

УДК 631.559:631.62:631.6.004.68

Рокочинський А. М., д.т.н., професор, Шалай С. В., к.с.-г.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ У ВОДОГОСПОДАРСЬКО-МЕЛІОРАТИВНИХ ПРОЕКТАХ

Розглянуто принцип визначення проектної врожайності на осушуваних землях за розробленим комплексом прогнозно-імітаційних моделей на основі удосконалення метода програмування врожайності.

Ключові слова: осушувані землі, врожайність, модель, проект.

Одним з головних завдань в сучасних умовах функціонування водогосподарського комплексу України є підтримка наявного меліоративного фонду шляхом реконструкції меліоративних систем (МС) та їх технічного переозброєння. Особливо гостро ця проблема постала в гумідній зоні України, де внаслідок недофінансування і порушення умов технічної експлуатації МС не забезпечується проектна ефективність їх функціонування [1].

Тому, важливим завданням є забезпечення проектного рівня сільськогосподарської продукції з найменшими негативними екологічними наслідками. Його вирішення можливе завдяки прогнозу врожайності вирощуваних культур (продуктивності меліорованих земель) оскільки саме врожайність та відповідний екологічний ефект обумовлюють вибір оптимальних проектних рішень при будівництві, реконструкції та експлуатації МС з урахуванням економічних та екологічних аспектів [2].

Система нормування врожайності, що використовується у проектах будівництва, реконструкції та експлуатації МС, повною мірою не відображає стан та характерні особливості, притаманні меліорованим землям у конкретних умовах їхньої експлуатації і не дає змоги здійснювати обґрунтовану оцінку впливу факторів на врожайність. У зв'язку з цим, необхідно створити підхід, що дасть змогу врахувати всі зазначені чинники на стадії проекту [3].

Загальновідомо, що формування врожаю на меліорованих і, зокрема, на осушуваних землях, є надзвичайно складним процесом і відбувається внаслідок впливу природних, агротехнічних та меліоративних факторів, а саме: тепла, вологи, повітря, поживного режиму та технологій вирощування і водорегулювання [4, 5, 6].

Забезпеченість конкретної культури зовнішніми факторами визначається, перш за все, природно-кліматичними умовами зони та вегетаційним періодом культури. Інтегральним показником узгодження наявних ресурсів є встановлення ресурсозабезпеченої врожайності конкретної культури для відповідної зони її вирощування.

Рівень забезпеченості культури зовнішніми факторами доцільно визначати можливими врожаєм за рахунок наявних ресурсів. Основними категоріями ресурсозабезпечених врожайностей за Х.Г. Тоомінгом [4] є наступні (рис. 1).

Удосконалена нами класифікація категорій врожайності з урахуванням всіх основних факторів впливу на розвиток вирощуваних культур на меліорованих землях у вигляді відповідної структурної схеми наведена на рис. 2.

На основі застосування даних категорій врожайності та з урахуванням складного характеру процесу формування врожаю, загальна модель дійсно можливої врожайності вирощуваних культур (розрахунковий аналог реальної врожайності в умовах об'єкта), для стадії проекту реконструкції (будівництва МС), може бути представлена у вигляді

складної комплексної моделі мультиплікативного типу, що виражена через добуток функцій впливу визначальних факторів на її формування

$$Y_{kogsp} = Y_{okp}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ ц/га}, \quad (1)$$

де Y_{okp}^F – кліматично забезпечений врожай k -ї культури за період вегетації p ;

K_1 – коефіцієнт впливу на врожайність бонітету ґрунту ($0 \leq K_1 \leq 1$);

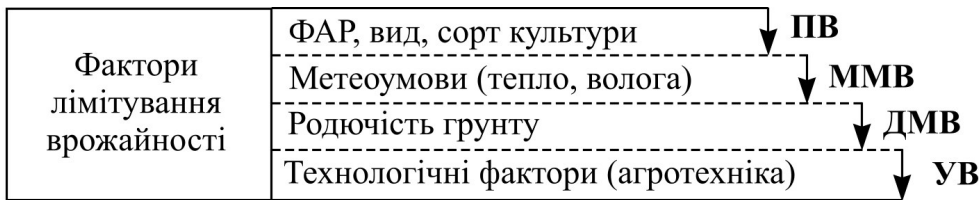
K_2 – коефіцієнт впливу на врожай внесених мінеральних та органічних добрив, ($K_2 > 1$, але $0 < K_1 \times K_2 \leq 1$);

K_3 – коефіцієнт впливу на врожай k -ї культури відхилення терміну сівби (відновлення вегетації) від оптимального ($0 \leq K_3 \leq 1$) за умовами водорегулювання s ;

K_4 – коефіцієнт впливу на врожай поточних природно-меліоративних умов (клімату та технологій водорегулювання) періоду вегетації культури ($0 \leq K_4 \leq 1$);

K_5 – коефіцієнт впливу на врожай відхилення терміну збирання від оптимального ($0 \leq K_5 \leq 1$);

K_6 – коефіцієнт зменшення врожаю за рахунок втрат при збиранні та транспортуванні (амбарний врожай вирощеної продукції) ($0 \leq K_6 \leq 1$).



