

УДК 622

Ткачук А. В., Ткачук Т. І. (Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпропетровськ)

## **ФОРМУВАННЯ ПЛАНІВ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ШЛЯХОМ ОЦІНКИ УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ЗА АЛГОРИТМОМ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ**

Анотація. В статті розглядається одна із важливих проблем водогосподарського комплексу країни – управління водними ресурсами на зрошуваних землях. В роботі висвітлено методологічний підхід до укладання планів водокористування шляхом розпізнавання образів природних умов вологозабезпеченості території.

**Ключові слова:** запаси ґрунтової вологи, водокористування, режим зрошення.

**Водокористування на зрошуваних землях** в сьогоdnішніх умовах є складною соціально-економічною проблемою, рішення якого потребує детального дослідження природно-кліматичних, ґрунтових, водних, матеріально-технічних, людських та інших ресурсів. На стадії прийняття рішення по плану водокористування на поливний сезон пріоритет, очевидно, має бути відданий економічній ефективності. Тому при оцінці будь-яких ресурсів, необхідно показати економічну доцільність вирощування сільськогосподарської культури на зрошуваних землях. Метою наукового обґрунтування водокористування на зрошуваних землях є встановлення такого плану, при якому досягається максимум стабільних валових зборів сільськогосподарської продукції при мінімальних затратах водних і матеріальних ресурсів.

**Перші дослідження** з обчислювальною технікою велись переважно за класичною схемою математичного моделювання – математична модель, алгоритм і розрахунок. Однак крім класичних ідей виникали методи, що ґрунтуються на принципово інших підходах, як показали численні дослідження вчених при вирішенні окремих завдань, вони часто давали кращий результат ніж рішення, засновані на надскладних математичних моделях. Ідея полягала у відмові від прагнення створити вичерпну математичну модель досліджуваного об'єкта (причому часто адекватні моделі було практично неможливо побудувати), а замість цього задовольнитися відповіддю лише на конкретні питання. При цьому пошук відповіді йшов із загальних міркувань для широкого класу задач. Дослідження такого роду велись для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур, рівня води в річках, розрізнення водоносних пластів за непрямыми геофізичними даними, тощо. Конкретна відповідь у цих завданнях є в досить простій формі, як наприклад, відповідність умов природного зволоження території за певний період заздалегідь фіксованим класам, а вихідні дані для цих завдань, як правило, мають перерви у спостереженнях на досліджуваному об'єкті. З математичної точки зору це означає, що розпізнавання образів (а так і був названий цей клас задач) є далекосяжне узагальнення ідеї екстраполяції функції [1].

**Теоретичними основами** досліджень є фундаментальні положення водокористування (технологічні, екологічні та соціальні складові). Загальною методологічною основою виконаних досліджень є наукові концепції та положення у водогосподарській галузі, класичні положення водокористування та водоспоживання.

**Розглянемо постановку** завдання обліку умов вологозабезпеченості території при формуванні екологічно безпечних планів водокористування на зрошуваних землях. Для рішення цієї задачі необхідно детально оцінити вплив фактичних і, особливо, прогнозних умов зволоження і вибрати найкращий варіант водокористування на зрошуваних землях.

Врожаї сільськогосподарських культур залежать не лише від міжрічних коливань агрогідрометеорологічних умов, які проявляються в різних умовах зволоження вегетаційних сезонів, що еквівалентно тимчасовим варіаціям агрокліматичних зон і підзон, а і від характеру, динамічності та інтенсивності їх змін протягом конкретного вегетаційного сезону. Тож класифікацією образа будемо вважати його ідентифікацію і віднесення до однієї із умов зволоження, як протягом всього вегетаційного періоду так і більш коротких періодів розвитку сільськогосподарської культури, наприклад критичного. В якості критеріїв для оцінки умов зволоження території пропонуємо використовувати такі показники:

гідротермічний коефіцієнт Селянінова, суму опадів (за певні періоди) і суму ефективних температур повітря. За вказаними критеріями будуємо карти Кохенена і визначаємо зволоженість року і відповідні їм умови зволоження.

У таблицях 1 та 2 наведена характеристика зволоження території і тривалість та ймовірність умов зволоження за даними спостережень на метеостанції Синельникове з 1947 по 2014 роки.

