

**А.М. Польовий, д.г.н., С.А. Букарєва\***  
Одеський державний екологічний університет  
\* Херсонський гідрометеорологічний технікум

## ОЦІНКА АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

На основі характеристики агроекологічних категорій урожайності та кількісної оцінки агрокліматичних ресурсів була виконана загальна оцінка агрокліматичних ресурсів Херсонської області для формування озимої пшениці

**Ключові слова:** агроекологічна категорії урожайності, агрокліматичні ресурси, продуктивність, озима пшениця.

Серед найважливіших зернових культур озима пшениця за посівними площами займає в Україні перше місце і є головною продовольчою культурою. Урожайність озимої пшениці визначається у більшій мірі природно-кліматичними умовами території вирощування. Найбільш висока урожайність сільськогосподарських культур досягається при умові максимального використання рослинами кліматичних ресурсів.

Перед нами стояла задача оцінити агрокліматичні ресурси Херсонщини для формування озимої пшениці.

В якості теоретичної основи використана модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового, основана на концепції Х.Г. Тоомінга про максимальну продуктивність посівів [1,2].

Збільшення потенційної урожайності загальної біомаси за декаду визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) і біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot k_{\text{eks}}^j \cdot d v^j}{q}, \quad (1)$$

де  $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$  – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за декаду, г/м<sup>2</sup>;  $\alpha_{\phi}$  – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;  $\eta$  – КПД посівів, відн. од.;  $Q_{\text{фар}}$  – середньодекадна за добу сума ФАР, кал/см<sup>2</sup> доба;  $k_{\text{eks}}^j$  – коефіцієнт для перерахування середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для схилів різної експозиції і крутості, відн. од.;  $q$  – калорійність.

Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму

$$\frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (2)$$

де  $\frac{\Delta ММУ}{\Delta t}$  – приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м<sup>2</sup>;  $FTW_2$  – узагальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на сполучення різних екстремальних умов, відн. од.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як:

$$\psi_{\phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1}^j \leq (T^j - T_{\phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases} \quad (3)$$

де  $\psi_{\phi}$  – температурна крива фотосинтезу, відн. од.;  $T$  – середньодекадна температура повітря, °С;  $T_{\phi}$  – середньодекадна температура повітря, при якій починається фотосинтез, °С;  $T_{opt1}$  – нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °С;  $T_{opt2}$  – верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °С;

$$x_1^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{\phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\phi}), \quad (4)$$

$$x_2^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j), \quad (5)$$

де  $T_{max}$  – середньодекадна температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, °С;  $T_s$  – температура повітря на горизонтальній поверхні, °С;  $k_{eks}^T$  – коефіцієнт для перерахування температури повітря на схилі.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез  $\gamma_{\phi}$  знаходиться як:

$$\gamma_{\phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3 & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j, \end{cases} \quad (6)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм;  $W_{opt1}$  – нижня межа оптимальних запасів вологи, мм;  $W_{opt2}$  – верхня межа оптимальних запасів вологи, мм.

Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (7)$$

де  $\frac{\Delta ДМУ}{\Delta t}$  – приріст дійсно можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м<sup>2</sup>;  $B_{nl}$  – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

Одержання рівня господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (8)$$

де  $\frac{\Delta УВ}{\Delta t}$  – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м<sup>2</sup>;

$k_{земл}$  – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.;  $FWM_{ef}$  – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од.

Аналіз різноманітних агроекологічних категорій врожайності (ПУ, ММУ, ДМУ, УВ), а також їхніх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні й антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів стосовно вирощування сільськогосподарських культур.

Ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури характеризує співвідношення метеорологічно-можливої врожайності і потенційної врожайності

$$K_m = MМУ_{зерна}/ПУ_{зерна}, \quad (9)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, відн. од.

Співвідношення врожайності у виробництві і метеорологічно можливої врожайності встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів

$$K_{акл} = УВ_{зерна}/ММУ_{зерна}, \quad (10)$$

де  $K_{акл}$  – коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.

