

УДК 635 : 551 . 582

Л.Ю. Божко, к.г.н

Одеський державний екологічний університет

АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

Викладені дослідження кількісних оцінок наслідків та можливих негативних тенденцій стосовно впливу зміни клімату за умови реалізації сценарію GFDL 30% на ефективність виробництва овочів в Україні.

Ключові слова: антропогенні зміни клімату, агрокліматичні умови, агроекологічні категорії врожайності,

Вступ. Господарська діяльність людей завжди мала вплив на навколишнє середовище. На початковій стадії розвитку цивілізації за невеликої чисельності населення і обмеженості технічних засобів ці впливи мали локальний характер. Із зростанням чисельності населення і переходом до великих промислових виробництв почався прогресуючий вплив на природу, включаючи атмосферу а, отже, і на клімат.

На думку ряду спеціалістів, найбільш потужний вплив на клімат в індустріальну епоху відбувся в результаті змін газового складу атмосфери, який зумовлює її потепління. В зв'язку з цим для пояснення глобального потепління була прийнята теорія парникового ефекту [1-4].

Парниковий ефект - це властивість атмосфери пропускати сонячну радіацію, але затримувати випромінювання Землі і тим самим сприяти акумуляції Землею тепла.

Накопичення в атмосфері вуглекислого газу, метану, фторхлорвуглеводів, оксиду азоту, тропосферного озону, інших газів і аерозолів, які пропускають короткохвильові сонячні промені, перешкоджає довгохвильовому випромінюванню, в результаті відбувається поступове потепління клімату.

Основним парниковим газом є CO_2 , динаміка вмісту якого в часі відносно добре вивчена. За період індустріальної епохи відбувалося спочатку повільне, а потім прискорене зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері. З розвитком науково-технічного прогресу в області енергетики можна очікувати зниження викидів CO_2 в повітряне середовище в зв'язку із заміною спалювання органічного палива процесами отримання енергії з використанням термоядерних реакцій. Поряд з CO_2 антропогенного походження залишаються природні джерела надходження в атмосферу вуглекислого газу – вулкани, мінералізація рослинних і тваринних решток тощо [1,2].

За своїм географічним положенням, структурою народного господарства, станом довкілля Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними.

Тому важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є вирішення агрометеорологічної задачі – оцінки зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України щодо коливань та змін клімату. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз необхідно прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, обумовлених змінами клімату.

Результати розрахунків за різними кліматичними сценаріями показують, що процес зміни глобального клімату, який намітився, може призвести до підвищення

середньої річної температури повітря на 2–4 °С у Північній півкулі вже у 2025–2030 рр. [1-4].

В зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря у Північній півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур.

Головна мета дослідження полягає в кількісній оцінці наслідків та можливих негативних тенденцій стосовно впливу зміни клімату на ефективність виробництва овочів в Україні, в оцінці валових зборів та продовольчої безпеки України, науковому обґрунтуванні заходів щодо адаптації сільського господарства до очікуваних змін клімату та врахуванні фактора зміни клімату при розробці державної політики в сфері виробництва овочів.

За даними [3, 4] при розробці сценаріїв зміни клімату для території України можуть використовуватись розрахунки за такими моделями:

GISS – модель Інституту Годдарда з космічних досліджень, чутливість до подвоєння CO₂ – 4,2 °С;

GFDL – модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США, чутливість до подвоєння CO₂ – 4,0 °С;

CCSM – модель Канадського кліматичного центру, чутливість до подвоєння CO₂ – 3,5 °С;

UKMO – модель Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, чутливість до подвоєння CO₂ – 3,5 °С.

Об'єкти та вихідні матеріали досліджень. Дослідження виконувались на матеріалах середніх багаторічних спостережень за метеорологічними показниками та врожайністю овочевих культур по всіх областях України.

Методи дослідження. Розрахунки виконувались за розробленою А.М. Польовим моделлю, теоретичну основу якої становить концепція Х.Г.Тоомінга про максимальну продуктивність посівів [5- 7].

Для дослідження вибрано сценарій зміни клімату *GFDL 30%* (тобто зростання CO₂ в атмосфері на 30% в порівнянні з сучасним станом).

