

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ В ПІВНІЧНОМУ ПРИЧОРНОМОР'І

Розглядається зміна агрокліматичних умов вирощування винограду в Північному Причорномор'ї. Виконана оцінка зміщення дат фаз вегетації технічних сортів винограду при реалізації кліматичних сценаріїв. На основі моделі, розробленої авторами, виконана оцінка урожайності в зв'язку з можливою зміною клімату.

Ключові слова: виноград, продуктивність, математична модель, зміна клімату.

Вступ. Специфіка розвитку виноградарської галузі визначається її тісною залежністю від погодних та кліматичних умов. У зв'язку з глобальною зміною клімату виникає необхідність оцінки можливої зміни агрокліматичних умов стосовно до винограду. Це дозволить ефективно використовувати агрокліматичні ресурси в нових кліматичних умовах та досягнути збільшення валового збору та якості врожаю.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження впливу глобальної зміни клімату на сільське господарство вже охопили значний ареал поширення світових продовольчих культур [5]. Прогнозування агрокліматичних ресурсів звичайно пов'язують з якимось сценарієм зміни клімату. Вплив зміни клімату на світове виноградарство описаний в [6], де оцінка виконується на основі зміни середньої температури повітря та суми активних температур за вегетаційний період. Для території Північного Причорномор'я такі дослідження виконувались без розрахунку можливої врожайності [2].

Метою даної роботи є оцінка зміни агрокліматичних умов та їх вплив на формування врожаю технічних сортів винограду.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні використовується довгоперіодна динамічна модель «Vitis vinifera - 2013», яка дозволяє оцінювати умови формування врожаю винограду протягом вегетаційного періоду, реєструвати біометричні та біохімічні зміни в рослинах, викликані як природним ходом онтогенетичного розвитку, так і впливом на них факторів зовнішнього середовища і, перш за все, комплексу агрометеорологічних умов.

При розробці моделі використовувався підхід, запропонований А.М. Польовим [4]. Модель «Vitis vinifera - 2013» дозволяє оцінити формування однорічної маси виноградного куща з урахуванням динаміки росту біомаси листя, пагонів, суцвіть і грон. У моделі задавалося, що однорічний приріст пагонів сусідніх кущів не перетинається, а знаходиться над горизонтальною проекцією, довжина якої дорівнює відстані між кущами, а ширина – середній за вегетаційний період ширині крони, яка задається агротехнічним прийомом – підв'язкою.

Модель має ієрархічну структуру та складається з п'яти основних блоків:

- блоку вхідної інформації;
- блоку радіаційного і термічного режимів;
- блоку фотосинтезу;
- блоку дихання;
- блоку росту та розподілу асимілятів.

На виході моделі розраховується біомаса окремих органів (листя, пагонів, суцвіть і грон) і загальна біомаса виноградного куща.

Вхідний блок містить разову і декадну інформації, а також параметри моделі. Разова інформація вноситься одноразово на початку розрахунків і характеризує стан винограднику і територію його розташування. До декадної відноситься інформація про агрометеорологічні умови на кожному розрахунковому кроці моделі. Параметри моделі описують біологічні особливості конкретного сорту винограду.

Всі інші блоки розрахункові. Так блок радіаційного та термічного режимів містить інформацію про закономірності надходження сумарної радіації, інтенсивності ФАР на верхній межі насадження та в середині крони, суми накопичених активних температур і середньої денної температури повітря у вигляді відповідних регресійних та інтегральних рівнянь[3].

Фотосинтез, дихання і ріст є фундаментальними процесами, в ході яких відбувається формування врожаю. Для опису процесу фотосинтезу в моделі використовуються рівняння розрахунку інтенсивності фотосинтезу в оптимальних і реальних умовах:

$$\Phi_{\tau}^j = \Phi_o^j \cdot \alpha_{\phi}^j \cdot \psi_{\phi}^j \cdot \gamma_{\phi}^j, \quad (1)$$

де Φ_{τ}^j - інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах, $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$; α_{ϕ}^j - онтогенетична крива фотосинтезу, безрозмірна. ψ_{ϕ}^j - функція впливу температури повітря, безрозмірна; γ_{ϕ}^j - функція впливу вологості ґрунту, безрозмірна. Функції α_{ϕ}^j , ψ_{ϕ}^j , γ_{ϕ}^j нормовані та змінюються від 0 до 1, j – номер кроку розрахункового періоду.

