

Л.В. Щербак

МЕТОД АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУ СЕРЕДНЬОЇ РАЙОННОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКА В УКРАЇНІ

Викладено метод розрахунку середньої врожайності цукрового буряка по районах в Україні. Основу методу складає модель В.П.Дмитренка, яка враховує господарський максимум урожайності, коефіцієнти продуктивності цукрового буряка за температурою повітря і опадами, зрідженість посівів і тривалість міжфазових періодів. За даними авторських випробувань справджуваність прогнозу врожайності склала 81-95%, а за виробничими випробуваннями – 82%. Наслідки досліджень можуть бути використані для оцінки умов формування і прогнозу врожаю цукрового буряка в наукових завданнях та в гідрометеорологічному забезпеченні сільськогосподарського виробництва.

Розроблений в УкрНДГМІ метод прогнозу середньої обласної врожайності цукрового буряка [1] використовується в практичній роботі протягом тривалого часу. Разом з тим значні відмінності технологічних особливостей вирощування цукрового буряка в кожній області за сучасних соціально-економічних умов поряд зі значною мінливістю погоди викликають істотні коливання урожайності цієї культури. Тому виникає потреба заздалегідь визначити рівень очікуваного врожаю в кожному адміністративному районі.

Вивченню впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю сільськогосподарських культур та їх оцінки в окремому районі присвячена незначна кількість робіт. У них наведені результати досліджень стосовно врожаю зернових культур озимої пшениці, жита та ярого ячменю [3]. Дослідження оцінки умов та прогнозу врожайності цукрового буряка в районах нам не відомі.

Мета роботи полягає в дослідженні впливу мезомасштабних агрометеорологічних чинників та умов на рівні адміністративних районів на формування врожайності цукрового буряка та у розробці методу його оцінки і прогнозу.

Посіви цукрового буряка займають щорічно великі площі. На території України за досліджуваний період (1970-1990 рр.) вони коливалися від 1,6 до 1,8 млн. га, а в окремих областях від 5 до 250 тис. га. У останні роки (1990-2003 рр.) загальна посівна площа по Україні зменшилась до 600-700 тис. га [2], а в окремих областях до 5 – 102 тис. га. Ця обставина посилює необхідність розроблення методу оцінки і прогнозу його врожайності в адміністративних районах.

Урожайність цукрового буряка у більшості областей за період 1970-1990 рр. коливалася від 107 до 400 ц/га. За сприятливих агрометеорологічних умов в окремі роки вона досягала 550-590 ц/га. За період 1990-2003 рр. урожайність значно зменшилась і становила 107-235 ц/га [2].

Водночас біологічні потужності культури дозволяють отримувати набагато більші врожаї. Для цього необхідно ретельно враховувати перебіг агрометеорологічних умов під час вирощування цукрового буряка.

Оцінку умов вирощування сільськогосподарських культур здійснюють за допомогою значного обсягу гідрометеорологічних величин. До них належать сонячна радіація, температура повітря, запаси продуктивної вологи в ґрунті, сумарне випаровування та інші. Але на території району, зазвичай, такі дані відсутні, що ускладнює застосування відомих методів оцінки умов вирощування цукрового буряка.

За дослідженнями В.П.Дмитренка [1, 3, 4] опрацьовано базову математичну модель визначення врожайності сільськогосподарських культур. Одна із переваг цієї моделі полягає в тому, що її застосування засноване на даних стандартних спостережень метеорологічної мережі за температурою повітря та кількістю опадів та не потребує спеціальних засобів отримання інформації.

Основою методу оцінки та прогнозу врожайності є модель, яку за роботами [1, 3, 4, 6] можна представити у вигляді:

$$y = Y_i(1 - u)S(T, R)\prod_{i=1}^m(1 - \gamma_k), \quad (1)$$

де Y_i – щорічний господарський максимум урожайності, ц/га; u – зрідженість посівів; $S(T, R)$ – сумарний показник продуктивності польової культури, розрахований за температурою повітря ($T^{\circ}\text{C}$) та кількістю опадів (R , мм) у передпосівний період і за кожний міжфазовий період

вегетаційного циклу; γ_k – відхилення розрахункової врожайності від фактичної, що зумовлені впливом інших додаткових показників k , які не враховані базовою моделлю.

В моделі (1) показник Y_i відображає щорічну зміну потенціалу врожайності за особливостями рівня землеробства і сортового складу на даній території. Показник $(1-u)$ враховує вплив стану посівів на врожайність за їх зрідженістю. Співмножник $S(T,R)$ характеризує динаміку впливу термічного режиму та кількості опадів у сукупності протягом передпосівного періоду та впродовж міжфазових періодів за вегетаційний цикл цукрового буряка на формування його врожайності.