Як же зміняться умови вегетації овочевих культур при зміні клімату за умови реалізації сценарію *GFDL- 30%*? Як видно із табл.1 середня температура повітря з травня по жовтень включно в Лісовій зоні буде вища, ніж за середніми багаторічними даними. Особливо відчутна різниця в червні – липні та з другої декади серпня по жовтень включно.

В Лісостеповій зоні з травня до першої декади липня середня багаторічна температура вище температури повітря за сценарієм на 0,8 – 1,6 °С. З другої декади липня по третю декаду вересня температура повітря за сценарієм *GFDL- 30%* вища за середню багаторічну на 2 – 2,5 °С. В жовтні ця різниця збільшується до 5 -7°С.

В зоні Північного Степу температура повітря за сценарієм з травня до другої декади червня нижча від середньої багаторічної на 0,5 - 0,8 °С. Починаючи з третьої декади червня і по серпень включно, різниця в температурах становить 1,5 – 2 °С. З другої декади вересня вона різко зростає до 6 – 10 °С.

В Південному Степу з травня по червень температура повітря за сценарієм була вище на 0,8 – 2,9 °С, потім, з другої декади вересня ця різниця зросла до 5 – 6 °С.

Сума опадів розрахованих за моделлю *GFDL- 30%* в Лісовій, Лісостеповій та зоні Північного Степу з травня до третьої декади червня нижче від середніх багаторічних значень. З третьої декади червня до другої декади вересня включно сума опадів за сценарієм вища за середні багаторічні значення в Лісовій зоні на 3 – 8мм, в

Лісостеповій – на 8 – 16мм, в зоні Північного Степу – на 11 – 13мм за декаду. В областях Південного Степу сума опадів за сценарієм впродовж всього вегетаційного періоду до другої декади вересня була вища від середніх багаторічних. Особливо значне перевищення 8-12 мм за декаду спостерігалось з липня до кінця вегетації.

Значення дефіциту насичення повітря в Лісостеповій зоні тільки в перші дві декади було вище за середніми багаторічними даними. В подальшому розраховані за *GFDL*- 30 % значення дефіциту перевищували середні багаторічні на 2 – 5 мб за декаду.

В Лісостеповій зоні дефіцит насичення повітря впродовж травня та червня був вищий за середні багаторічні значення і тільки з липня до кінця вегетації дефіцит насичення повітря, розрахований за моделлю *GFDL* - 30%, став перевищувати середні багаторічні значення.

В зонах Північного та Південного Степу спостерігалось таке ж становище, але значення дефіциту були вищі на 2 – 3 мб за декаду.

Тривалість вегетаційного періоду при розрахунках за моделлю у всіх культур значно зростає. В Лісовій та Лісостеповій зонах на 3 – 4 декади, в Степу – на 4 - 5 декад.

Як видно із табл.2 за умов реалізації сценарію *GFDL* 30 % агрокліматичні умови вирощування овочевих культур будуть змінюватись по різному в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Співставлення середніх багаторічних даних з даними табл. 1 показує, що значно довшим стане вегетаційний період всіх овочевих культур, які розглядаються. Погіршаться умови зволоження за рахунок підвищення температури повітря і збільшення витрат води на сумарне випаровування. За реалізації сценарію *GFDL* 30% значно збільшиться надходження ΦAP в Лісовій зоні в середньому на 10 ккал/см², в Лісостеповій зоні найбільше підвищення надходження ΦAP буде спостерігатись у Сумській області на 16 ккал/см², найменше - у Вінницькій - 12,7 ккал/см². В зоні Північного Степу у всіх областях надходження ΦAP збільшиться на 14 ккал/см². В областях Південного Степу сума ΦAP збільшиться на 14- 16 ккал/см² за вегетаційний період овочевих культур.

За умови реалізації сценарію *GFDL* 30% в зв'язку з підвищенням середньої температури повітря та значним збільшенням тривалості вегетаційного періоду у всіх агрокліматичних зонах різко зростуть суми температур. В Лісовій зоні в середньому зростання за вегетаційний період становитиме 1150°C. Найвищі відхилення сум температур відзначатимуться в Чернівецькій, Хмельницькій та Тернопільській областях, де суми збільшаться на 1430 - 1600°C. Найменші відхилення сум температур від середніх багаторічних відзначаться в Чернігівській (1072°C) та Львівській (987°C) областях.

