормувати ресурси, оптимізувати режими зрошення тощо.

6. Виробничою перевіркою розроблених математичних моделей підтверджена їх достовірність та обґрунтована можливість формування динамічних моделей продуктивності досліджуваних сільськогосподарських культур (пшениці озимої, кукурудзи на зерно, сої, помідорів та ін.). Визначено, що проведення моделювання дозволяє ефективно контролювати витрати вологи на рівні кожного поля та сівозміни, нормувати агроресурси, зменшувати їх витрати на одиницю приросту врожайності. За результатами моделювання продуктивності помідорів були отримані основні показники нейронної мережі. Найбільша навчальна (0,2822) та контрольна (0,3555) продуктивність визначені у варіанті з сумою ефективних температур повітря понад  $10^\circ\text{C}$ . На другому місці знаходився варіант з дозами азотних і фосфорних добрив у якому ці показники зменшились до 0,2734 та 0,3404, або на 3,1 і 4,2%, відповідно.

7. Встановлено ефективність застосування методів кластерного аналізу, що впроваджені в сучасному програмно-інформаційному комплексі Statistica 6.1, на прикладі кластеризації показників катіонно-аніонного складу інгулецької та дніпровської води за період з 1973 по 2015 рік. Визначено, що поливна вода Інгулецької зрошувальної системи має концентрацію токсичних іонів у еквівалентах хлору в межах 25-42 мг-екв/дм<sup>3</sup>, відношення натрію до суми лужних катіонів становило 41-47%. За результатами розрахунків сформовано ієрархічне



дерево кластеризації, яке дозволило за показниками іонно-сольового складу розподілити їх на 4 природні кластери (1 кластер – мінералізація,  $\text{Ca}^{2+}$ ; 2 кластер –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4$ ; 3 кластер –  $\text{Cl}$ ; 4 кластер –  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_4^{2-}$ ). Розроблені моделі доцільно використовувати для своєчасного прийняття управлінських рішень, що включають питання режиму зрошення, поливних та зрошувальних норм, іригаційної якості поливної води, відстеження динаміки рівня катіонно-аніонного складу води і її мінералізації, динаміки й ступеня вторинного засолення та осолонцювання ґрунтів, застосування доз і видів меліорантів.

8. Інноваційні напрями розвитку зрошеного землеробства належать до основних пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні, а саме: інтенсивні технології, ресурсо- та енергозберігаючі технології в агропромисловому комплексі, новітні біотехнології, збереження навколишнього середовища, сталий розвиток сільського господарства, підвищення економічної ефективності та екологічної безпеки агросфери. За результатами досліджень створена База даних користувачів інновацій у галузі меліорації в південному регіоні України, а також Бази даних «Інновації» та «Господарства України», спрямовані на допомогу користувачам інноваційних технологій у отриманні сучасної інформації для пошуку необхідних ресурсів і матеріалів, а також отримання іншої корисної інформації.

9. Економічний аналіз ефективності використання зрошуваних земель свідчить про те, що штучне зволоження забезпечує прибутковість при вирощуванні всіх досліджуваних культур. Так, максимальний умовний чистий прибуток на зрошуваних землях забезпечує вирощування люцерни на зелений корм з показником 26,9 тис. грн, кукурудзи на зерно – 24,4 тис. грн, та пшениці озимої 13,8 тис. грн. Мінімальний рівень прибутковості забезпечує вирощування кукурудзи на силос – 5,2 тис. грн. Енергетичною оцінкою функціонування зрошуваних агроecosystem визначено, що вихід валової енергії при вирощуванні на зрошуваних землях таких культур, як люцерна, кукурудза та буряк цукровий перевищував 150 ГДж/га. Приріст енергії між зрошуваними і незрошуваними умовами характеризувався максимальними відмінностями при вирощуванні сої, пшениці озимої та кукурудзи. Коефіцієнт енергетичної ефективності виявився максимальним (4,29) у люцерни на зелений корм.