ПУ - потенційна врожайність; ММУ - метеорологічно можлива врожайність;
ДМУ - дійсно можлива врожайність; УВ - урожайність виробництва.

Рис. 1. Класифікація категорій врожайності (за Х.Г. Тоомінгом)



ПВ - потенційна врожайність; КЗВ - кліматично забезпечена врожайність; ММВ - метеорологічно можлива врожайність; БЗУ - урожайність, забезпечена природним бонітетом ґрунту; АЗВ - агротехнічно забезпечена врожайність; ДМВ - дійсно можлива врожайність; ЗВ - технологічно забезпечена врожайність; УВ - урожайність виробництва.

Рис. 2. Удосконалена класифікація категорій врожайності на меліорованих землях

В свою чергу, кліматично забезпечена врожайність може бути визначена за відомим підходом М.К. Каюмова [5]

$$Y_{okp}^F = 10^4 \cdot \eta_k \cdot a_k \cdot \frac{\sum Q_{kp}}{q_k}; \quad p = \overline{1, n_p}, \quad \text{ц/га}, \quad (2)$$

де η_k – ККД ФАР культури або сорту в оптимальних метеорологічних умовах, %;

a_k – коефіцієнт господарської ефективності врожаю або доля основної продукції у загальній біомасі;

$\sum Q_{kp}$ – сумарний за період вегетації прихід ФАР, кДж/см²;

q_k – калорійність урожаю, кДж/кг.

Для визначення впливу технології водорегулювання на продуктивність осушуваних земель застосовано узагальнені результати багаторічних (1978-1986 рр.) комплексних польових досліджень та експерименту на ЕОМ з моделювання водних режиму і балансу осушуваних земель у різних природно-меліоративних умовах та відповідних значень урожайності вирощуваних культур, (Г.С. Потоцький, А.М. Рокочинський, 1987, 1998) [7].

Згідно цих результатів, для вирішення означеного завдання пропонується найбільш поширений та апробований на практиці підхід стосовно оцінки зміни величини потенційно можливої (кліматично й агротехнічно забезпеченої) врожайності певної культури до дійсно можливого (фактичного або ефективного) її значення, зумовленого поточними умовами тепло- й вологозабезпеченості посіву впродовж вегетації, через показник β . Тоді в структурі моделі (1), вплив поточних природно-меліоративних умов на формування врожайності (за коефіцієнтом K_4) можна представити як [2].

$$K_4 = \bar{\beta}_\tau = \beta_\tau(\beta_{\tau-1}, q_\tau, p_\tau, a_\tau^k, \tau), \quad \tau = \overline{1, T}, \quad (3)$$

де $\bar{\beta}_\tau$ і $\beta_{\tau-1}$ – вектори стану рівня розвитку посіву відповідно на момент часу τ та за попередній період $(\tau - 1)$ при заданому β_0 ;

q_τ, p_τ, a_τ^k – вектори відповідно некерованих (метеорологічні фактори) і керованих (способи водорегулювання) зовнішніх та внутрішніх фізіологічних і генетичних параметрів культури на момент часу τ .

Оскільки на меліорованих землях для рослинного організму в кожен фазу його розвитку $\varphi, \varphi = \overline{1, n_\varphi}$ існує оптимальний рівень водоспоживання (транспіраційна складова сумарного випаровування), показник β може бути поданий відповідно як інтегральний показник рівня розвитку культури впродовж періоду вегетації через динаміку її водоспоживання у відносному вигляді

$$\beta = \frac{\sum_{\varphi=1}^{n_\varphi} ET_\varphi}{\sum_{\varphi=1}^{n_\varphi} ETV_\varphi}, \quad (4)$$

де ET_φ, ETV_φ – відповідно ефективне та потенційно можливе водоспоживання культури за φ -ту фазу її розвитку.