Таблиця 1

Середньорічні параметри зволоження років різної забезпеченості

Характеристика зволоження року	Гідротермічний коефіцієнт Селянінова	$\sum t > 5^{\circ}\text{C}$ по періодам			Сума опадів по періодам, мм		
		за рік	за вегетаційний весняно-літній	за критичний	за рік	за вегетаційний весняно-літній	за критичний
Дуже вологий (P=10%)	1,16	3166	1892	1013	601,0	260,8	188,1
Вологий (P=25%)	1,08	3204	1927	1039	552,0	256,9	122,8
Середній (P=50%)	0,97	3298	2076	1043	519,3	212,9	124,3
Середньосухий (P=75%)	0,79	3415	2159	1152	487,3	205,9	92,0
Сухий (P=90%)	0,69	3670	2253	1144	393,2	151,1	79,4

Таблиця 2

Забезпеченість (%) та тривалість (в днях) вологозапасів у метровому шарі ґрунту в критичний період під посівами пшениці озимої в різні за атмосферним зволоженням роки

Характеристика зволоження року	Умови зволоження											
	вологі		оптимальні		слабо посушливі		помірно посушливі		посушливі		сухі	
	діб	%	діб	%	діб	%	діб	%	діб	%	діб	%
Дуже вологий (P=10%)			29	47,5	32	52,5						
Вологий (P=25%)			10	16,4	49	80,3	2	3,3				
Середній (P=50%)					56	91,8	5	8,2				
Середньосухий (P=75%)							19	31,1	42	68,9		
Сухий (P=90%)									61	100		

Умови зволоження визначаються Л. С. Кельчевською так [2]: при  $\eta > 1,3$  – надмірно вологі,  $\eta = 1,3 - 1,1$  – вологі,  $\eta = 1,1 - 0,9$  – оптимальні,  $\eta = 0,9 - 0,7$  – слабопосушливі,  $\eta = 0,7 - 0,5$  – помірно посушливі,  $\eta = 0,5 - 0,3$  – посушливі і при  $\eta < 0,3$  сухі.

Аналіз даних, наведених в таблицях, показує, що на досліджуваній території в різні за атмосферним зволоженням роки запаси ґрунтової вологи змінюються в широких межах. У дуже вологі та вологі за природним зволоженням роки вологозапаси на досліджуваній території значно вищі, ніж в інші. Про це свідчить тривалість стояння протягом критичного періоду оптимальних умов зволоження. Так, максимальна тривалість оптимальних запасів вологи (понад 246 мм) у метровому шарі ґрунту спостерігаються у дуже вологі роки протягом 29 днів, а у вологі лише 10. Умови вологозабезпеченості змінюються зі зміною зволоженості року, наприклад, у сухі роки у метровому шарі ґрунту показник умов вологозабезпеченості не перевищує 0,5, тобто загальні вологозапаси менші за 136 мм, що відповідає посушливим умовам зволоження.

Моніторинг запасів ґрунтової вологи доцільно вести шляхом обліку щоденних вологозапасів, що обчислені за методикою наведеною в [3]. Маючи запаси ґрунтової вологи ми зможемо легко класифікувати образ і призначити режим зрошення. В свою чергу у відповідності до природного зволоження року (забезпеченості) розраховуємо типові режими зрошення для дуже вологих років (P=10%), вологих (P=25%), середніх (P=50%), середньосухих (P=75%) і сухих (P=90%). Режим зрошення укладаємо на підставі обчислених

щоденних запасах ґрунтової вологи за методикою наведеною в [4].

Наступним кроком є визначення складу культур на зрошуваних землях. Рішення подібних задач базується на методах оптимізації, серед яких: метод невизначених множників Лагранжа, методи лінійного і динамічного програмування, градієнтний метод, тощо.

Визначення структури посівних площ на різних територіях для забезпечення найбільшої економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур при наявних ресурсах ґрунтової вологи визначимо шляхом максимізації лінійної форми.

$$J = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^L \mu_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\text{за таких умов} \quad \sum_{i=1}^L S_i \quad \forall i = 1, \bar{N} \quad K_e(x_i) \rightarrow \min . \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^N x_{ij} = S_R . \quad (3)$$

$$a_{ij} \leq x_{ij} \leq b_{ij} \quad \forall j = 1, \bar{L} , \quad (4)$$

де  $\mu_{ij}$  – забезпечена ресурсами ґрунтової вологи врожайність  $j$ -тої культури на  $i$ -тій території

$$\mu_{ij} = Y_{ij \max} - \sum_{p=1}^{M_j} M \cdot Y_{ijp} , \quad (5)$$

де  $Y_{ij \max}$  – максимальна (потенціальна) врожайність  $j$ -тої культури на  $i$ -тій території;  $M$  – кількість типів несприятливих умов природного зволоження при вирощуванні  $j$ -тої культури на даній території;  $Y_{ijp}$  – втрати врожайності  $j$ -тої культури при  $p$ -тому типі вологозабезпеченості.

Вхідною інформацією для визначення очікуваних втрат врожаю від нестачі ресурсів ґрунтової вологи є умови вологозабезпеченості за вегетаційний або критичний період розвитку сільськогосподарської культури. Типізація умов зволоження за певні проміжки вегетаційного періоду дають можливість характеризувати динаміку метеорологічних умов в процесі розвитку сільськогосподарських культур і вести оперативне планування водокористування на зрошуваних землях. Враховуючи, що зменшення запасів ґрунтової вологи на 10% від необхідної кількості практично не впливає на врожайність будь-якої із сільськогосподарських культур, то обчислення втрат врожаю внаслідок нестачі волого запасів доцільно оцінювати так: для вологолюбивих культур при настанні слабопосушливих умов ( $\eta=0,9 - 0,7$ ), для культур середньої посухостійкості – помірно посушливих ( $\eta=0,7 - 0,5$ ).