В областях Лісостепової зони відхилення сум температур, які накопичаться за реалізації сценарію, будуть вищі за середні багаторічні суми в середньому на 1370°C. Найбільші відхилення будуть в Черкаській (1836°C), Сумській (1430°C) та Полтавській (1338°C) областях. Найменші - у Харківській (1121°C) та Вінницькій (1172°C) областях.

В зоні Північного Степу відхилення сум температур за сценарієм найвище і становить в середньому 1798°C. Найвищі відхилення будуть спостерігатись в Луганській та Донецькій областях і становитимуть 2090°C. Найменше відхилення в Дніпропетровській області – 1410°C. В областях Південного Степу середнє відхилення сум температур за сценарієм від середніх багаторічних сум становитиме 1500°C. Найвищі відхилення будуть в Одеській області (1703°C) та в АР Крим (1520°C).

В зоні Північного Степу відхилення сум температур за сценарієм найвище і становить в середньому 1798°C. Найвищі відхилення будуть спостерігатись в Луганській та Донецькій областях і становитимуть 2090°C. Найменше відхилення в Дніпропетровській області – 1410°C.

Таблиця 1 – Зміна температури повітря ($t^{\circ}\text{C}$), опадів ($x, \text{мм}$) та дефіциту насичення повітря ($d, \text{мб}$) при зміні клімату за умови реалізації сценарію GFDL 30% (1) в порівнянні з середніми багаторічними (2)

Показ- ник	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			Жовтень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лісова зона																	
$t^{\circ}\text{C}$ 1		15,4	15,7	18,3	22,1	22,2	23,5	20,1	21,0	20,7	25,3	24,3	22,7	22,2	19,9	17,9	15,7
2		13,3	15,8	16,5	16,5	17,2	17,9	18,6	19,5	20,3	19,8	19,8	16,0	14,4	12,4	10,2	8,6
$x, \text{мм}$ 1		15	18	14	26	31	35	33	53	37	36	27	23	19	12	10	10
2		20	28	30	30	28	27	28	28	29	28	21	17	13	12	11	11
$d, \text{мб}$ 1		5,0	6,9	8,3	8,7	12,3	12,5	14,0	9,4	10,4	10,0	14,5	13,6	12,3	12,4	10,7	9,4
2		6,9	7,3	7,6	7,7	7,7	7,5	7,4	7,2	7,0	6,8	5,9	5,3	4,7	3,6	-	-
Лісостепова зона																	
$t^{\circ}\text{C}$ 1		13,1	15,2	15,9	18,0	18,6	22,5	22,6	23,9	20,6	21,5	21,2	25,8	24,8	23,2	22,7	20,4
2		15,2	16,8	17,2	18,0	19,6	20,4	20,8	20,9	19,9	18,4	17,0	15,9	14,0	12,1	10,1	8,7
$x, \text{мм}$ 1		13	15	18	17	12	28	33	36	26	49	33	37	15	21	18	9
2		22	28	28	29	29	28	25	20	19	18	16	14	14	13	10	10
$d, \text{мб}$ 1		4,2	5,1	7,1	8,0	8,9	12,7	12,8	14,4	9,7	11,1	10,7	14,9	12,7	12,8	11,0	10,0
2		8,7	9,3	9,7	9,9	9,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,7	9,1	8,1	7,0	-	-
Північний степ																	
$t^{\circ}\text{C}$ 1	15,6	17,6	19,9	20,3	24,0	24,1	26,2	26,6	23,4	23,1	27,3	26,6	25,0	23,4	21,0	18,8	16,1
2	17,4	18,3	19,4	20,6	21,4	21,7	21,5	21,7	21,5	20,3	18,7	16,6	16,4	13,2	12,5	-	-
$x, \text{мм}$ 1	13	14	15	21	20	31	23	30	24	24	13	19	20	19	14	16	9
2	18	20	21	21	20	18	16	15	13	11	10	9	10	10	10		
$d, \text{мб}$ 1	5,0	8,3	9,9	10,0	14,5	14,7	16,3	12,3	13,2	12,9	16,1	15,5	14,2	13,2	11,6	10,0	8,1
2	10,4	11,0	11,7	12,4	13,0	13,0	13,0	12,4	11,8	10,3	8,3	6,3	5,8	5,2	4,6		
Південний Степ																	
$t^{\circ}\text{C}$ 1	15,6	17,4	19,8	20,6	23,7	24,2	25,8	22,5	23,6	23,3	27,7	27,0	25,3	24,2	22,1	20,2	19,7
2	14,0	16,1	17,7	19,0	20,0	21,0	21,9	22,6	23,0	22,9	22,1	20,6	18,7	17,1	15,4		
$x, \text{мм}$ 1	11	14	14	20	25	26	22	34	29	25	16	20	17	18	21	18	7
2	11	13	16	18	19	19	16	14	13	13	13	12	11	11	10		
$d, \text{мб}$ 1	5,0	8,1	9,8	10,4	14,0	14,8	16,7	12,1	13,4	13,1	16,5	15,8	14,5	13,8	12,3	11,0	8,0
2	5,9	6,8	7,7	9,7	9,6	10,7	12,2	13,3	13,4	12,2	10,9	9,6	8,2	6,8	5,4		

