

УДК 631.67:502.7

ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТАНУ ЗРОШУВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

О.В. ВЛАСОВА, А.М. ШЕВЧЕНКО

Інститут гідротехніки і меліорації НААН

Запропоновано напрями удосконалення оцінки стану зрошуваних територій із застосуванням даних непрямих вимірювань.

Ключові слова: непрямі вимірювання, еколого-меліоративна оцінка, загальноінтегральна оцінка, індекс здорової рослинності

© О.В. Власова, А.М. Шевченко, 2010

Меліорація і водне господарство. 2010. Вип. 98

Стан проблеми. Зрошувані землі є складними природно-агромеліоративними геосистемами з підвищеним ризиком трансформації та прояву шкідливої дії вод або деградації ґрунтів унаслідок активного впливу на природний режим зволоження території. Тому встановлення закономірностей змін природного стану окремих регіонів під впливом зрошувальних систем уже тривалий час є актуальним завданням вчених-гідротехніків, меліораторів, екологів [1].

На підставі вивчення й оцінювання зрошуваних територій розроблено багато вітчизняних і закордонних прикладних і теоретичних моделей та накопичено нові знання у ході реалізації розробленої Інститутом гідротехніки і меліорації НААН за участю Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» НААН (ННЦ «ІГА») методології еколого-меліоративного моніторингу як галузевої складової державної системи моніторингу довкілля [2]. Це дає змогу удосконалювати опис окремих процесів і робити їх більш «фізичними». Така заміна емпіричного опису змістовно наближає наукові розробки до більш природного стану і суттєво розширює клас прикладних проблем, що розв'язуються у меліорації.

У системі спостережень за зміною природного стану територій під впливом зрошення виконуються програми *прямих і непрямих* вимірювань [3]. Прямі вимірювання низки окремих показників при їхньому здійсненні у просторі і часі дають змогу отримувати об'єктивну оцінку зрошуваної території в усіх аспектах – екологічному і продуктивному, що є більш доцільно. У повному обсязі це може виконувати лише достатньо кваліфікована і добре оснащена служба, якою б могла бути фінансово і матеріально підсилена гідрогеолого-меліоративна служба Держводгоспу України. За нинішніх умов для досліджень стану зрошуваних земель, особливо на регіональному рівні, *актуальним* є використання *непрямих методів оцінок* за наземною і супутниковою інформацією.

Існують різні види узагальнених оцінок, що характеризують стан зрошуваних територій, зокрема: екологічний стан ґрунтів,

стійкість агроландшафтів, еколого-меліоративний стан земель, еколого-меліоративна стійкість територій тощо. Але для визначення складових кожного з виду цих оцінок також доцільно застосовувати супутникові дані. Тому ця робота спрямована на поєднання наземної і супутникової інформації.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанню узагальнених оцінок природного стану окремих регіонів України, у тому числі за умов зрошення при наземних спостереженнях експертним шляхом (непрямі вимірювання — НВ), за наявними розрахунковими даними, багато уваги приділено у роботах В.А. Світіна [3], Т.А. Грінченка [4], В.В. Медведєва [5], М.І. Ромашенка, Е.С. Драчинської, А.М. Шевченка [6] та ін. Насамперед, у працях використовувалася статистична інформація, літературні матеріали, нормативи, методи аналогій для отримання об'єктивної оцінки, яка називається *експертною* [5]. Так одним з інтегральних показників ступеня трансформації природних умов того чи іншого регіону під впливом агроіригаційних чинників є еколого-меліоративний стан земель. Він не є безпосередньо вимірюваною властивістю чи параметром складових природного середовища (ґрунтів, ґрунтових вод тощо). Це складна якісна категорія, яка має у свою чергу системну структуру й описується комплексом показників, що прямо чи побічно характеризують склад, властивості, структуру і стан основних компонентів природного середовища, спрямованість та інтенсивність їхньої трансформації в умовах зрошення. Така комплексна оцінка ґрунтується на використанні методу експертних оцінок і бальних шкал [2]. З'являються і нові розробки на базі комп'ютерних технологій у вигляді спеціалізованих програмно-інформаційних комплексів, побудованих на єдиних засадах організації інформаційного середовища та нормативно-методичного забезпечення. За останні роки створено нові програмні комплекси — геоінформаційні системи [6].

За результатами аналізу праць установлено, що найбільш доцільно застосовувати при наземному непрямому оцінюванні балансовий метод та спрощений якісний підхід.