Вплив інших додаткових чинників та несприятливих явищ погоди на формування врожайності відображається відповідними поправками, які можна одержати на підставі експериментальних даних або з літературних джерел. Значення таких поправок можуть досягати 10%, а в окремих випадках і 25% щорічного господарського максимуму врожайності.

Головним показником, який відображає потенціал урожайності в абсолютних значеннях у формулі (1), є щорічний господарський максимум урожайності Y_i . Його розрахунок проводиться за рівнянням:

$$Y_i = Y_{c,p} + At, \quad (2)$$

де $Y_{c,p}$ – статистичний максимум урожайності з ймовірністю 99,9% на реперний рік, розрахований за методом Гумбеля, ц/га; A – середній приріст урожайності за рік (величина тренду), ц/га рік; $t=t_i - t_c$ – відхилення даного року t_i від реперного t_c .

Тренд урожайності відображає динамічну складову потенціалу продуктивності цукрового буряка. Його значення необхідно щорічно контролювати шляхом співставлення з динамікою фактичної урожайності. За наявності значних змін необхідно проводити уточнення тренду та статистичного максимуму врожайності. Основні правила цього уточнення більш детально викладені в роботі [3].

Для цукрового буряка значення показників господарського максимуму врожайності із його статистичною складовою та середнім річним приростом, які були розраховані на 1993 р. у районах окремих областей України, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Показники господарського максимуму врожайності цукрового буряка в адміністративних районах окремих областей України

Область	Господарський максимум урожайності, ц/га	
	коливання по районах у межах області	
	статистичного максимуму	середнього річного приросту
Полісся		
Волинська	від 375 до 445	від 5,80-8,30
Чернігівська	від 318 до 430	від 1,50-6,90 до (-1,0-4,10)
Лісостеп		
Вінницька	від 371 до 617	від 0,87-11,90 до (-6,30)
Полтавська	від 365 до 510	від 0,25-6,40 до (-2,00-4,10)
Черкаська	від 392 до 540	від 0,40-9,80 до (-0,08-7,60)
Степ		
Одеська	від 358 до 465	від 0,57 до 9,40
Прикарпаття		
Львівська	від 400 до 520	від 0,74-8,90 до (-0,26-4,70)

Істотний вплив на врожай має також зрідженість посівів. В моделі (1) стан посівів та їх сортовий склад враховується даними про зрідженість “*u*”, які можуть бути одержані під час аеровізуальних обстежень посівів згідно з методикою [6] або за даними про густоту посівів. Зрідженість посівів за даними про густоту посівів при $N \leq N_0$ обчислюється за формулою:

$$u = \frac{N_0 - N}{N} = 1 - \frac{N}{N_0}, \quad (3)$$

де N_0 – оптимальна густина посіву на 1 м² за міжфазовий період; N – фактична густина посіву.

У зв'язку з тим, що через відсутність фінансів аеровізуальні обстеження зараз не проводять, нами розрахована середня багаторічна зрідженість посівів в окремих адміністративних районах областей України. Вона розрахована за даними аеровізуальних обстежень за минулі роки (1969-1982 рр.), (див. табл. 2). У ній представлено дані про зрідженість для тих районів, де обсяг обстежень перевищував 7 випадків. У загальний обсяг по області ввійшли всі наявні випадки обстежень. Це

дозволило з більшою надійністю визначити середню зрідженість $\bar{u}$ в області. Для районів, які не наведені в табл. 2, можна використовувати середні показники зрідженості по областях або по зонах.

Таблиця 2

Середня багаторічна зрідженість посівів цукрового буряка в адміністративних районах окремих областей України за даними аеровізуальних обстежень 1969-1982 рр.

Область	Загальна кількість випадків по області, <i>n</i>	Кількість випадків по районах, <i>n</i>		Середня зрідженість посівів по області, %	Середня зрідженість посівів по районах, %	
		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Полісся						
Волинська	174	20	68	13	13	17
Житомирська	95	17	70	14	16	18
Рівненська	226	22	173	16	9	17
Чернігівська	14	3	4	14	4	25
Лісостеп центральний						
Вінницька	489	4	271	11	8	20
Київська	156	4	78	15	8	17
Черкаська	320	5	66	11	8	15
Хмельницька	382	5	167	25	10	13
Лісостеп східний						
Полтавська	218	7	141	11	10	19
Сумська	202	5	162	13	9	25
Харківська	249	7	160	16	8	19
Лісостеп західний						
Івано-Франківська	182	4	142	12	13	18
Львівська	225	5	145	13	9	17
Тернопільська	214	7	86	11	9	19
Чернівецька	182	6	148	15	10	20
Степ північний						
Дніпропетровська	127	7	92	11	9	15
Кіровоградська	297	7	142	10	7	22
Степ південний						
Миколаївська	115	4	66	11	6	16
Одеська	96	12	45	14	12	27