10. Згідно опрацювання одержаних експериментальних даних встановлено, що найвищий коефіцієнт продуктивності зрошення при вирощуванні сільськогосподарських культур на поливних землях півдня України досягнув у кукурудзи на зерно 4,6, а у люцерни другого року використання – 4,37. З метою підвищення продуктивності зрошуваних агроecosystem розроблено та економічно обґрунтовано ресурсозберігаючі технологічні заходи, зокрема, з раціонального використання поливної води, добрив, пестицидів та технічних засобів; підвищення ефективності використання агроресурсів; локалізація процесів зрошення, удобрення, захисту рослин; підвищення економічної ефективності ведення землеробства на зрошуваних землях; мінімізація несприятливих екологічних наслідків. Обґрунтовано, що з економічної точки зору у посушливі роки слід коригувати зрошувальну норму з урахуванням істотного зростання евапотранспірації та залежно від водопотреби сільськогосподарських культур.



## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою підвищення продуктивності зрошуваних земель, покращення економічних та енергетичних показників агроєкосистем на виробничому рівні необхідно застосовувати наступні заходи:

– впроваджувати сівозміни з коефіцієнтом використання зрошуваної ріллі 1,25-1,75, включати до складу сівозмін багаторічні бобові трави і травосумішки, застосовувати органо-мінеральні системи удобрення з заорюванням на добриво післяжнивних решток, що забезпечує підвищення вмісту в ґрунті органічної речовини, покращує його водний і поживний режими та створює сприятливі умови для росту й розвитку сільськогосподарських культур;

– проводити моделювання водного режиму ґрунту з використанням сучасних інформаційних засобів з метою встановлення показників евапотранспірації та формування водозберігаючих режимів зрошення, які відповідають біологічним особливостям сільськогосподарських культур, забезпечують більш повне використання поливної води впродовж вегетаційного періоду з коефіцієнтом продуктивності зрошення на рівні 4,3-4,6.

– використовувати спеціальні комп'ютерні програми, зокрема ПК «Іригація», ПК «Гідромодуль», а також світові розробки, адаптовані до локальних природно-господарських умов Південного Степу – програми ФАО ООН – CROPWAT, AquaCrop, ETo Calculator тощо, які спрощують встановлення оптимальних параметрів елементів водного режиму ґрунту та водоспоживання сільськогосподарських культур на конкретних полях зрошуваних сівозмін з урахуванням поточних метеорологічних умов. В результаті забезпечується економія поливної, зростає прибутковість виробництва та сталий розвиток зрошуваних агроєкосистем в умовах змін клімату.

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Монографії та навчальні посібники

1. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях: монографія / Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, П.В. Писаренко, **І.М. Біляєва** та ін. ; за ред. Р.А. Вожегової. – Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 286 с. (*Удосконалення методик з встановлення математичних зв'язків між продуктивністю сільськогосподарських культур зрошуваних сівозмін та погодними умовами*).

2. Наукові основи планування та управління режимами зрошення сільськогосподарських культур в умовах півдня України : навчальний посібник / Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, П.В. Писаренко, **І.М. Біляєва** та ін. – Херсон: Айлант, 2014. – 158 с. (*Наукове обґрунтування режимів зрошення, методологічні основи застосування інформаційних технологій для планування та оперативного управління режимами зрошення*).

3. Наукове обґрунтування та практична реалізація режимів зрошення сільськогосподарських культур з врахуванням природних та господарсько-економічних чинників : монографія / Р.А. Вожегова, П.В. Писаренко, **І.М. Біляєва** та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – 232 с. (*Розробка методологічних основ застосування інформаційних технологій для планування та оперативного*

управління режимами зрошення, формування баз даних та розробка моделей продуктивності).

4. Агроекологічна стандартизація та нормування витрат ресурсів у зрошуваному землеробстві: монографія / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва**, С.В. Коковіхін та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – 220 с. (*Кореляційно-регресійні залежності урожайності с.-г. культур зрошуваних сівозмін на фоні змін витрат поливної води та мінеральних добрив*).

5. Математичні моделі формування урожаю польових культур за зрошення / Коковіхін С.В., Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Писаренко П.В., **Біляєва І.М.** // Інтегроване управління водними і земельними ресурсами на меліорованих територіях : монографія. – К.: Аграрна наука, 2016. – С. 521-533 (*Формування баз даних продуктивності с.-г. культур зрошуваних сівозмін залежно від зрошувальних норм, фону мінерального живлення, норм висіву*).

6. Інноваційні технології вирощування кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: монографія / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Писаренко П.В., **Біляєва І.М.** та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – 734 с. (*Формування баз даних продуктивності кукурудзи залежно від гібридного складу, зрошувальних норм, фону мінерального живлення, густоти стояння рослин*).