Процес дихання пов'язаний з підтриманням структурної організації тканин і пересуванням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць для росту рослин [3,4]:

$$R^j = \alpha_R^j (c_1 M^j + c_2 \Phi^j) \quad , \quad (2)$$

де R – витрати на дихання, г/м^2 ; α_R – онтогенетична крива дихання; c_1 – коефіцієнт, який характеризує витрати на підтримку структури; M – суха однорічна біомаса куща, г/м^2 ; c_2 – коефіцієнт, який характеризує витрати, пов'язані з перетоком речовин, фотосинтезом і утворенням нових структурних одиниць.

У блоці росту та розподілу асимілятів виконується розрахунок приросту загальної біомаси та біомаси окремих органів. Приріст загальної біомаси визначається різницею між сумарним фотосинтезом і витратами на дихання:

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j \quad (3)$$

Для розрахунку приросту окремих органів протягом вегетаційного періоду використовуються функції розподілу асимілятів. Вони встановлені за результатами польового дослідження та апроксимуються сплайн-функціями лінійного типу:

$$\begin{cases} \Delta m_i^j = k_1 \sum T_{Акт}^j + c_1 & \text{якщо } \sum T_{Акт}^j \in [a_1; b_1] \\ \Delta m_i^j = k_2 \sum T_{Акт}^j + c_2 & \text{якщо } \sum T_{Акт}^j \in [a_2; b_2] , \\ \dots \\ \Delta m_i^j = k_n \sum T_{Акт}^j + c_n & \text{якщо } \sum T_{Акт}^j \in [a_n; b_n] \end{cases} \quad (4)$$

де Δm_i^j – приріст біомаси i -го органа, $\sum T_{Акт}^j$ - сума активних температур, накопичена на початок розрахункового кроку, a_n і b_n - границі інтервалу сум активних температур, k_n і c_n - розрахункові коефіцієнти.

Оцінка наслідків зміни клімату базується на використанні сценаріїв зміни кліматичних характеристик. В роботі використовується сценарій зміни клімату А1В

GFDL (модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США) [6]. Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння кліматичних умов 1986 – 2005 рр. (базовий період) з кліматичним сценарієм A1B, в якому розглядаються два сценарні періоди: 2011 – 2030 гг. (I-й сценарний період), 2031 – 2050 гг. (II-ий сценарний період).

Дослідження проводились для території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей, які, згідно агрокліматичного районування, розташовані в Південній та Північній підзонах Степової зони України.

Результати та обговорення. Результати розрахунків показали, що за умови реалізації кліматичних сценаріїв зсунуться строки настання фаз вегетації винограду (табл. 1). В Південному Степу у сорта Загрей фенологічні фази «розпускання бруньок», «цвітіння», «початок досягання» за I-им сценарним періодом очікуються на 3...6, а «технічна стиглість» - на 10 діб раніше, ніж в базовий кліматичний період. У сорта Рубін Таїровський строки «розпускання бруньок» та «цвітіння» будуть відзначатися на 3 доби, «початок досягання» - на тиждень, а «технічна стиглість» - на два тижні раніше, у порівнянні з базовим. Тривалість вегетаційного періоду скоротиться на тиждень у сорта Загрей та на 11 діб – у сорта Рубін Таїровський.

Таблиця 1 – Фази розвитку винограду

Сорт	Період	Розпускання бруньок	Цвітіння	Початок досягання	Технічна стиглість	Тривалість вегетації, дні
Південний Степ						
Загрей	1986 – 2005	20.04	30.05	20.07	10.09	143
	2011 – 2030	17.04	25.05	14.07	31.08	136
	2031-2050	14.04	23.05	09.07	29.08	137
Рубін Таїровський	1986 – 2005	24.04	04.06	28.07	22.09	143
	2011 – 2030	21.04	01.06	21.07	08.09	132
	2031-2050	18.04	28.05	17.07	03.09	130
Північний Степ						
Загрей	1986 – 2005	26.04	06.06	02.08	02.10	159
	2011 – 2030	23.04	03.06	21.07	22.09	152
	2031-2050	21.04	01.06	22.07	19.09	151
Рубін Таїровський	1986 – 2005	01.05	11.06	13.08	12.10	165
	2011 – 2030	28.04	08.06	02.08	05.10	161
	2031-2050	25.04	06.06	01.08	30.09	158

Значніший зсув на більш ранні строки настання фаз слід очікувати за II-м сценарним періодом: у сорту Загрей перші дві фази настануть раніше на 6...7, а дві другі – на 11...12 діб. Вегетаційний період скоротиться на 6 діб. У сорту Рубін Таїровський строки настання перших трьох фаз зміщуються на 6...7 діб, а настання технічної стиглості - на 19 діб раніше, ніж в базовий період та на 5 діб раніше, ніж за першого сценарного періоду. Період вегетації скоротиться на 13 діб.