Окрім перерахованих методів, експертні оцінки використовуються у інформаційному забезпеченні зрошуваного землеробства за просторово розподіленими супутниковими даними. Використанню супутникової інформації для обстеження територій присвячено роботи О.В. Войнова [7], Г.Я. Красовського [8], О.В. Власової [9], В.І. Лялька [10] та ін. У даному разі найбільш доцільним є застосування пасивного та активного методів дистанційного зондування Землі.

У 2007 р. науковцями Інституту космічних досліджень НАНУ НКАУ виконано розробку «Макетної системи оцінки еколого-меліоративного стану сільськогосподарських територій у рамках GEOUA» (шифр ТЗ «СОЕМССТ–GEOUA») за супутниковими даними, але ця система на сьогоднішній день так і не реалізована. Таким чином, окремі нароби не створюють цілісної картини через відсутність застосування у сукупності даних НВ при оцінюванні зрошуваних територій, зокрема даних дистанційного зондування Землі у системі еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних земель.

Тому метою роботи є обґрунтування шляхів удосконалення методики використання НВ для оцінювання зрошуваних територій. Об'єктом досліджень є процеси змін природного стану окремих регіонів під впливом зрошувальних систем.

Основні завдання досліджень:

- проведення аналізу методів *непрямих* вимірювань з використанням наземної і супутникової інформації щодо можливості їхнього застосування у рамках розв'язання проблеми оцінювання стану зрошуваних земель;
- проведення експертної оцінки досліджуваних регіонів за наявною тематичною інформацією геоінформаційної бази даних ННЦ «ІГА» та за даними метеорологічних супутників на навколосемних орбітах з розрізненням 1 км (AVHRR/NOAA) — космічної системи NOAA за 1997–2007 рр.;
- проведення оцінки пілотних зрошуваних територій за удосконаленим спрощеним якісним підходом на базі комп'ютерних технологій у стандартних програмах.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводились у рамках тематики Інституту гідротехніки і меліорації за НТП НААН «Розвиток меліорованих територій», завдання «Дослідити особливості функціонування типових меліорованих територій у зоні зрошення, розробити і впровадити на пілотних об'єктах технології інтегрованого управління водними, земельними та енергетичними ресурсами» (2005 – 2010 рр.). За досліджувані території обрано Каховську зрошувальну систему, Північно-Рогачицьку зрошувальну систему, зрошувальну систему Північно-Кримського каналу. В основу дослідження покладено дані НВ, а саме: інформаційні тематичні карти ІГіМ та ННЦ «ІГА», а також супутникові дані за матеріалами конференції NSAU-NOAA (Київ, червень 2009 р.).

Критеріями досягнення поставленої мети роботи було визначено інформативність, узагальнення, екологозапобіжність.

Розв'язання завдань складалося із трьох основних етапів. На перших двох етапах визначено оцінки стану зрошуваних територій за наземними та супутниковими даними непрямих вимірювань, на третьому етапі було визначено екологічний стан, як середньозважене значення показників, виконано порівняння та аналіз отриманих результатів.

На *першому* етапі оцінено стан досліджуваних територій у межах дії зрошувальних систем за наземними даними (значення оцінок отримано за тематичними картами [5]) і зведено їх у табл. 1.

Найпроблематичнішим у ході роботи виявилось якісне і кількісне оцінювання води для зрошення за даними НВ. Відомо, що показник ефективності використання зрошувальної води зазвичай визначається відношенням оптимальних витрат зрошувальної води, необхідної для формування одиниці маси рослинницької продукції, до фактичних витрат зрошувальної води на одиницю фактично сформованого урожаю. Інакше кажучи, необхідним є визначення показників продукції (з одиниці посівної площі, з одиниці наявної площі, від одиниці поданої води для зрошення, з одиниці водопотреби) та показ-

1. Оцінка стану досліджуваних територій за наявною наземною тематичною інформацією

Оцінка		Зрошувальні системи		
		Каховська (Р-1)	Північно-Рогачицька (Кам'янсько-Дніпровський р-н)	Північно-Кримський канал (Джанкойський р-н)
Загальноекологічна	Екологічно чистий агроландшафт	Так	Ні	Ні
	Екологічний стан ґрунтів зони зрошення	Незадовільний	Задовільний	Незадовільний
	Небезпека в умовах антропогенного навантаження: переущільнення, забруднення важкими металами	Середня Висока	Сильна Висока	Сильна Середня
Інтегральна еколого-меліоративного стану земель	Кількісна, бал Якісна	11 Незадовільний	3 Задовільний із загрозою погіршення	0,7 Задовільний

ників водопостачання і водоподачі (відносна водоподача, відносне водопостачання).