7. Наукове обґрунтування інноваційних технологій вирощування пшениці озимої в умовах півдня України: монографія / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., **Біляєва І.М.** та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – 549 с. (*Формування баз даних продуктивності пшениці озимої залежно від сортового складу, зрошувальних норм, фону мінерального живлення, норм висіву*).

8. Вожегова Р.А. Продуктивність сівозміни // Наукові засади розвитку аграрного сектору економіки південного регіону України: монографія / Вожегова Р.А., Марковська О.Є., **Біляєва І.М.** – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. – 94-98 с. (*Обчислення продуктивності зрошуваних сівозмін з використанням агрометеорологічних моделей та інформаційних засобів*).

#### Статті у фахових виданнях України

9. Орлюк А.П. Нові сорти озимої пшениці для комплексного використання у зерновиробництві / А.П. Орлюк, К.В. Гончарова, Г.Г. Базалій, **І.М. Біляєва**, Л.О. Усик // Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць. - Херсон: Олді-Плюс, 2010. – Вип. 53. – С. 68-73 (*Проведення польових дослідів, узагальнення експериментальних даних з продуктивності сортів пшениці озимої за вирощування на зрошуваних землях*).

10. Вожегова Р.А. Науково-практичні аспекти оптимізації штучного зволоження в умовах півдня України / Р.А. Вожегова, С.В. Коковіхін, П.В. Писаренко, **І.М. Біляєва** // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник наукових праць. - Херсон: Грінь Д.С., 2013. – Вип. 60. – С. 3-5 (*Методологічні основи оптимізації режимів зрошення, вирішення проблем низької економічної ефективності штучного зволоження, розробка еколого-безпечних заходів господарювання на поливних землях*).

11. Димов О.М. Інтелектуальна власність в інноваційному розвитку України / О.М. Димов, **І.М. Біляєва** // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний

збірник наукових праць. - Херсон: Грінь Д.С., 2014. – Вип. 61. – С. 151-155 (*Розробка інноваційних підходів для впровадження у виробництва сучасних технологій вирощування с.-г. культур на зрошуваних землях*).

12. Вожегова Р.А. Наукове обґрунтування режимів зрошення з врахуванням біологічних потреб рослин та технологічних параметрів зрошувальних систем / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., **Біляєва І.М.** // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник наукових праць. - Херсон: Грінь Д.С., 2014. – Вип. 62. – С. 36-39 (*Розробка методологічних основи застосування інформаційних технологій для планування та оперативного управління режимами зрошення, формування баз даних та розробка моделей продуктивності*).

13. **Біляєва І.М.** Перспективи використання інформаційних засобів для оптимізації режимів зрошення на рівні господарства, сівозміни та поля / **І.М. Біляєва** // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – Вип. 93. – С. 18-23.

14. Sheludko O.D. Efficiency of the plants protection on irrigated winter wheat treatment against cereal flies in various sowing periods / O.D. Sheludko, O.E. Markovska, **І.М. Biliayeva**, M.O. Kaminska // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – Вип. 63. – С. 32-34 (*Проведення польових дослідів з сортами пшениці озимої, обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

15. **Біляєва І.М.** Наукове обґрунтування та практичне використання агрометеорологічних методів прогнозування врожайності польових культур в умовах зрошення / **І.М. Біляєва** // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – Вип. 94 – С. 8-15.

16. Вожегова Р.А. Перспективи використання інформаційних систем для агрометеорологічного забезпечення зрошеного землеробства в умовах півдня України / Р.А. Вожегова, С.В. Коковіхін, **І.М. Біляєва** // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – Вип. 64. – С. 5-8 (*Формування баз даних метеорологічних показників, розробка моделей змін клімату для умов півдня України*).

17. Вожегова Р.А. Актуальні проблеми та перспективні напрями розвитку зрошення в Україні та світі в умовах змін клімату / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва** // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – Вип. 95 – С. 40-46 (*Методологічні основи застосування інформаційних технологій для планування та оперативного управління режимами зрошення, формування баз даних та розробка моделей продуктивності*).

18. Вожегова Р.А. Наукове обґрунтування заходів оптимізації використання поливної води з врахуванням структури посівних площ в умовах півдня України / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва** // Агроекологічний журнал. – К.: Дія, 2016. – № 3. – С. 21-25 (*Формування баз даних продуктивності рослин залежно від режимів зрошення та фону мінерального живлення*).