В Північному Степу в перший період у обох сортів розпускання бруньок та цвітіння очікуються на 3 доби раніше, досягання - у сорта Загрей - на 13 діб, а у сорта Рубін Таїровський - на 11 діб раніше базового; технічна стиглість у сортів відповідно на декаду та на тиждень раніше, ніж у базовий кліматичний період. В цілому вегетаційний

період у сорту Загрей, як і в Південному Степу, скоротився на тиждень, а у сорта Рубін Таїровський скорочення буде менш суттєвим (на 4 доби). У другий період строки розпускання бруньок та цвітіння будуть, як і на півдні, раніше на 5...6 діб базового, що на 3 доби раніше, ніж за перший період. На 12...13 діб раніше буде починатися досягання та технічна стиглість у обох сортів. На тиждень очікується скорочення періоду вегетації.

Зміщення на більш ранні строки настання фаз розвитку винограду обумовлені підвищенням температурного режиму та зменшенням кількості опадів. В Південному Степу в перший сценарний період у обох сортів в міжфазні періоди «розпускання бруньок – цвітіння» та «цвітіння – початок досягання» середня температура повітря буде вище за температуру базового періоду на 0,6...1,2 °С (табл. 2). Кількість опадів в перший міжфазний період зменшиться на 5...6, в другий на 30...31 мм. Більш спекотним та сухим буде третій міжфазний період вегетації, коли досягають ягоди винограду. Температура в цей період очікується вище базової на 2,9...3,7 °С, а кількість опадів скоротиться на 50%.

Таблиця 2 – Агрокліматичні умови по фазам розвитку винограду

Сорт	Період	Середня температура повітря за період, °С			Кількість опадів за період, мм		
		Розпускання бруньок – цвітіння	Цвітіння – початок досягання	Початок досягання – технічна стиглість	Розпускання бруньок – цвітіння	Цвітіння – початок досягання	Початок досягання – технічна стиглість
Південний Степ							
Загрей	1986–2005	14,9	21,1	21,3	50	99	95
	2011–2030	15,4	21,9	24,2	45	69	47
	2031–2050	15,2	21,5	24,3	47	65	51
Рубін Таїровський	1986–2005	15,7	21,7	20,0	56	101	95
	2011–2030	16,3	22,6	23,7	50	70	46
	2031–2050	15,8	22,2	24,0	43	70	46
Північний Степ							
Загрей	1986–2005	15,0	18,7	16,3	66	128	105
	2011–2030	15,2	20,5	20,1	72	107	79
	2031–2050	14,9	20,8	21,2	68	105	78
Рубін Таїровський	1986–2005	15,5	18,9	15,1	73	133	98
	2011–2030	16,0	21,0	18,4	77	120	72
	2031–2050	15,7	21,6	19,9	79	104	74

У другий період третій міжфазний період вегетації буде ще більш спекотним: у порівнянні з базовим періодом температура зростає на 3°С, а з першим – на 4°С. Кількість опадів скоротиться на 48...50% від базового.

В Північному Степу в перший та другий сценарний періоди перший міжфазний період буде проходити в умовах, близьких до базового, а кількість опадів – зменшиться у порівнянні з базовим. В період «цвітіння – початок досягання» очікується підвищення температури, в середньому, на 2⁰С у сорта Рубін Таїровський, а у другий період очікується збільшення температури на 2,7⁰С; кількість опадів зменшиться відповідно на 10...17 та 18...22%. Найбільш спекотним періодом, як в Південній, так і в Північній підзоні Степової зони очікується третій міжфазний період. Причому, в порівнянні з базовим кліматичним періодом, в Північному Степу температура в перший та другий періоди збільшиться відповідно на 3,3...3,8 и 4,8...4,9⁰С. Кількість очікуваних опадів буде набагато менше відрізнятись від базового сценарію (на 15...17%).