Такий підхід є складним та громіздким, не спрощує вирішення поставленого завдання і не відповідає критеріям досягнення визначеної мети. Тому було запропоновано оцінювати великі за площею зрошувані території за вегетаційними

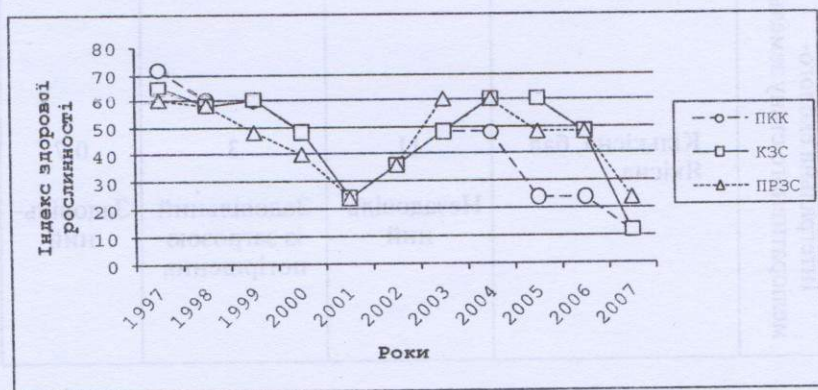
індексами. До таких, зокрема, належить «індекс здорової рослинності» (VHI — Vegetation Health Index).

Тому на *другому* етапі було визначено індекс здорової рослинності для досліджуваних територій за даними НВ (1997–2007) з метеорологічних супутників на навколосезонних орбітах з розрізненням 1км (AVHRR/NOAA — космічна система NOAA, що призначена для досліджень природних ресурсів). Індекс розраховано за формулою, запропонованою Ф. Коган (2007):

$$VHI = a \cdot VCI + (1-a) \cdot TCI, \quad (1)$$

де $VCI = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$ — коефіцієнт умов; $TCI = (BT_{max} - BT_{min}) / (BT_{max} - BT_{min})$ — коефіцієнт температур; $a = 0,5$.

Інтервали оцінювання (за шкалою 0–100) становлять: 6–24 — стрес; 24–48 — посуха; 48–72 — здорова рослинність. Результати розрахунків (за супутниковими даними і матеріалами конференції NSAU-NOAA (Київ, червень 2009 р.) відображено на рисунку.



Індекс здорової рослинності досліджуваних територій у межах дії зрошувальних систем: ПКК — Північно-Кримський канал, КЗС — Каховська зрошувальна система, ПРЗС — Північно-Рогачицька зрошувальна система

Усереднені дані VHI для території Північно-Кримського каналу становлять 41, Північно-Рогачицької зрошувальної системи – 46, Каховської зрошувальної системи – 47, що характеризує ці території як посушливі.

На *третьому* етапі було використано ідею М.А. Глазовської про ефективність комплексних показників для оцінювання екологічної ситуації та запропонований на її підставі спрощений експертний метод [5], згідно з яким екологічний стан визначають за формулою:

$$I_i = \frac{k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_n x_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n}, \quad (2)$$

де I_i – інтегральне значення показника; x – вихідна величина показника; k – коефіцієнт, що визначає величину впливу вихідного показника на I_i ; n – кількість показників.

Результати та їхнє обговорення. Теоретично визначення екологічного стану як середньозваженого значення вихідних показників за формулою (2) передбачає включати [5]: радіоактивне забруднення території, еродованість земель, забруднення поверхневих вод, щільність викидів забруднювальних речовин у атмосферу та лісистість, як найбільш впливових показників. Однак у нашому разі цю формулу можна представити у вигляді інтегральної інформації I_Σ (НВ-даних), що характеризує стан об'єкта у часі і просторі для кожного показника за своїм законом:

$$I_\Sigma = f(\text{EMC}, \text{IOA}, \text{VHI}), \quad (3)$$

де EMC – еколого-меліоративний стан; IOA – інтегральна оцінка агроландшафтів; VHI – індекс здорової рослинності.