Умова (5) необхідна для виключення явища монокультури і виявлення культури для якої обмеженням для вирощування є ресурси ґрунтової вологи. Необхідно відмітити, що ця задача дозволяє оцінити не лише структуру необхідних площ, а й необхідність проведення гідротехнічних меліорацій для виявленої культури і відповідно розробити режим зрошення.

Крім цього, введення в задачу умови (5) дозволяє реалізувати екологічно безпечні принципи водокористування на зрошуваних землях. При такій постановці задачі в напрямку реалізації екологічно безпечного водокористування обирається оптимальний режим зрошення з огляду мінімуму втрат врожайності сільськогосподарських культур внаслідок дефіциту ресурсів ґрунтової вологи.

Відсутність у поставленій задачі обмежень на кількість культур дозволяє реалізувати комплексне розміщення, одночасно передбачивши необхідність проведення гідротехнічних меліорацій як для окремої культури так і для сівозміни в цілому. Для співставлення культур, що мають різні рівні врожайності, наприклад цукровий буряк і озима пшениця, пропонується вести шляхом нормування врожайності відносно  $Y_{ij \max}$ .

Укладання плану водокористування на зрошуваних землях доцільно вести на невеликих територіях, так як у цьому випадку з'явиться можливість врахувати їх мікрокліматичні особливості.

**При розробці рекомендацій щодо водокористування на підставі середнього опису**

системи «клімат-врожай» не залежно від повноти і комплексності обліку впливу умов зволоження, ми неминуче зіткнемося з тим фактором, що ці плани водокористування будуть укладатись у рамки існуючих планів водокористування і це цілком закономірно, якщо врахувати що у відносно сприятливі за природним зволоженням роки отримують достатньо високі врожаї практично всіх культур. Щодо інформації про врожайність в аномальні роки, про частоту і ступінь впливу нестачі ґрунтової вологи на врожайність, то це у розглянутій вище схемі враховується шляхом оцінки типу умов зволоження. Адже саме посуха не рідко є катастрофічним явищем при вирощуванні сільськогосподарської культури, і напевно найкращим захистом є вибір таких планів водокористування, які б приймали до уваги повторення посух у майбутньому. Тому оцінка впливу дефіциту ґрунтової вологи на врожайність сільськогосподарських культур, що включає в себе виявлення та ймовірнісну інтерпретацію втрат врожаю від конкретного типу природного зволоження території, повинна слугувати основою при формуванні планів водокористування на зрошуваних землях і спеціалізації сільськогосподарського виробництва.

Отже, алгоритм формування планів водокористування шляхом розпізнавання образів в залежності від умов вологозабезпеченості наступний:

- оцінка метеорологічної ситуації періоду вегетації сільськогосподарських культур;
- імовірнісна оцінка умов зволоження території;
- розрахунок втрат врожаю сільськогосподарських культур внаслідок дефіциту ґрунтової вологи;
- формування планів водокористування на зрошуваних землях.

1. Рудаков К. В. Об алгебраической теории универсальных и локальных ограничений для задач классификации // Распознавание, классификация, прогноз. Математические методы и их применение. Вып. 1. – М. : Наука, 2007. – С. 176–200.

2. Кельчевская Л. С. Влажность почв Европейской части СССР. – Л. : Гидрометеоздат, 1983. – 183 с.

3. Литовченко О. Ф. Методика розрахунку щоденних запасів ґрунтової вологи на сільськогосподарських полях в степовій та лісостеповій зонах України // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2001. – № 2. – С. 69–75.

4. Ткачук А. В., Ткачук Т. І. Розрахунок режиму зрошення в умовах степового Криму // Сборник научных трудов SWorld. – 2015. – Вып. 1 (38). – Том 24. – С. 79–84.

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

**Tkachuk A. V., Tkachuk T. I.** (Dnepropetrovsk State Agrarian-economic University)

## **FORMATION PLANS WATER USE BY EVALUATION TERMS MOISTURE ALGORITHM PATTERN RECOGNITION**

Abstract. This article is considered one of the important problems of the country's water complex – water management in irrigated lands. The paper highlights the methodological approach to laying plans for water use by the natural environment of pattern recognition moisture area.

**Keywords: soil moisture reserves, water use, irrigation regime.**

**Ткачук А. В., Ткачук Т. И.** (Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет)

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПУТЕМ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПО АЛГОРИТМУ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

Аннотация. В статье рассматривается одна из важных проблем водохозяйственного комплекса страны – управление водными ресурсами на орошаемых землях. В работе освещены методологический подход к заключению планов водопользования путем распознавания образов природных условий влагообеспеченности территории.

**Ключевые слова: запасы почвенной влаги, водопользование, режим орошения.**