Очікується зміна умов вологозабезпеченості винограду (табл. 3). В Південному Степу в обидва сценарні періоди за вегетаційний період дефіцит зволоження зросте для двох сортів: у сорта Загрей – на 12...13%, а у сорта Рубін Таїровський – на 6...10%. В Північному Степу у сорту Загрей в ці періоди вологозабезпеченість знизиться на 5 та 1%, а у сорту Рубін Таїровський – в перший період вологозабезпеченість очікується на рівні базового, а у другий – на 5% нижче. Причина цього, імовірно, полягає в зміщенні строків на більш ранні дати, коли відзначаються більш сприятливі умови зволоження (запаси вологи у ґрунті вище практично в 1,5 рази).

Таблиця 3 – Агрокліматичні умови вегетаційного періоду винограду

Сорт	Період	$\sum R$, мм	T_{cp} , °C	Деф. звол.	E_0	E_f	E_f/E_0
Південний Степ							
Загрей	1986–2005	244	19,5	1309	529	309	58
	2011–2030	160	20,9	1460	574	263	46
	2031–2050	159	20,8	1583	616	278	45
Рубін Таїровський	1986–2005	252	19,4	1356	603	291	48
	2011–2030	166	21,2	1558	673	287	43
	2031–2050	163	21,0	1666	717	276	38
Північний Степ							
Загрей	1986–2005	299	16,8	1287	532	331	62
	2011–2030	257	18,9	1295	512	291	57
	2031–2050	251	19,4	1327	526	333	63
Рубін Таїровський	1986–2005	305	16,6	1305	587	335,7	57
	2011–2030	267	18,7	1341	582	330,4	57
	2031–2050	257	19,3	1506	647	335	52

При зміні агрокліматичних умов вирощування винограду змінюються і показники фотосинтетичної діяльності виноградної рослини, які визначають її врожайність. Одним з таких показників, згідно із теорією фотосинтетичної продуктивності рослин [1] є приріст рослинної біомаси на одиницю площі.

Відзначається зміна приросту біомаси виноградного куща сортів Загрей та Рубін Таїровський за сценарієм А1В в Південному Степу (рис.1а і б). За першим сценарним

періодом у сорта Загрей прирости біомаси на протязі всього періоду вегетації будуть нижче за базовий, а період нарощування біомаси буде тривати до восьмої декади вегетації. Потім очікується менш інтенсивний приріст і на дванадцяту декаду вегетації відзначається зниження приросту практично в два рази, а на тринадцяту – в п'ять разів.