При реальних ґрунтових умовах співвідношення врожайності у виробництві і дійсно можливої врожайності можна розглядати як показник досконалої агро технології

$$K_{земл} = УВ_{зерна}/ДМУ_{зерна}, \quad (11)$$

де  $K_{земл}$  – коефіцієнт ефективності використання існуючих агрометеорологічних і ґрунтових умов (характеризує рівень культури землеробства з погляду ефективності господарського використання існуючого комплексу агрометеорологічних і ґрунтових умов), відн. од.

Величина відношення врожайності у виробництві до потенційної врожайності характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу

$$K_{аек.пот} = УВ_{зерна}/ПУ_{зерна}, \quad (12)$$

де  $K_{аек.пот}$  – коефіцієнт реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од.[1].

В якості прикладу розглянемо декадний хід волого-температурного режиму та динаміку агроекологічних категорій врожайності озимої пшениці у Білозерському агрокліматичному районі Херсонської області.

Як видно на рис. 1 на фазу відновлення вегетації – вихід в трубку сума ФАР за декаду складає 5,8 - 6,7 кДж/см<sup>2</sup>, а величина приростів ПУ складає 91 - 97 г/м<sup>2</sup> дек. Від фази вихід в трубку до колосіння сума ФАР за декаду постійно збільшується від 6,7 до 10,44 кДж/см<sup>2</sup> за декаду. Це привело до того, що прирости ПУ за цей міжфазний період постійно зростають від 97 до 219 г/м<sup>2</sup> дек. У фазу цвітіння прирости ПУ досягають свого максимуму. В подальшому по мірі настання фази молочна та воскова стиглість відбувалось старіння рослин, що обумовило зниження приростів ПУ на фоні досить високих сум ФАР за декаду (10,85 - 11,20 кДж/см<sup>2</sup>). У фазу молочної стиглості прирости зменшились до 190 - 202 г/м<sup>2</sup> дек. і до фази повної стиглості прирости ПУ зменшились до 101 г/м<sup>2</sup> дек.

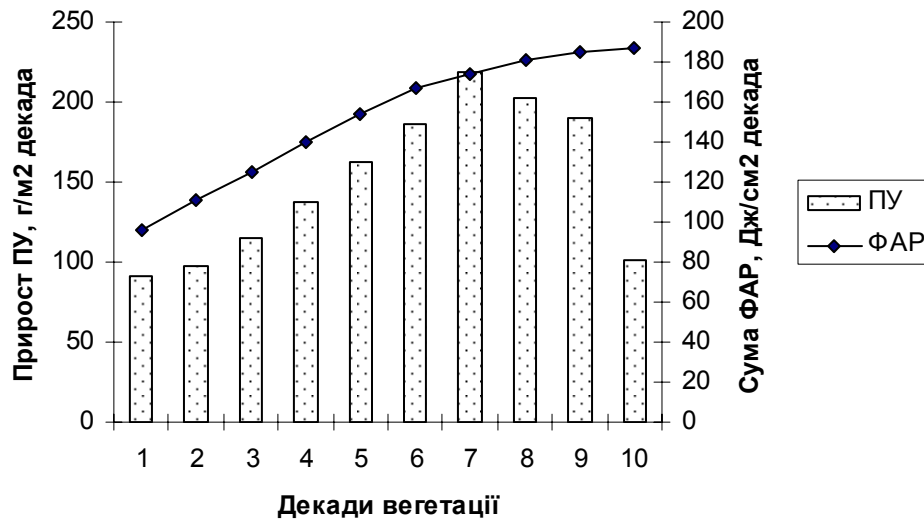


Рис. 1 – Динаміка декадних приростів ПУ озимої пшениці та сум ФАР в Білозерському районі.

Приріст ПУ обмежується впливом волого-температурного режиму посівів.