В областях Південного Степу середнє відхилення сум температур за сценарієм від середніх багаторічних сум становитиме 1500°C. Найвищі відхилення будуть в Одеській області (1703°C) та в АР Крим (1520°C).

В зв'язку зі зміною напруги термічного режиму значно підвищиться сумарне випаровування всіх овочевих культур у всіх агрокліматичних зонах та зросте дефіцит вологи у ґрунті.

При зміні клімату за умови реалізації сценарію GFDL 30% значно зросте тривалість вегетаційного періоду всіх овочевих культур в усіх зонах. У Лісовій зоні до 16 декад, в Лісостеповій – до 17 декад, в Північному Степу до 17 - 18 декад, в Південному Степу - до 19 декад.

Зміна кліматичних умов спричиняє зміну в динаміці ходу сумарного випаровування та значно збільшить дефіцит вологи для нормального розвитку рослин баклажанів, капусти, огірків, солодкого перцю та томатів. Розглянемо динаміку сумарного випаровування по агрокліматичних зонах (табл. 2).

Таблиця 2 – Агрокліматичні умови вирощування овочевих культур при зміні клімату за умови реалізації сценарію GFDL 30%

Ґрунтово-кліматична зона, область	Кількість опадів, мм	Сума температур вище 10 °С	Сума ФАР, ккал/см ²	Капуста		Огірки		Солодкий перець		Томати	
				E_{ϕ} , мм	E_{δ} , мм	E_{ϕ} , мм	E_{δ} , мм	E_{ϕ} , мм	E_{δ} , мм	E_{ϕ} , мм	E_{δ} , мм
Лісова зона											
Волинська	408	3236	36,6	510	153	468	71	550	104	586	97
Рівненська	431	3089	35,7	594	63	534	84	548	102	583	59
Житомирська	415	3212	39,8	598	140	546	56	472	213	577	71
Чернігівська	444	3340	39,4	468	275	468	45	556	118	419	226
Київська	398	3462	41,2	603	168	554	72	492	236	584	145
Львівська	516	3225	37,7	594	102	510	82	534	112	504	261
Тернопільс.	453	3332	37,7	589	110	513	86	576	98	584	106
Хмельницька	453	3329	37,9	587	109	512	97	597	91	575	99
Чернівецька	497	3474	42,3	538	257	493	111	490	216	490	216
Лісостепова зона											
Черкаська	410	3828	45,5	686	177	582	122	603	171	613	324
Сумська	388	3395	39,0	593	130	516	106	558	121	551	115
Харківська	328	3453	39,9	553	190	563	111	566	177	549	185
Вінницька	437	3330	40,2	620	129	571	120	614	74	582	122
Північний Степ											
Кіровоградс.	385	3829	44,8	668	183	636	132	648	158	645	155
Дніпропетров	356	3982	43,2	643	172	635	143	679	210	600	289
Луганська	337	4066	47	693	193	617	150	747	128	689	187
Донецька	348	4089	47,8	903	207	693	176	747	144	692	200
Південний Степ											
Одеська	354	4221	49,2	741	194	669	96	726	209	742	194
Миколаївська	336	4243	49	745	185	678	98	676	165	745	186
Херсонська	287	4137	50,2	759	212	685	120	729	229	707	252
Запорізька	320	4238	48,8	716	212	682	140	770	159	740	204
АР Крим	289	4463	52,7	847	166	785	220	734	145	740	206

Примітка * : E_{ϕ} - сумарне випаровування, мм; E_{δ} – дефіцит вологи в ґрунті, мм.