Нами також отримано значення середньої зрідженості по району в межах зони. Ця величина є більш стійкою, ніж по окремому району та області, завдяки більшому обсягові вибірки в межах зони або області. Середня зрідженість по зонах коливається: в Поліссі $\bar{u}=14\%$ ($n=509$), у Лісостепу $\bar{u}=13\%$ ($n=1949$), у Степу $\bar{u}=12\%$ ($n=824$) та в Прикарпатті $\bar{u}=12\%$ ($n=621$). Середня зрідженість по районах для окремих областей

близька до $\bar{u}$, розрахованої для зони. Це дозволяє використовувати середню зрідженість окремих зон для її оцінки у конкретних районах, де аеровізуальні спостереження відсутні.

Вплив гідрометеорологічних чинників на урожайність цукрового буряка в моделі (1) враховується через температуру повітря $T^{\circ}\text{C}$ та кількість опадів R , мм. Кількісна оцінка впливу цих величин проводиться за допомогою сумарного коефіцієнта продуктивності $S(T, R)$, який обчислюється за формулою:

$$S(T, R) = \sum_i^n \eta_i(T) \eta_i(R) \alpha_i, \quad (4)$$

де $\eta_i(T) \eta_i(R)$ – коефіцієнти продуктивності, які розраховані відповідно за даними про температуру повітря T і кількість опадів R за передпосівний та всі міжфазні періоди вегетаційного циклу цукрового буряка; α – ваговий коефіцієнт, який відображає внесок тривалості кожного окремого періоду i у формування врожайності. Їх значення обчислюються згідно з методикою [1] і наведені в табл. 3 за передпосівний та всі міжфазні періоди вегетаційного циклу по зонах [1].

Окремо вплив температури повітря та кількості опадів визначають за допомогою коефіцієнтів продуктивності, які розраховуються за формулами, наведеними в [1], і в будь-який міжфазний період описуються моделлю:

$$\eta(T) = \frac{y(T)}{Y(T_0)} = \exp \left[-a \left(\frac{T - T_0}{10} \right)^2 \right], \quad (5)$$

де $y(T)$ – урожайність при температурі повітря T ; $Y(T_0)$ – максимальна врожайність при оптимальній температурі T_0 ; a – змінний параметр, що відтворює вплив термічного чинника на швидкість біохімічних реакцій за правилом Вант-Гоффа.

Коефіцієнт продуктивності сільськогосподарської культури залежно від опадів у кожний міжфазовий період має вигляд:

$$\eta(R) = \frac{y(R)}{Y(R_0)} = \left(1 + \frac{R - R_0}{R_0 - R_{min}} \right)^{q_1} \left(1 - \frac{R - R_0}{R_{max} - R_0} \right)^{q_2}, \quad (6)$$

де $y(R)$ – урожайність при кількості опадів R ; $Y(R_0)$ – урожайність при оптимальній кількості опадів R_0 ; R_{min} , R_{max} – біологічно мінімальна і максимальна кількість опадів відповідно; q_1 , q_2 – параметри.

Сумарний коефіцієнт $S(T, R)$ отримуємо шляхом підсумовування значень коефіцієнтів продуктивності за всі міжфазні періоди з урахуванням вагового коефіцієнта α кожного періоду.

В табл. 3 наведено оптимальні значення температури повітря та кількості опадів у періоди вегетаційного циклу цукрового буряка, що наведені в [1], для ґрунтово-кліматичних зон України.

Таблиця 3

Оптимальні значення температури повітря, кількість опадів та значення вагових коефіцієнтів α , параметрів q_1 , q_2 за окремі періоди вегетаційного циклу цукрового буряка в ґрунтово-кліматичних зонах України [1]