В перші декади вегетації (період відновлення вегетації – вихід в трубку) сумарне випаровування посівів озимої пшениці складає 8,5 - 9,4 мм, випаровуваність знаходиться в межах 15 - 18 мм. Найбільше значення випаровування було в період наростання рослинної маси в міжфазний період вихід в трубку – колосіння – цвітіння, коли воно збільшилось від 11 до 13,7 мм за декаду. Випаровуваність в цей період значно зростає від 22,4 до 44,5 мм. Період вихід в трубку – колосіння являється критичним по відношенню до вологи і для підтримання оптимальної вологозабезпеченості необхідно високі запаси вологи у ґрунті. Найбільш значні величини випаровуваності спостерігаються в період цвітіння – молочної стиглості - воскової стиглості, вони досягли 43,9 - 47,3 мм. До фази воскової стиглості сумарне випаровування озимої пшениці зменшилось до 8 мм., значення випаровуваності знизилось до 30,1 мм. Відносна вологозабезпеченість посівів на початкових фазах була достатньо висока, хоча і від декади до декади знижувалась. В період відновлення вегетації – вихід в трубку вона була найбільша і складала 0,52 - 0,51 відн. од. В період максимального наростання відносної маси від виходу в трубку – колосіння – цвітіння вона знижувалась від 0,49 - 0,31 відн. од. В наступний період відбувалось незначне погіршення вологозабезпеченості (до 0,26 - 0,27 відн. од.).

Температурний режим в період вегетації був близький до верхньої межі оптимальних температур для фотосинтезу. В період відновлення вегетації – вихід в трубку середня температура повітря складала 4,9 - 7,4 °С і знаходилась в між нижньою та верхньою межами оптимальних температур. В період вихід в трубку – колосіння температура не значно вийшла (на 0,5 - 0,8) за верхню межу оптимальних температур і змінилась від 10 до 16 °С. В період цвітіння і молочної стиглості температура повітря дорівнювала верхній межі оптимальних температур і складала 17,3 - 18,6 °С. В період після настання молочної стиглості до воскової і повної стиглості вона перевищила оптимальну на 0,7 - 1,3 °С.

Таких хід волого-температурного режиму визначив прирости МВУ озимої пшениці. В період відновлення вегетації – вихід в трубку прирости МВУ складають 45,5 - 59,8 г/м<sup>2</sup> за декаду. В наступний період вихід в трубку – колосіння прирости МВУ збільшились, максимальними вони були в середині періоду вихід в трубку –

колосіння. В IV-V декадах вони склали 71,3 - 76,2 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період після цвітіння прирости МВУ знизилась. Від фази цвітіння до молочної стиглості - воскової стиглості прирости змінились від 68,8 до 56,9 г/м<sup>2</sup> за декаду. В фазу воскової і повної стиглості прирости МВУ були мінімальними.

Прирости ДВУ лімітуються балом родючості ґрунтів. За рахунок цього рівень приростів ДВУ загальної та сухої біомаси буде суттєво нижчим в порівнянні з МВУ. В період відновлення вегетації прирости ДВУ склали 22,2 г/м<sup>2</sup> за декаду. На фазу вихід в трубку цей приріст збільшився на 7 г/м<sup>2</sup> за декаду і в подальшому до IV декади (середина між фазного періоду вихід в трубку - колосіння) прирости ДВУ постійно зменшуються. В фазу колосіння – цвітіння вони склали 32,8 - 33,7 г/м<sup>2</sup> за декаду. В подальшому з настанням фази молочної стиглості та воскової стиглості прирости ДВУ знизилась до 27,9 г/м<sup>2</sup> за декаду і на фазу повної стиглості він склав 13,2 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Урожай у виробництві визначається загальним рівнем культури землеробства, який прийнятий в даному регіоні і дозам ефективності внесення мінеральних і органічних добрив. При заданому рівні культури землеробства (0,8 відн. од.) і розрахованій ефективності внесення органічних і мінеральних добрив, яка дорівнює 0,89 відн. од. В період відновлення вегетації – вихід в трубку величина приростів УПР змінюється від 14,3 до 18,8 г/м<sup>2</sup> за декаду. Максимальне значення приростів УПР спостерігається в середині періоду вихід в трубку – колосіння. Значення приростів УПР в цей період досягає 21,4 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період колосіння – цвітіння відбувається деяке зниження приростів УПР до 18,7 - 19,2 г/м<sup>2</sup> за декаду. В подальшому при настанні фази воскової і повної стиглості прирости УПР знизилась до 7,5 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Встановлено, що в умовах Херсонської області ступінь сприятливості кліматичних умов (СКУ) для озимої пшениці по території області розподілена нерівномірно. З табл. 2 видно, що найбільші значення (0,629) спостерігаються у північно-західних районах (Великоолександрівський, Високопольський, Нововоронцовський, Бериславський). Ступінь сприятливості кліматичних умов знижується у центральних (Білозерський, Каховський), північно-східних районах (Верхньорогачицький, Великолепетиський, Нижньосірогозький, Горномтаївський, Іванівський) і коливається в межах 0,511 – 0,474 відн. од. У деяких південних районах (Чаплинський, Каланчацький та деякі господарства Новотроїцького району) цей показник вищий і складає 0,534 відн. од. Найнижчі значення СКУ (0,443 – 0,445) характерні для решти південних районів області. Оцінку рівня використання агрокліматичних ресурсів (C<sub>0</sub>) для озимої пшениці коливається від 0,520 до 0,483 відн. од. в центральних та південних (крім Чаплинського, Каланчацького) районах Херсонської області. У північних районів використання агрокліматичних ресурсів має найнижчий рівень, він коливається від 0,309 до 0,357 відн. од. Рівень реалізації агроекологічного потенціалу для озимої пшениці коливається від 0,322 – 0,370 відн. од. у центральних районах області. У деяких південних районах (Генічеський, Новотроїцький) цей показник дещо нижчий і складає 0,309 відн. од. На решті територіях рівень реалізації агроекологічного потенціалу коливається в межах 0,261 – 0,293 відн. од. Описуючи рівень господарського використання ресурсів для озимої пшениці, з табл. 2 видно, що у північно-західних районах цей показник найвищий (0,774 відн. од.). Високий рівень культури землеробства характерних, також, для деяких південних районів (Скадовський, частини Голопристанського, Цюрупинського та Каховського). Найнижчий рівень господарського використання ресурсів у північно-східних областях (0,573 відн. од.). На решті території області цей показник коливається в межах від 0,613 до 0,689 відн. од.