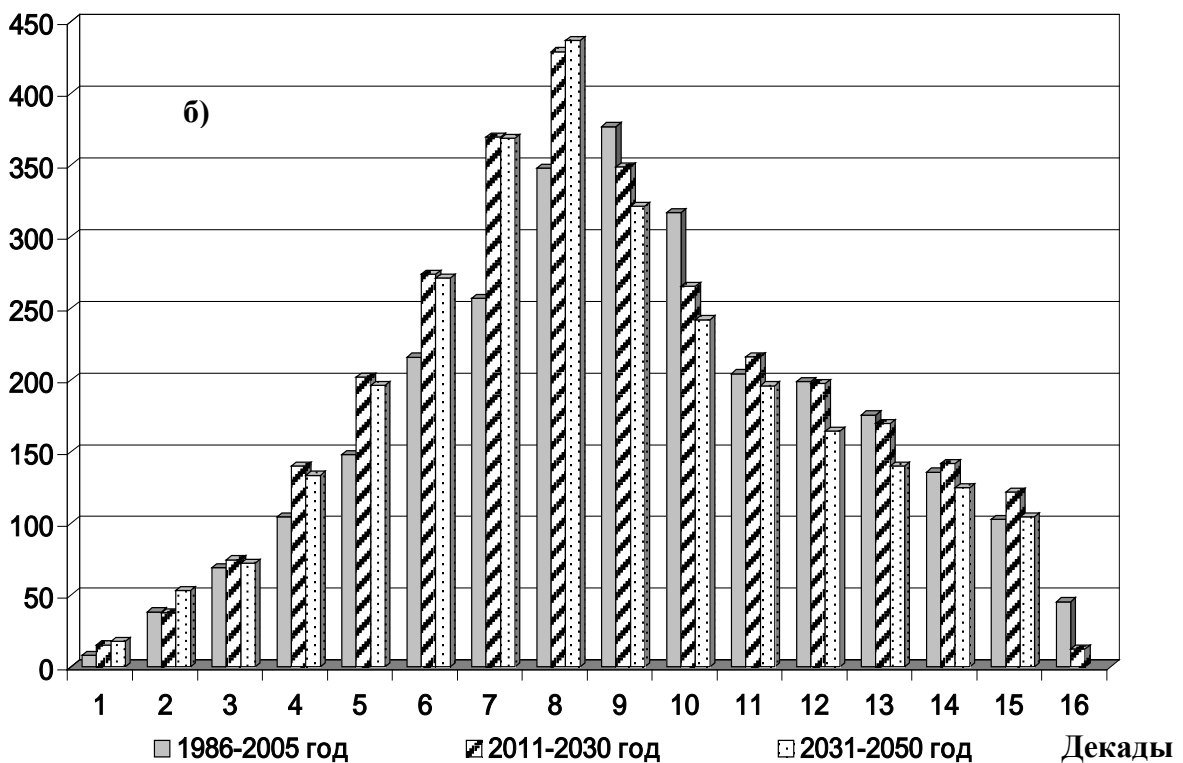
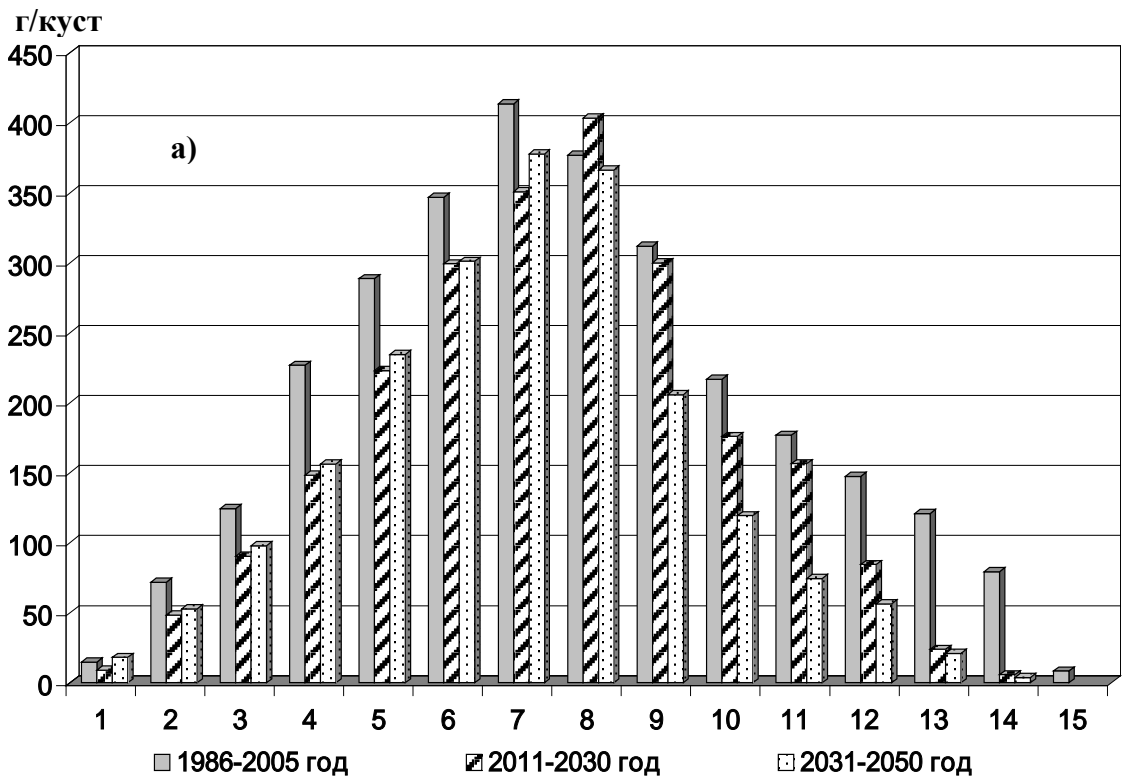


Рис.1. – Динаміка формування загальної біомаси винограду сорту Загрей. а) Південний Степ, б) Північний Степ.