Складовою такої моделі врожайності є функція зниження продукційних процесів, що опосередковано може бути представлена через динаміку водоспоживання культур упродовж періоду вегетації і дає змогу здійснювати врахування невідповідності реальних умов з тепло- й вологозабезпеченості посіву по відношенню до оптимальних. Вона має наступний вигляд

$$\lambda(t, w) = \lambda_1(t) \cdot \lambda_2(w). \quad (5)$$

Тоді, якщо ці функції представити у відповідних позначеннях, отримуємо:

а) для температурного режиму приземного шару повітря

$$\lambda_1(t) = \begin{cases} 0,485 - 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(0,9t^0 + t) - 7,3t}{t^0 - t} \right], & t \leq t \leq t^0; \\ 0,485 + 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(t + 0,9t^0) - 7,3t}{t - t^0} \right], & t^0 \leq t \leq \bar{t}; \end{cases} \quad (6)$$

б) для водного режиму активного шару ґрунту

$$\lambda_2(w) = \begin{cases} 0,485 - 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(0,9w^0 + w) - 7,3w}{w^0 - w} \right], & w \leq w \leq w^0; \\ 0,485 + 0,385 \arctg \left[\frac{3,65(\bar{w} + 0,9w^0) - 7,3w}{w - w^0} \right], & w^0 \leq w \leq \bar{w}, \end{cases} \quad (7)$$

де $\underline{t}, t^0, \bar{t}$ – відповідно нижня, оптимальна й верхня температурна межа життєдіяльності даного виду (сорт) рослини;

$\underline{w}, w^0, \bar{w}$ – відповідно нижня, оптимальна й верхня межа вологозабезпеченості для даного виду (сорт) рослини;

t, w – відповідно середні значення температури повітря та вологості активного шару ґрунту в поточний момент часу.

Реалізація моделі (1) ґрунтується на використанні комплексу прогнозно-імітаційних моделей: кліматичних умов місцевості з урахуванням їх зміни в межах періоду експлуатації МС, водного режиму та продуктивності меліорованих земель. Визначення необхідних значень складових моделі дійсно можливої врожайності здійснюється шляхом вирішення складного та багатопараметричного завдання на основі застосування методів математичного моделювання з використанням ЕОМ. Принципи реалізації даного комплексу моделей регламентовано відповідними галузевими нормативами [8, 9, 10].

У свою чергу, величина дійсно можливої врожайності вирощуваних культур Y_{okgsp} є основою визначення проектної врожайності на осушуваних землях за моделлю, яку можна представити у вигляді

$$\bar{Y}_k = \sum_{\omega=1}^{n_{\omega}} \sum_{g=1}^{n_g} \sum_{p=1}^{n_p} Y_{kogsps} \cdot f_{\omega} \cdot f_g \cdot \alpha_p, \text{ ц/га}, \quad (8)$$

де \bar{Y}_k – проектна врожайність k -ї культури за визначеною технологією водорегулювання в заданих умовах;

Y_{kogsps} – дійсно можлива врожайність k -ї культури отримана у відповідних кліматичних ω , ґрунтових g , меліоративних (технологія водорегулювання) s умовах у різних (розрахункових) за тепло- й вологозабезпеченістю періодах вегетації p ;

f_{ω}, f_g – дольові частки розповсюдження відповідно природно-кліматичних та ґрунтових відмін у межах об'єкту;

α_p – значення повторюваності (часток) можливого стану типових схем метеорологічних режимів у розрахункові щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періоду вегетації сукупності $P = \{p\}$, $p = \bar{1}, n_p$ ($p=10\%$ – дуже вологий, $p=30\%$ – вологий, $p=50\%$ – середній, $p=70\%$ – сухий, $p=90\%$ – дуже сухий) у межах проектного терміну функціонування об'єкта, приведенного до одиниці.

В (табл. 1) Y_B – потенційна врожайність за бонітетом ґрунту, а Y_A – агротехнічно забезпечена врожайність. Проектна врожайність культур виділена напівжирним курсивом.

Даний підхід перевірений також і на МС двобічної дії в Київській та Житомирській областях. За структурою побудови, рівнем складності, інформаційного забезпечення й достовірністю отриманих результатів (70...90%) він відповідає вимогам практичного застосування.

Перевірка даного підходу виконана для умов МС двохсторонньої дії площею 397 га, що розташована у верхів'ї р. Прип'ять у ПСП "Україна" Любомильського району Волинської області. В таблиці 1 зведені результати розрахунку проектної врожайності картоплі і багаторічних трав на сіно при їх вирощуванні на дерново-підзолистих ґрунтах на карбонатних породах (бонітет 30 балів) для характерних у гумідній зоні технологій водорегулювання.