Зроблена узагальнююча характеристика ґрунтових та агрокліматичних ресурсів вирощування озимої пшениці на Херсонщині (табл. 1): тривалість вегетаційного періоду, сума ФАР, сума опадів, сумарне випаровування, потреба рослин у воді, дефіцит вологи та ГТК. З таблиці видно, що тривалість вегетаційного періоду озимої пшениці для усіх районів складає 98 діб.

Таблиця 1 - Узагальнені характеристики ґрунтових та агрокліматичних ресурсів вирощування озимої пшениці в Херсонській області

№ пп	Загальні показники за період вегетації	Райони						
		Білозерський	Нижньосірог зький	Великоолекса ндрівський	Каховський	Скадовський	Чаплинський	Генічеський
1	Бал родючості ґрунту, відн.од.	0,49	0,34	0,40	0,52	0,50	0,54	0,51
2	Внесення азотного добрива (N), кг(д.в.)/га	90	90	90	90	90	90	90
3	Внесення фосфатного добрива (P), кг(д.в.)/га	40	40	40	40	40	40	40
4	Внесення калійного добрива (K), кг(д.в.)/га	40	40	40	40	40	40	40
5	Внесення органічного добрива (навоз), т/га	30	30	30	30	30	30	30
6	Сума ефективних температур вище 5 °С	858	843	864	878	878	839	861
7	Сума ФАР, Дж/см <sup>2</sup> за період	5032	5065	5032	5065	5065	5065	5098
8	Тривалість вегетаційного періоду, діб	98	98	98	98	98	98	98
9	Сума опадів, мм	101	142	151	137	107	121	118
10	Потреба рослин у воді, мм	380	383	380	383	383	383	387
11	Сумарне випаровування, мм	138	183	201	186	164	181	171
12	Дефіцит вологи, мм	206	140	163	156	176	160	162
13	ГТК, відн.од.	0,75	1,07	1,11	1,0	0,79	0,91	0,87

Сума ефективних температур за вегетаційний період по досліджуваним територіям Херсонщини коливається в межах від 843 °С у Нижньосірогоському районі до 878 °С у Каховському та Скадовському районах.

Важливим фактором для життєдіяльності рослин являється не лише тепло, а й волога. Зволоження характеризується кількістю опадів.

Кількість опадів на території Херсонської області за вегетаційний період коливається від 151 до 101 мм. Найменша сума опадів спостерігається у Білозерському районі і складає 101 мм, найбільша – складає 151 мм у Великоолександрівському районі.