За другим сценарним періодом, в першій половині вегетації прирости будуть меншими за базовий, але більш інтенсивними, ніж у перший період. У другій половині зниження приростів буде більш значним, ніж у кліматичний період 2011-2030гг. В Північному Степу (рис.1а) в першій половині вегетації (перший і другий міжфазні періоди) інтенсивність росту вище, ніж в базовий. В другій половині вегетації: в третій міжфазний період прирости зберігаються на більш високому рівні, ніж в базовий; у четвертий - очікуються зниження приростів. У сорта Рубін Таїровський в Південному Степу (рис. 2а) в перший період в першій половині вегетаційного періоду очікується

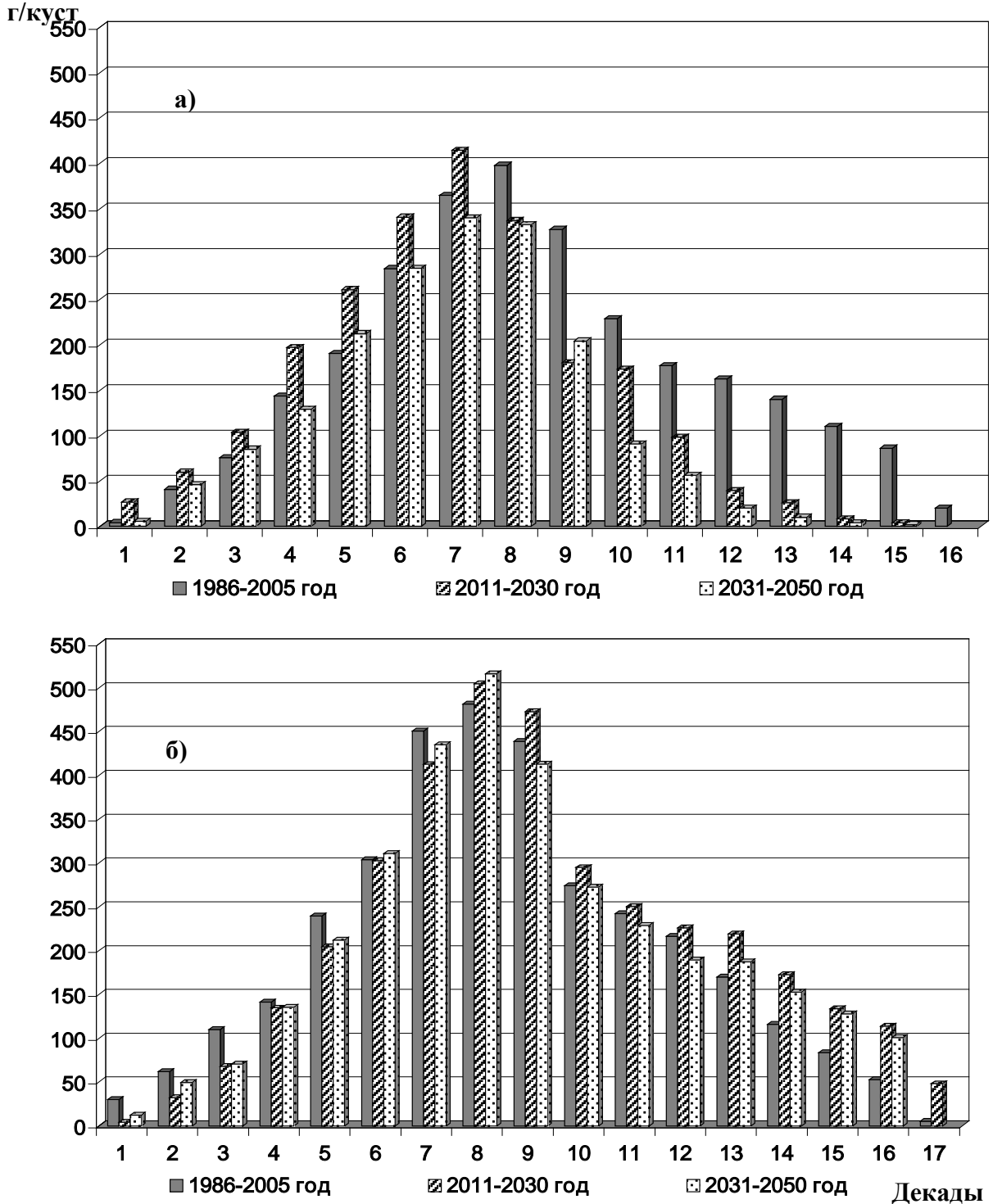


Рис. 2. – Динаміка формування загальної біомаси винограду сорту Рубін Таїровський. а) Південний Степ, б) Північний Степ.

більш інтенсивний ріст, ніж у базовий період, однак у другій половині вегетації інтенсивність приросту скоротиться практично в два рази. У другий період приріст біомаси впродовж всієї вегетації буде менше інтенсивним, ніж в базовий період. В Північному Степу менш інтенсивний приріст в першій половині вегетації зміниться більш інтенсивним - в другій половині в обидва сценарні періоди. Однак в перший період слід очікувати більш інтенсивний приріст.