Збільшення сумарного випаровування при зміні клімату відбудеться як за рахунок збільшення тривалості вегетаційного періоду, так і за рахунок підвищення його

впродовж вегетаційного періоду. Для прикладу наводиться динаміка сумарного випаровування з поля баклажанів (рис. 1).

Як видно із рис. 1 збільшення сумарного випаровування впродовж вегетаційного періоду при зміні клімату відбуватиметься неоднаково від декади до декади. В першу декаду після висаджування розсади значення сумарного випаровування майже однакове за середніми багаторічними даними і за даними сценарію і становить 25 мм. Починаючи з другої декади, сумарне випаровування за сценарієм перевищує середні багаторічні значення до п'ятої декади вегетації на 10 – 13 мм. З шостої декади сумарне випаровування за сценарієм різко зменшується і становить 23 мм, тоді як середнє багаторічне значення становить 26мм. У подальшому значення сумарного випаровування за сценарієм зростає і в одинадцяту декаду вегетації становить 37 мм.

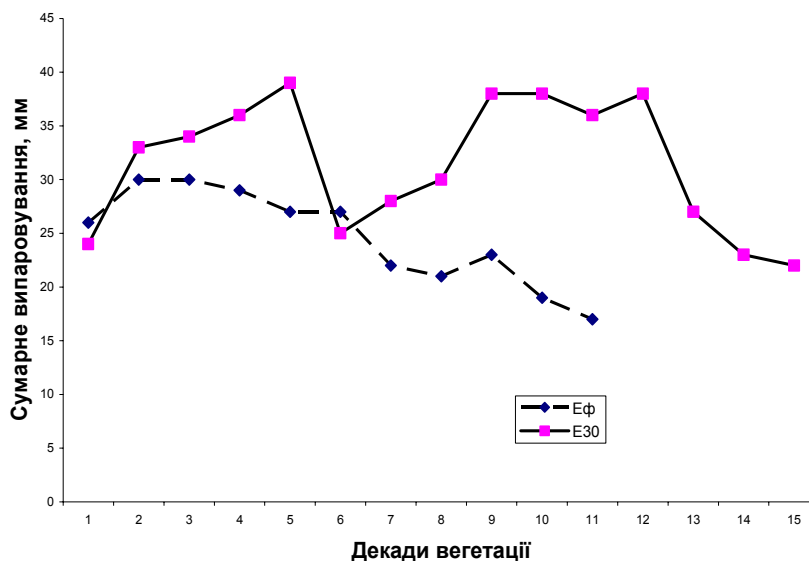


Рис.1-- Динаміка сумарного випаровування з поля баклажанів за середніми багаторічними даними (E_{ϕ}) і за сценарієм (E_{30}) в Лісовій зоні (на прикладі Рівненської області).

Такі ж тенденції і зміни сумарного випаровування і в інших зонах, але в зоні Південного Степу різниця між сумарним випаровуванням при зміні клімату і середніми багаторічними значеннями менша, ніж в інших зонах.

Зміна тривалості вегетаційного періоду та всіх його характеристик при зміні клімату за умови реалізації сценарію GFDL 30% вплине на накопичення сухої маси MMB та VB всіх овочевих культур (рис.2).

Як видно із рис.2 прирости MMB та VB при зміні клімату за умови реалізації вищевказаного сценарію різко зростуть на початку періоду на 20 – 40 г/м², починаючи з сьомої декади на 100 – 120 г/м². Таке збільшення приростів за зміни клімату зумовлено підвищенням середньої за декаду температури повітря впродовж всього періоду вегетації. Аналіз розрахунків показав, що подібне відбувається із приростами сухої маси солодкого перцю і томатів.