Проте, зволоження території залежить не тільки від кількості опадів, а й від того, скільки їх витрачається на випаровування та стік, тобто від ГТК – гідротермічного коефіцієнту – показника, який враховує одночасно надходження вологи у вигляді

опадів та сумарні її витрати на випаровування. Гідротермічний коефіцієнт по агрокліматичним районам Херсонської області змінюється від 1,11 відн.од. у Великоолександрівському районі до 0,75 відн.од. у Білозерському.

Відносна потреба озимої пшениці у воді в період вегетації коливається від 380 до 387 мм.

Сумарне випаровування за період вегетації коливається від 138 до 201 мм. Найбільше сумарне випаровування спостерігається у Великоолександрівському районі – 201 мм. Ця величина найменша у Білозерському районі – 138 мм.

Зроблена оцінка впливу агрокліматичних характеристик на урожайність МВУ. Як видно з табл. 2, розподіл МВУ по території Херсонської області неоднорідний.

Таблиця 2 - Узагальнені характеристики агрокліматичних умов формування та продуктивності озимої пшениці в Херсонській області

№ пп	Загальні показники за період вегетації	Райони						
		Білозерський	Нижньосірог озький	Великоолекс андрівський	Каховський	Скадовський	Чаплинський	Генічеський
1	Кількість стебел на рівні ПУ, стебл./м <sup>2</sup>	1637	1655	1634	1655	1654	1657	1648
2	Кількість стебел на рівні МВУ, стебл./м <sup>2</sup>	1098	1175	1228	1146	1065	1181	1162
3	Кількість стебел на рівні ДВУ, стебл./м <sup>2</sup>	677	641	706	719	660	750	719
4	Кількість стебел на рівні УП, стебл./м <sup>2</sup>	505	439	553	543	496	544	527
5	ПУ зерна, ц/га	108	109	115	109	109	109	109
6	МВУ зерна, ц/га	51	54	72	55	48	58	49
7	ДВУ зерна, ц/га	36	33	29	42	34	34	37
8	УП зерна, ц/га	25	19	22	29	24	21	24
9	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн.од.	0,474	0,493	0,629	0,511	0,443	0,534	0,445
10	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн.од.	0,483	0,357	0,309	0,520	0,500	0,364	0,498
11	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн.од.	0,322	0,293	0,261	0,370	0,293	0,290	0,306
12	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних та грунтових ресурсів, відн.од.	0,680	0,573	0,774	0,689	0,704	0,613	0,651

Найбільше значення МВУ (75 – 71 ц/га) спостерігається у північно-західних районах області (Великоолександрівський агрокліматичний район). Дещо нижче

значення МВУ (56 – 60 ц/га) у центральних та деяких південних районах. У північно-східних районах (Верхньорогачицький, Великолопетиський, Горностаївський, Нижньсірогоський, Іванівський) та західному (Білозерському) районі значення МВУ коливається в межах 51 – 55 ц/га. Найнижчі значення МВУ (45 – 50 ц/га) озимої пшениці характерні для південних районів Херсонщини.

Таким чином, нами була зроблена оцінка ґрунтово-кліматичних ресурсів Херсонської області для формування озимої пшениці. Визначені рівні агроекологічних категорій урожайності, які характеризують ці ресурси. Отримані комплексні показники оцінки ступеня сприятливості агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці в умовах області.

### Список літератури

1. А.М. Польший. Моделирование гидрометеорологического режима та продуктивности агроэкосистем: Навчальний посібник. – К.: КНТ, 2007. – 348 с.
2. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.

#### **Оценка агроклиматических ресурсов Херсонской области применительно к возделыванию озимой пшенице. Полевой А.Н., Букарева С.А.**

*На основании характеристики агроэкологических категорий урожайности и количественной оценки агроклиматических ресурсов была выполнена общая оценка агроклиматических ресурсов Херсонской области применительно к возделыванию озимой пшеницы.*

**Ключевые слова:** агроэкологические категории урожайности, агроклиматические ресурсы, продуктивность, озимая пшеница.

#### **Evaluation of agroclimatic resources of the Kherson region in reference to winter wheat cultivation. Polevoy A.N., Bukareva S.A.**

*The general evaluation of agroclimatic resources in Kherson region as to cultivation of winter wheat was made on the base of agro-ecological categories of productivity and quantitative evaluation of agroclimatic resources.*

**Keywords:** agroecological categories of yields, agroclimatic resources, productivity, winter wheat.