Виконані розрахунки та проведено аналіз зміни урожайності ягід винограду в умовах зміни клімату (рис.3). Очікується, що в Південній підзоні Степу в більш спекотних та

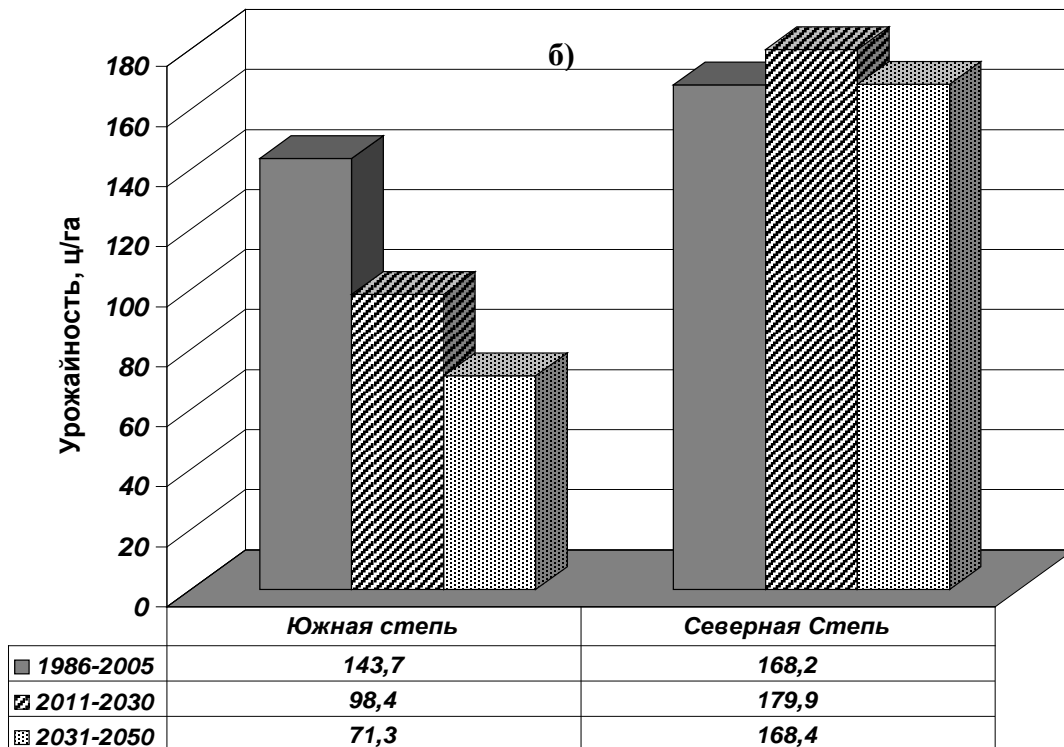
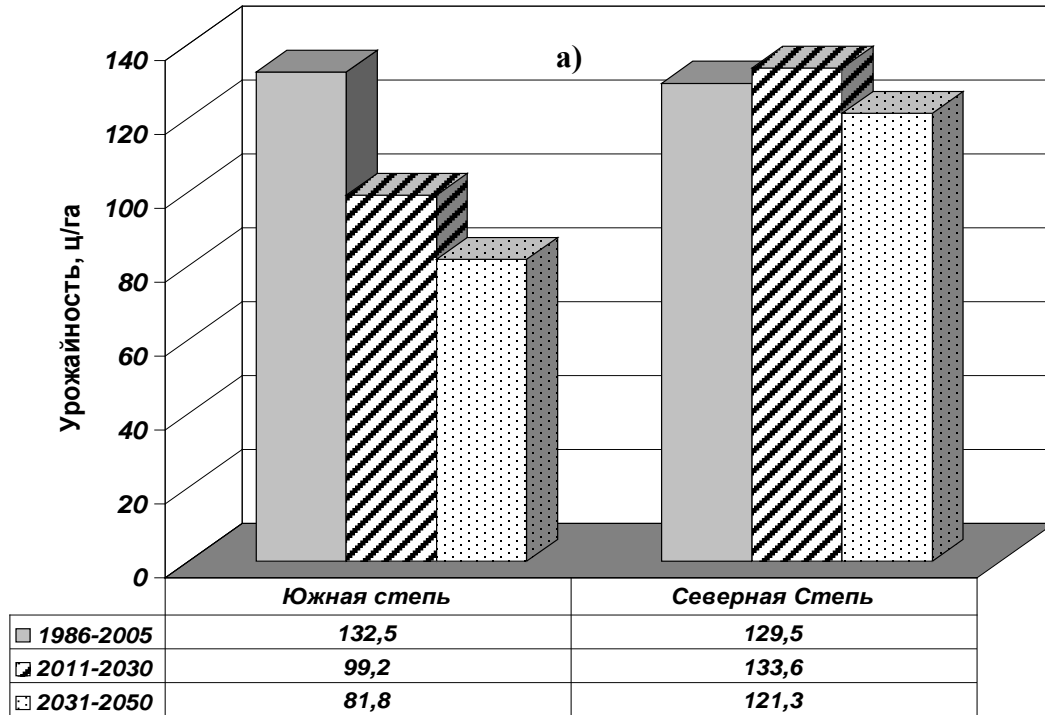