19. Вожегова Р.А. Наукове обґрунтування напрямів впровадження інноваційних технологій у зрошуване землеробство півдня України / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва** // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник наукових праць. - Херсон: Грінь Д.С., 2016. – Вип. 65. – С. 29-32 (*Розробка*

*інноваційних підходів для впровадження у виробництво сучасних технологій вирощування с.-г. культур на зрошуваних землях).*

20. Вожегова Р.А. Інноваційні напрями розвитку зрошуваних меліорацій в умовах Південного Степу України / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва**, С.В. Коковіхін // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – Вип. 96. – С. 31-40 (*Розробка інноваційних підходів для впровадження у виробництво сучасних технологій вирощування с.-г. культур на зрошуваних землях*).

21. Вожегова Р.А. Моделювання впливу сонячної радіації на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах зрошення півдня України / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва**, С.В. Коковіхін // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник наукових праць. - Херсон: Грінь Д.С., 2016. – Вип. 66. – С. 14-18 (*Формування баз показників сонячної радіації у роки проведення досліджень, встановлення залежності між кліматичними та агротехнічними показниками*).

22. Вожегова Р.А. Еколого-меліоративні аспекти підвищення родючості та продуктивності зрошуваних ґрунтів в умовах Південного Степу України / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва**, С.В. Коковіхін // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – Вип. 97. – С. 22-30 (*Проведення польових і лабораторних досліджень, обробка експериментальних даних, узагальнення результатів моделювання*).

23. Вожегова Р.А. Адаптування систем зрошуваного землеробства до локальних та регіональних умов Південного Степу України та глобальних змін клімату / Р.А. Вожегова, **І.М. Біляєва**, С.В. Коковіхін // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – Вип. 98. – С. 23-28 (*Формування баз даних метеорологічних показників, розробка моделей змін клімату для умов півдня України*).

24. Vozhehova R.A. Environmental, economic and energy efficiency of soil tillage systems in crop rotation under irrigation / R.A. Vozhehova, M.P. Maliarchuk, O.Y. Markovska, **І.М. Biliayeva** // Зрошуване землеробство: збірник наукових праць. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – Вип. 67. – С. 12-15.

25. **Біляєва І.М.** Якісне насіння – запорука високих врожаїв / І.М. Біляєва, В.В. Клубук // Карантин і захист рослин. – 2017. – № 4-6. – С. 28.

26. Вожегова Р.А. Агрофізичні властивості темно-каштанового ґрунту за різних систем основного обробітку та удобрення на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова, М.П. Малярчук, **І.М. Біляєва**, О.Є. Марковська // Вісник аграрної науки. – 2017. – № 8. – С. 64-70.

27. Митрофанов О. АгроОлімп «Зрошення»: Агротехнологічний регламент вирощування сільськогосподарських культур в 4-пільній сівозміні на зрошенні / О. Митрофанов, В. Малярчук, П. Писаренко, **І. Біляєва** // Техніка і технології АПК. – 2017. – № 8 (95). – С. 19-22.

#### **Статті у закордонних фахових виданнях та у виданнях, занесених до міжнародних наукометричних баз**

28. Вожегова Р.А. Оптимизация структуры посевных площадей и моделирование севооборотов с учетом локальных параметров орошаемых и неполивных земель в условиях юга Украины / Р.А. Вожегова, **И.Н. Беляева**,

С.В. Коковихин / Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». – Новочеркасск, 2017. – Вып. 2(66).– С. 183-190 (*Наукове обґрунтування структури посівних площ і сівозмін господарств зони зрошення півдня України, моделювання показників вмісту гумусу на полях сівозмін*).

29. Vozhegova R.A. Scientific and practical substantiation of models in crop rotation on irrigated and unirrigated lands in Southern Ukraine / R.A. Vozhegova, **I.M. Bilyaeva**, A.N. Kerimov, S.V. Kokovikhin // The collection of sciences works of Azerbaijan Hydrotechnic and Melioration Scientific Production Union on 2016.– Baku: Science, 2016. – Vol. XXXVI. – P. 157-164 (*Наукове обґрунтування структури посівних площ і сівозмін господарств, узагальнення результатів моделювання вмісту гумусу в ґрунті, формулювання висновків*).