Розрахункові значення проектної врожайності картоплі та багаторічних трав на сіно

$p, \%$	$Q_{кр}, \text{кДж/см}^2$	$Y_{окр}^F, \text{ц/га}$	$Y_B, \text{ц/га}$	$Y_A, \text{ц/га}$	K_4	$Y_{когсп}, \text{ц/га}$
Картопля (ККД ФАР $\eta_k = 2,0\%$)						
Попереджувальне шлюзування						
10%	83	230	69	248	0,721	179
30%	96	265	80	258	0,843	218
50%	118	327	98	277	0,814	225
70%	141	392	118	296	0,658	195
90%	177	492	148	326	0,594	194
	123	341	102	281	0,734	$\bar{Y}_k = 204$
Зволожувальне шлюзування						
10%	83	230	69	248	0,721	179
30%	96	265	80	258	0,843	218
50%	118	327	98	277	0,832	230
70%	141	392	118	296	0,731	216
90%	177	492	148	326	0,616	201
	123	341	102	281	0,760	$\bar{Y}_k = 212$
Осушення						
10%	83	230	69	248	0,721	179
30%	96	265	80	258	0,821	212
50%	118	327	98	277	0,759	210
70%	141	392	118	296	0,601	178
90%	177	492	148	326	0,479	156
	123	341	102	281	0,684	$\bar{Y}_k = 189$
Багаторічні трави (ККД ФАР $\eta_k = 3,0\%$)						
Попереджувальне шлюзування						
10%	113	72	22	71	0,476	34
30%	130	83	25	74	0,612	46
50%	160	102	31	80	0,757	61
70%	190	121	36	86	0,636	55
90%	236	150	45	95	0,576	55
	166	106	32	81	0,629	$\bar{Y}_k = 51$
Зволожувальне шлюзування						
10%	113	72	22	71	0,476	34
30%	130	83	25	74	0,612	46
50%	160	102	31	80	0,780	63
70%	190	121	36	86	0,682	59
90%	236	150	45	95	0,594	56
	166	106	32	81	0,648	$\bar{Y}_k = 53$
Осушення						
10%	113	72	22	71	0,476	34
30%	130	83	25	74	0,645	48
50%	160	102	31	80	0,699	56
70%	190	121	36	86	0,542	47
90%	236	150	45	95	0,393	37
	166	106	32	81	0,570	$\bar{Y}_k = 46$

Так, проектна врожайність картоплі становить: для осушення – 189 ц/га, для попереджувального шлюзування – 204 ц/га. Проектна врожайність багаторічних трав для розглянутих технологій водорегулювання становить відповідно 46 та 51 ц/га.

Його застосування можливе для обґрунтування оптимальних проектних рішень при будівництві, реконструкції та експлуатації МС в гумідній зоні України з урахуванням технологічних, економічних та екологічних аспектів їхнього функціонування та інвестиційній оцінці їхньої ефективності. В якості зацікавлених організацій можуть виступати проектні та експлуатаційні підрозділи Державного агентства водних ресурсів України, відповідних служб Міністерства аграрної політики, Міністерства екології та природних ресурсів, інших зацікавлених відомств, сфера діяльності яких поширюється на сільськогосподарські угіддя з регульованим водним режимом гумідної зони України.

1. Концепція розвитку водного господарства України. – К., 1996. – 35 с.
2. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія/ За редакцією академіка УААН. Ромашенка М. І. – Рівне : НУВГП, 2010. – 351с.
3. Шалай С. В., Рокочинський А. М. Оцінка продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом: Монографія. – Рівне : НУВГП, 2011. – 149 с.
4. Жуковский Е. Е., Сепп Ю. В., Тооминг Х. Г. Вероятностные прогнозы эталонных урожаев: реализация и использование. – Метеорология и гидрология, 1990, № 1. – С. 95–102.
5. Каюмов М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М. : Агропромиздат, 1989. – С. 18–72.
6. Программирование урожаев – в основу прогрессивных технологий. // Под ред. А. А. Собко. – К. : Урожай, 1984. – 152 с.
7. Потоцкий Г. С., Лазарчук Н. А., Рокочинский А. Н. Мелиорация заболоченных засоленных пойм среднего Приднепровья / Под ред. Г. С. Потоцкого. – Львов : Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1987. – 120 с.
8. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 “Меліоративні системи та споруди”. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, В. М. Бежук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с.
9. Тимчасові рекомендації з прогнозування оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова та ін. – Рівне, 2011. – 54 с.
10. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 “Меліоративні системи та споруди”. Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, А. В. Сташук, В. Д. Дупляк, С. В. Шалай та ін. Київ – Рівне, 2006. – 50 с.

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

Rokochynskyi A. M., Doctor of Engineering, Professor, Shalai S. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

SUBSTANTIATION OF CROP CAPACITY ON DRAINED LANDS IN WATER MANAGEMENT AND RECLAMATION PROJECTS

The principle for determination of effective crop capacity on the drained lands was considered with the help of worked out set of prognostic and imitation models.

Keywords: drained lands, crop capacity, model, project.

Рокочинский А. Н., д.т.н., профессор, Шалай С. В., к.с.-г.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ УРОЖАЙНОСТИ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТАХ

Рассмотрен принцип определения проектной урожайности на осушаемых землях на основании разработанного комплекса прогнозно-имитационных моделей и усовершенствования метода программирования урожайности.

Ключевые слова: осушаемые земли, урожайность, модель, проект.