Період вегетаційного циклу	Темпе- ратура повітря, T°С	Параметр <i>a</i> за умов, коли		Кількість опадів		Параметри		<i>α</i>
		<i>T</i> ≤ <i>T</i> ₀	<i>T</i> ≥ <i>T</i> ₀	<i>R</i> _o , мм	<i>R</i> _{max} , мм	<i>q</i> ₁	<i>q</i> ₂	
Полісся								
Передпосівний	4,2	-2	-4	100	320	0,31	0,69	0,14
Сходи-укорінення	13,5	-2	-4	90	244	0,37	0,63	0,08
Формування вегета- тивних органів	18,3	-2	-4	122	312	0,29	0,61	0,12
Ріст маси коренів	17,2	-4	-6	265	636	0,42	0,58	0,41
Технічна стиглість	13,3	-2	-4	90	168	0,54	0,46	0,25
Лісостеп								
Передпосівний	5,3	-2	-4	100	260	0,37	0,63	0,14
Сходи-укорінення	15,1	-2	-4	102	204	0,50	0,50	0,08
Формування вегета- тивних органів	19,3	-2	-4	106	244	0,43	0,57	0,12
Ріст маси коренів	19,0	-2	-4	260	516	0,50	0,50	0,41
Технічна стиглість	14,4	-2	-4	114	156	0,73	0,27	0,28
Степ								
Передпосівний	5,8	-2	-4	82	200	0,41	0,59	0,14
Сходи-укорінення	15,0	-2	-4	90	176	0,51	0,49	0,08
Формування вегета- тивних органів	17,5	-2	-4	105	216	0,49	0,51	0,12
Ріст маси коренів	18,4	-2	-4	230	364	0,63	0,37	0,41
Технічна стиглість	14,4	-2	-4	95	136	0,70	0,30	0,25
Прикарпаття								
Передпосівний	5,0	-4	-7	103	324	0,32	0,68	0,14
Сходи-укорінення	14,0	-2	-7	120	284	0,42	0,58	0,08
Формування вегета- тивних органів	18,4	-4	-6	133	336	0,40	0,60	0,12
Ріст маси коренів	18,2	-4	-6	270	736	0,37	0,63	0,41
Технічна стиглість	12,6	-2	-4	74	196	0,38	0,62	0,25

Таким чином, остаточний вираз для оцінки чи прогнозу (розрахунку) середньої районної врожайності цукрового буряка може бути представлений у вигляді:

$$y = (Y_{c,p} + At)(1 - u)S(T, R) \quad . \quad (7)$$

Прогноз урожайності може бути розроблений із завчасністю три, два і один місяць: наприкінці червня, липня та серпня.

Випробування методу прогнозу (розрахунку) врожайності цукрового буряка на незалежних даних здійснено для 126 районів усіх областей в усіх бурякосіючих зонах України. Критерій справджуваності (p) прогнозів, що розраховується за формулою $(100 - p)$, використано відносну похибку. Практично для більшості районів (102 із 126) справджуваність задовільна і в середньому склала 80-95%. У Поліссі, Лісостепу вона вища і дорівнює 81-100%, а в районах Прикарпаття та Степу – нижча і коливається в межах 75-80%.

Метод пройшов виробничі випробування в Українському ГМЦ протягом 1990-1995 рр. у 7 областях. Середня справджуваність склала 80%. Рішенням ЦМК він рекомендований до використання як основний у Волинській, Львівській, Одеській, Полтавській, Черкаській, Чернігівській областях, а у Вінницькій – як консультативний.

* *

Излагается метод расчета средних значений урожайности сахарной свеклы по районам Украины. Основу метода составляет модель В.П.Дмитренка, учитывающая хозяйственный максимум урожайности, коэффициенты продуктивности сахарной свеклы по температуре воздуха и осадкам, изреженность посевов и продолжительность межфазных периодов. По данным авторских испытаний оправдываемость прогноза урожайности составила 81-95%, а по производственным – 82%. Результаты исследований могут быть использованы для оценки условий формирования и прогноза урожая сахарной свеклы в научных целях, а также в гидрометеорологическом обеспечении сельскохозяйственного производства.

* *

1. Галюк И.П., Дмитренко В.П., Перелет Н.А. Методические указания по составлению прогноза средней областной урожайности и валового сбора

- сахарной свеклы по территории Украинской ССР и Молдавской ССР: Укр. республик. управление по гидрометеорологии и контролю природной среды (УкрУГКС). – К.: Фол УкрУГКС, 1986. – 23 с.
2. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку: Інформаційно-аналітичний збірник. – Київ: Інститут аграрної економіки УААН, 2002. – Вип. 5. – 647 с.
 3. *Дмитренко В.П.* Методическое пособие по анализу и количественной оценке агрометеорологических условий выращивания зерновых культур в отдельном районе. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 49 с.
 4. *Дмитренко В.П.* Методические указания по составлению прогнозов урожайности озимой пшеницы по территории УССР. – К.: Фол УкрУГКС, 1986. – 30 с.
 5. Руководство по проведению визуальных авиамаршрутных агрометеорологических наблюдений. – М.: Гидрометеиздат, 1971. – 104с.
 6. *Дмитренко В.П., Бердник А.А.* Статистическая модель географического максимума урожайности сельскохозяйственных культур // Тр. УкрНИГМИ. – 1974. – Вып. 131. – С. 11-23.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*