30. Вожегова Р.А. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур / Вожегова Р.А., **Беляева И.Н.**, Коковихин С.В. // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». – Новочеркасск, 2017. – Вып. 1(65).– С. 187-191 (*Формування баз даних метеорологічних показників, розробка моделей змін клімату для умов півдня України*).

31. Вожегова Р.А. Моделювання та агро меліоративне обґрунтування сівозмін на неполивних і зрошуваних землях Південного Степу України / Р.А. Вожегова, **I.M. Біляєва**, С.В. Коковіхін // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. - Запоріжжя : ІОК НААН, 2016. – Вип. 23. – С. 110-120 (*Формування баз даних метеорологічних показників, встановлення залежностей продуктивності зрошення для умов півдня України*).

32. Коковіхін С.В. Продуктивність та економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від способів поливу та захисту рослин в умовах півдня України / С.В. Коковіхін, **I.M. Біляєва** // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. – 2017. – Вип. 237. – С. 9-12. [Електронний ресурс]. Режим доступу. – <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/7816> (*Проведення польових дослідів з гібридами кукурудзи, узагальнення даних, формулювання висновків*).

#### **Тези доповідей на наукових конференціях, статті в інших виданнях**

33. Вожегова Р.А. Інноваційні напрями розвитку зрошуваного землеробства в умовах півдня України / Р.А. Вожегова, С.В. Коковіхін, **I.M. Біляєва**, О.О. Пілярська // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник наукових праць. - Херсон: Айлант, 2013. – Вип. 60. – С. 14-16.

34. Коковіхін С.В. Проблеми інноваційного розвитку зрошуваного землеробства в умовах півдня України / С.В. Коковіхін, **I.M. Біляєва**, В.Г. Пілярський // Матеріали Всеукраїнської конференції молодих вчених та спеціалістів «Історія освіти, науки і техніки в Україні» присвяченій 130-річчю появи сільськогосподарської дослідної справи як організації та створення Полтавського дослідного поля (22 травня 2014 р.). – К.: Корзун, 2014 р. – С. 259.

35. База даних об'єктів права інтелектуальної власності, створених в Інституті зрошуваного землеробства НААН для трансферу їх агропромислове виробництво / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П., **Біляєва I.M.** та ін. – Херсон:

Айлант, 2015. – 33 с.

36. Коковихин С.В. Фотосинтетические показатели растений кукурузы в зависимости от различных условий выращивания / С.В. Коковихин, В.Г. Пилярский, П.В. Писаренко, **И.Н. Беляева**, Е.А. Пилярская // Борьба с засухой и урожай: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения К.Г. Шульмейстера (15 мая 2015 г.). – Волгоград, 2015. – С. 283-288.

37. Біляєва І.М. Індексний аналіз теплоенергетичних чинників та продуктивності зрошення за різних схем технологічного процесу / **І.М. Біляєва** // Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах : Міжнар. конф., тези доп. : Присвячена 110 річчю від дня народження декана агрономічного факультету Ліпеса Веніаміна Ельевича (10-11 червня 2016 р.). – Херсон : РВЦ «Колос», 2016. - С. 77-78.

38. **Біляєва І.М.** Науково-методологічні підходи моделювання динаміки вмісту гумусу та органічних речовин в зрошуваних ґрунтах Південного Степу України / **І.М. Біляєва** // Sophus Scientific Club. – 2016. – Вип. 10. – С. 71-80. [Електронний ресурс]. Режим доступу. – [http://sophus.at.ua/publ/2016\\_10\\_kampodilsk/naukovo\\_metodologichni\\_pidkhodi\\_modeljuvannja\\_dinamiki\\_vmistu\\_gumu\\_su\\_ta\\_organichnih\\_rechovin\\_v\\_zroshuvanikh\\_runtakh\\_pivdenного\\_stepu\\_ukrajini](http://sophus.at.ua/publ/2016_10_kampodilsk/naukovo_metodologichni_pidkhodi_modeljuvannja_dinamiki_vmistu_gumu_su_ta_organichnih_rechovin_v_zroshuvanikh_runtakh_pivdenного_stepu_ukrajini).

39. **Біляєва І.М.** Моделювання показників рухомих форм мікроелементів в темно-каштанових ґрунтах Південного Степу України за тривалого зрошення / **І.М. Біляєва** // Збірник тез Міжнародної наукової Інтернет-конференції «Олійні культури. Тенденції та перспективи» (1 листопада 2016 р.). – Запоріжжя: ІОК НААН, 2016. – С. 77-79.