Підвищення температури повітря при зміні клімату сприятиме підвищенню врожайності і розширенню зони виробничого вирощування цих культур.

Збільшення приростів сухої маси капусти та огірків відзначається тільки в Лісовій та Лісостеповій зонах. В Зоні Північного та Південного Степу підвищення температури за умови зміни клімату сприятиме підвищенню приростів сухої маси цих культур тільки в умовах зрошення.

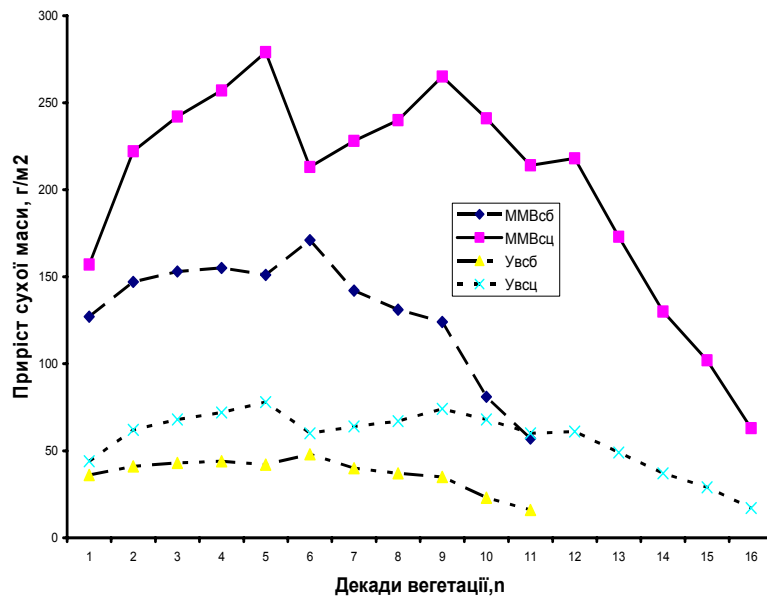


Рис.2 - Динаміка середніх багаторічних приростів сухої маси ($ММВ_{сб}$) та ($УВ_{сб}$) та приростів ($ММВ_{сц}$ та $УВ_{сц}$) баклажанів в Лісовій зоні України (на прикладі Рівненської області).

Висновки. В результаті виконаних досліджень встановлено, що при зміні клімату за умови реалізації сценарію GFDL 30% підвищиться забезпеченість теплом овочевих культур, зросте врожайність при достатньому забезпеченні вологою за рахунок зрошення, що дозволить значно розширити виробничі посіви і збільшити виробництво овочів.

Список літератури

1. Израэль Ю.А., Антохин Ю.А. и др. Последствия изменения климата для России //В сб.: Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений.– М.: Наука, 2001. – С. 40-64.
2. Логонов В.Ф. Причины и следствия климатических изменений. – Минск: Наука і техника, 1992. – 320 с.
3. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 231 с.
4. Україна та глобальний парниковий ефект. Частина 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. /За редакцією В.В. Васильченка, М.В. Рапуна, І.В. Трофимової. – К., 1998. – 210 с.
5. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
6. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеиздат, 1988. -318 с.
7. Божко Л.Е. Агрометеорологические условия и продуктивность овощных культур в Украине //Український гідрометеорологічний журнал. -2006.-№1, с. 119 – 127.

Антропогенные изменения климата и их влияние на возделывание овощных культур в Украине. Божко Л.Е.

Излагаются результаты исследования количественных оценок последствий и возможных отрицательных тенденций влияния изменения климата при условии реализации сценария GFDL30% на эффективность выращивания овощей в Украине

Ключевые слова: антропогенные изменения климата, агроклиматические условия, агроэкологические категории урожайности, овощные культуры.

Anthropogenic changes of climate and their influence on till of vegetable cultures in Ukraine. Bozhko L.E.

The results of research of quantitative estimations of consequences and possible negative tendencies of influencing of climate change on condition of realization of GFDL30% scenario on efficiency of growing of vegetables in Ukraine are expounded. **Keywords:** anthropogenic changes of climate, agroclimatic condition, agroecological categories of productivity of vegetable culture.