На відміну від попередників, ми запропонували використовувати найбільш впливові і значущі відповідно до критеріїв (інформативність, узагальнення, екологозапобіжність) показники, що розраховані за НВ для оцінювання стану досліджуваних зрошуваних територій, присвоїти їм бали: 1 – «незадовільний», 2 – «допустимий», 3 – «задовільний». Оцінювання загального стану зрошуваних територій (за середнім балом) за

еколого-меліоративним станом, інтегральною оцінкою агроландшафтів, станом рослинності у межах зрошувальних систем (як результату їхньої дії) виконується згідно з таким інтервалом: $0 \div 1$, $1 \div 2$, $2 \div 3$.

Оцінку зрошуваних територій за удосконаленням спрощеним якісним підходом проведено на базі комп'ютерних технологій у стандартних програмах. Одержані результати зведено у табл. 2.

2. Оцінка показників стану досліджуваних територій у межах дії зрошувальних систем, бали

Показники	Зрошувальні системи		
	Каховська (Р-1)	Північно-Рогачицька (Кам'янсько-Дніпровський р-н)	Північно-Кримський канал (Джанкойський р-н)
Еколого-меліоративний стан	1	2	3
Загальноінтегральна оцінка агроландшафтів	2	1	1
Індекс здорової рослинності	2	2	2
Стан територій за I_{Σ} (НВ-даними)	1,67	1,67	2,00

Результатом роботи є поєднання готових інформаційних ресурсів моніторингу зрошуваних земель (за даними НВ) з даними суміжних суб'єктів моніторингу довкілля (за даними НВ) та результатами досліджень немоніторингового характеру. Таким чином, нами запропоновано удосконалений, спрощений, якісний підхід, який вимагає подальшого розвитку і створення відповідної програмної підтримки.

Висновки і перспективи подальших пошуків. Непрямі вимірювання дають змогу забезпечувати контроль за станом

зрошуваних і прилеглих до них земель, а за їхньою оцінкою розробляти та впроваджувати запобіжні природоохоронні заходи, розв'язувати екологічні й соціально-економічні проблеми зрошуваних територій України.

Запропоновані наукові основи мають реалізовуватись у складі просторового оцінювання природно-агромеліоративних систем, що ґрунтуються на методі експертних оцінок, як основи для побудови просторових систем підтримки рішень у меліорації і зрошуваному землеробстві.

Проведена робота є спробою удосконалення еколого-меліоративної оцінки і потребує розвитку цього перспективного й актуального напрямку із залученням фахівців – меліораторів. Зокрема, одним з важливих аспектів удосконалення є застосування даних НВ (супутникових даних) при оцінюванні еколого-меліоративного стану земель.

У подальших розробках планується доведення науково обґрунтованих рекомендацій до рівня практичного застосування користувачами – фахівцями сільського та водного господарства, дорадчих служб, гідрогеолого-меліоративної служби Держводгоспу України, науковими працівниками.

1. *Шевченко А.М., Драчинська Е.С.* Дослідження еколого-меліоративних проблем зрошення // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 90. – С. 101–115.

2. *Відомчі будівельні норми України.* Організація ведення еколого-меліоративного моніторингу. – Ч.1: Зрошувані землі. – ВБН 33-5.5-01-97. – К.: Держводгосп України, 1997. – 57 с.

3. *Свитин В.А.* Оценка экологической опасности использования земель // Земледелие. – 1991. – №2. – С. 69–72.

4. *Родючість ґрунтів.* Моніторинг та управління / за ред. В.В.Медведева. – К.: Урожай, 1992. – 246 с.

5. *Медведев В.В.* Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты. Задачи. – Х.: Антика, 2002. – 428 с.

6. *Ромашенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М.* Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства. Концепція, структура, методологія організації / за ред. М.І. Ромашенка. – К.: Аграр. наука, 2005. – 196 с., 8 карт.

7. *Войнов О.А.* Мониторинг состояния агроценозов аэрокосмическими методами. — К., 2004. — 392 с.

8. *Красовський Г.Я.* Космічний моніторинг безпеки водних екосистем з застосуванням геоінформаційних технологій. — К.: Наук. думка, 2007. — 286 с.

9. *Власова О.В.* Використання дистанційного зондування Землі для оцінки стану зрошуваних земель // Меліорація і водне господарство. — 2005. — Вип. 92. — С. 36–41.

10. *Лялько В.І., Попов М.О.* Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. — К.: Наук. думка, 2006. — С. 284–299.

Предложены направления усовершенствования оценки состояния орошаемых территорий с использованием методов косвенных измерений.

The ways of the irrigated lands state value with used substituted date methods are offered.