40. **Біляєва І.М.** Динаміка гідротермічних показників та моделювання продуктивності сільськогосподарських культур при вирощуванні на зрошуваних землях в умовах змін клімату / **І.М. Біляєва** // Sophus Scientific Club. – 2017. – Вип. 6. – С. 9-12. [Електронний ресурс]. Режим доступу. – [http://sophus.at.ua/publ/2017\\_06\\_kampodilsk/dunamika\\_hydrotermichnukh\\_pokaznukiv\\_ta\\_modelyvanna\\_produkktivnosti\\_silskogospodarskikh\\_kultur\\_pru\\_vuroshuvanni\\_na\\_zroshuvanikh\\_zemlakh\\_v\\_umovakh\\_zmin\\_klimatu](http://sophus.at.ua/publ/2017_06_kampodilsk/dunamika_hydrotermichnukh_pokaznukiv_ta_modelyvanna_produkktivnosti_silskogospodarskikh_kultur_pru_vuroshuvanni_na_zroshuvanikh_zemlakh_v_umovakh_zmin_klimatu).

41. **Біляєва І.М.** Наукове обґрунтування систем удобрення зрошуваних агрофітоценозів з моделюванням вмісту органічних та неорганічних сполук / **І.М. Біляєва** // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Управління водними ресурсами в умовах змін клімату», присвяченої Всесвітньому дню води (21 березня 2017 р.). – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. – С. 156-157.

42. Вожегова Р.А. Агротелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной Степи Украины / Вожегова Р.А., **Беляева И.Н.**, Коковихин С.В. // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Международной научно-практической конференции, г. Барнаул, 27-28 февраля 2017 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – С. 235-237.

43. Кіріяк Ю.П. Дослідження змін температурного режиму за багаторічний період у Південно-Степовій зоні України та вивчення його впливу на продуктивність пшениці озимої / Ю.П. Кіріяк, А.М. Коваленко, **І.М. Біляєва**,

М.І. Федорчук, С.В. Коковіхін // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – Вип. 97. – С. 53-59.

44. **Біляєва І.М.** Перспективи використання ГІС-технологій при вирощуванні сільськогосподарських культур на зрошуваних землях / **І.М. Біляєва** // Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 21 квітня 2017 р.) / НААН, МПП ім. В.М. Ремесла, М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін.-т експертизи сортів рослин, М-во освіти та науки України, БНАУ, НУБіП. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – С. 11.

45. **Біляєва І.М.** Динаміка гідротермічних показників та моделювання продуктивності сільськогосподарських культур при вирощуванні на зрошуваних землях в умовах змін клімату / **І.М. Біляєва** // Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Кам'янець-Подільський 15-16 червня 2017 р.). – Тернопіль : Крок, 2017. – С. 9-12.

46. **Біляєва І.М.** Інноваційні напрями розвитку зрошеного землеробства в умовах півдня України / **І.М. Біляєва** // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин (7 червня 2017 р., м. Київ). – Вінниця: Нілан-ЛТД, 2017. – С. 173-176.

#### Методичні рекомендації

47. Методичні рекомендації з моделювання продуктивності сільськогосподарських культур на зрошуваних і неполивних землях півдня України / Вожегова Р.А., **Біляєва І.М.**, Коковіхін С.В., Малярчук М.П., Писаренко П.В. та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – 45 с. (*Узагальнення результатів польових досліджень з різними с.-г. культурами за їх вирощування на зрошуваних землях*).

48. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування соняшнику в умовах Степу України / Вожегова Р.А., Коковіхін С.В., Нестерчук В.В., **Біляєва І.М.**, Рудий О.Е. та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – 32 с. (*Узагальнення результатів польових досліджень з гібридами і сортами соняшнику за вирощування в неполивних і зрошуваних умовах*).

49. Науково-методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування кукурудзи на зрошуваних землях півдня України / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., **Біляєва І.М.**, Малярчук М.П. та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – 16 с. (*Узагальнення результатів польових досліджень Інституту зрошеного землеробства НААН з гібридами кукурудзи за вирощування на зрошуваних землях*).

50. Методичні рекомендації з планування та оперативного управління режимами зрошення в умовах півдня України / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Писаренко П.В., **Біляєва І.М.** та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – 64 с. (*Наукове обґрунтування режимів зрошення, практичні рекомендації щодо застосування інформаційних технологій для планування та оперативного зрошення*).

51. Методичні рекомендації з трансферу інновацій в агровиробничі системи Південного Степу України / Вожегова Р.А., **Біляєва І.М.**, Малярчук М.П., Коковіхін С.В. та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – 16 с. (*Формулювання*

*практичних підходів для впровадження у виробництво сучасних технологій вирощування с.-г. культур на зрошуваних землях).*

52. Вожегова Р.А. Широкий уніфікований класифікатор – довідник роду. *Gossypium hirsutum* (L.). / Вожегова Р.А., Рябчун В.К., Боровик В.О., Біляєва І.М. та ін. // Класифікатор – довідник. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – 50 с.

53. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування пшениці озимої в умовах Південного Степу України / Вожегова Р.А., Біляєва І.М., Коковіхін С.В., Вожегов С.Г. та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – 32 с. *(Узагальнення результатів польових досліджень Інституту зрошуваного землеробства НААН з сортами пшениці озимої за вирощування на зрошуваних землях).*

54. Вожегова Р.А. Технологічні заходи підготовки та сівби озимих зернових культур під урожай 2017 року в посушливих умовах Південного Степу: науково-методичні рекомендації / Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, І.М. Біляєва та ін. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – 38 с.

### **Патенти та авторські свідоцтва**

55. Спосіб використання зрошуваних земель залежно від водозабезпечення в зоні дії основних зрошувальних систем України / Вожегова Р.А., Біляєва І.М. та ін. – № 102548; заявл. 16.07.2015; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 7 *(Безпосередня участь у польових дослідях, узагальнення результатів досліджень, моделювання витрат поливної води, розробка заходів ресурсозбереження).*

56. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 70453. Монографія «Методика оцінки ефективності інвестицій в інноваційний розвиток агарного сектору» / Вожегова Р.А., Грановська Л.М., Димов О.М. Бояркіна Л.В., Репілевський Е.В., Біляєва І.М. та ін. – дата реєстрації 15.02.2017 *(Розробка інноваційних підходів для впровадження у виробництво сучасних технологій вирощування с.-г. культур на зрошуваних землях).*

57. Спосіб оптимізації витрат води при виробництві зерна в короткоротаційній сівозміні на зрошенні / Вожегова Р.А., Малярчук М.П., Біляєва І.М. та ін. – № 115727; заявл. 12.02.2017; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 12 *(Формування баз даних продуктивності культур зрошуваних сівозмін, створення моделей врожайності та водозабезпеченості, узагальнення результатів досліджень).*

### **АНОТАЦІЯ**

**Біляєва І.М. Теоретичні основи та агроекологічне обґрунтування заходів підвищення продуктивності зрошуваних земель в умовах півдня України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.02 – сільськогосподарські меліорації. – Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2018.

У дисертаційній роботі висвітленні результати досліджень з розробки та удосконалення системи агротехнологічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності, економічної і енергетичної ефективності зрошуваного



землеробства за рахунок нормування агроресурсів, ресурсозбереження та моделювання продукційних і виробничих процесів з метою створення сприятливого еколого-меліоративного стану в умовах Південного Степу України.

Встановлено, що вихідні показники штучного зволоження необхідно коригувати з врахуванням глобальних кліматичних параметрів і господарсько-економічних особливостей кожного господарства з метою забезпечення біологічних вимог рослин у поливній воді та елементах живлення. Проведення моделювання водного режиму ґрунту з використанням сучасних інформаційних засобів, встановлення показників евапотранспірації для формування режимів зрошення та нормування витрат поливної води, добрив і пестицидів дозволяє підвищувати продуктивність польових культур на 20-25%, забезпечує економію поливної води на 15-30%, сприяє максимізації прибутків та покращує меліоративний стан ґрунтів і прилеглих територій.

**Ключові слова:** зрошення, добрива, сівозміна, агрозаходи, агрометеорологічні чинники, урожайність, моделювання, економічна ефективність, енергетична оцінка, еколого-меліоративні показники.

## АННОТАЦІЯ

**Беляева И.Н. Теоретические основы и агроэкологическое обоснование мероприятий повышения продуктивности орошаемых земель в условиях юга Украины. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.02 - сельскохозяйственные мелиорации. – Государственное высшее учебное заведение «Херсонский государственный аграрный университет», Херсон, 2018.

В диссертационной работе отражены результаты исследований по разработке и усовершенствованию системы агротехнологических мероприятий, направленных на повышение продуктивности, экономической и энергетической эффективности орошаемого земледелия за счет нормирования агроресурсов, водосбережения и моделирования продукционных и производственных процессов для создания благоприятного эколого-мелиоративного состояния в условиях Южной Степи Украины.

Установлено, что исходные показатели искусственного увлажнения необходимо корректировать с учетом глобальных климатических параметров и хозяйственно-экономических особенностей каждого хозяйства с целью обеспечения биологических требований растений в поливной воде и элементах питания. Проведение моделирования водного режима почвы с использованием современных информационных средств, установление показателей эвапотранспирации для формирования режимов орошения и нормирования расходов поливной воды, удобрений и пестицидов позволяет повысить продуктивность полевых культур на 20-25%, обеспечивает экономию поливной воды на 15-30%, способствует максимизации прибылей и улучшает меліоративное состояние почв.

**Ключевые слова:** орошение, удобрения, севооборот, агромероприятия, агрометеорологические факторы, урожайность, моделирование, экономическая

эффективность, энергетическая оценка, эколого-мелиоративные показатели.

## SUMMARY

**Biliaieva I.M. Theoretical bases and agro-ecological substantiation of the measures for the irrigated lands productivity improvement in conditions of the South of Ukraine. – A qualifying academic paper on the manuscript copyright.**

Dissertation in support of scientific degree of the Doctor of agricultural sciences in the specialty 06.01.02 Agricultural Meliorations. - State Higher Educational Establishment «Kherson State Agricultural University», Kherson, 2018.

Dissertation represents the results of the studies on development and improvement of the system of agrotechnical measures, which are directed on increase in productivity, economic and energy efficiency of the irrigated agriculture at the expense of normalization of agricultural resources, water-saving and modeling the productive and production processes for creation of the favorable ecological and ameliorative state in conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

A valuable agrobiological factor of the influence on the productivity level of plants is use of the scientifically substantiated crop rotations. With increase in share of the crops with the maximum economic efficiency (soybean, corn, vegetables) irrigation systems become overloaded, when on July and August needs in the irrigation water are up to 30-50% higher than their technical facilities, and in other periods of the irrigation period, in contrary, they are not loaded properly, that has a negative impact on the irrigation use efficiency. To plan and operative handle irrigation regimes of the major crops the program and informational complex (PIC) «Hydro module» has been developed, which allows to optimize the structure of croplands taking into account parameters of the hydro module, forming unsettled and settled irrigation schedules.

Under crops cultivation at the irrigated lands irrigation planning and optimization of the cultivation technology for certain field in crop rotations are of a high value. One should use special software applications, developed at the Institute of Irrigated Agriculture (PIC «Irrigation», PIC «Hydro module») and world developments adapted to the local natural and economic conditions (applications FAO UNO — CROPWAT, AquaCrop, ETo Calculator). Use of such applications allows to determine water requirements for separate fields taking into account scenarios of meteorological conditions, provides highly accurate calculations, has economic and ecological advantages.

It was stated, that primary indexes of the artificial watering must be corrected taking into account the global climatic parameters and economic peculiarities of crop rotations and separate fields to satisfy biological requirements of plants in irrigation water and nutrients. Soil water regime modeling with use of the modern software applications for forming irrigation schedules and normalization of the irrigation water, fertilizers and pesticides expenditure allows to increase field crops productivity up to 20-25%, provides water economy up to 15-30%, that improves pure profit, profitability, energy indexes, and ameliorative state of soils.

**Key words:** irrigation, fertilizers, crop rotation, agricultural measures, agrometeorological factors, yields, modeling, economic efficiency, energy assessment, ecological, ameliorative indexes.

Підписано до друку 04.05.2018. Формат 60x84/16  
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman  
Ум. др. арк. 1,9. Наклад 100

Віддруковано у ТОВ «Айлант»  
*Свідоцтво про реєстрацію ХС №1 від 20.08. 2000 р.*  
73000, Україна, м. Херсон, пров. Пугачова, 5/20.  
Тел. 49-33-48. 050-396-08-91