Рис. 3. – Урожайність технічних сортів винограду: а) Загрей; б) Рубін Таїровський.

посушливих агрокліматичних умовах в обох розглянутих сценарних періодах агрокліматичні умови першого сценарного періоду будуть сприяти збільшенню врожаю ягід на 0,41 т/га у сорта Загрей і на 1,17т/га - у сорта Рубін Таїровський. В другий сценарний період врожай ягід у сорта Загрей знизиться на 0,82т/га, а у сорта Рубін Таїровський врожайність практично не зміниться.

Висновки. Проведене дослідження показало, що за реалізації кліматичних сценаріїв слід очікувати зміщення строків розвитку винограду на більш ранні дати та скорочення періоду вегетації винограду; агрокліматичні умови другої половини вегетації будуть більш спекотними та посушливими. На основі оцінки агрокліматичних умов вегетаційного періоду винограду по кліматичних періодах є підстава вважати підзону Південного Степу менш сприятливою для вирощування технічних сортів винограду, а більш сприятливими для винограду очікуються умови підзони Північного Степу. Найбільш раціональним в природних умовах буде розміщувати виноградники технічних сортів в північній частині Причорноморського регіону України.

Список літератури

1. *Амирджанов А.Г.* Солнечная радиация и продуктивность виноградника. – Л.: Гидрометеиздат, 1980 – 210 с.
2. *Ляшенко Г.В.* Агро- и микроклиматическое обоснование размещения сельскохозяйственных культур в Украине (на примере винограда) // Виноградарство і виноробство. – Одеса, ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2005. - Вип. 42, С. 87-95.
3. *Ляшенко Г.В. Жигайло Т.С* Влияние погодных условий 2012 и 2013 годов на продуктивность винограда сортов Загрей и Рубин Таировский. // Виноградарство і виноробство. – Одеса, ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2013. - Вип. 50, С. 38-44.
4. *Полевой А.Н. Ляшенко Г.В.* Структура моделі оцінки агрокліматичних умов формування продуктивності сільськогосподарських культур // Культура народів Причерноморья. – 2006. – №86. – С. 140-144.
5. *Степаненко С.М., Польовий А.М.* Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. – Одеса: Екологія, 2011 – 693с.
6. *Jones, G.V., Duchene, E., Tomasi, D., Yuste, J., Braslavksa, O., Schultz, H., Martinez, C., Boso, S., Langellier, F., Perruchot, C., and G. Guimberteau (2005b).* Changes in European Winegrape Phenology and Relationships with Climate, GESCO 2005.

Оценка влияния изменения агроклиматических условий на формирование продуктивности технических сортов винограда в северном причерноморье.

Ляшенко Г.В., Жигайло Т.С..

Рассматривается изменение агроклиматических условий возделывания винограда в Северном Причерноморье. Выполнена оценка смещения дат фаз вегетации технических сортов винограда при реализации климатических сценариев. На основе модели разработанной авторами выполнена оценка урожайности в связи с возможным изменением климата.

Ключевые слова: виноград, продуктивность, математическая модель, изменение климата.

Assessment of impact the change of agro-climatic conditions to wine grapes productivity forming in the northern black sea region.

Laysenko G.V. Zhygailo T.S.

It is considered the agro-climatic conditions changing of grape growing in the Northern Black Sea. The estimation of wine grapes vegetative phase's dates offset in the implementation of climate scenarios was done. Based on a model developed by the authors the yield estimated due to potential climate change.

Keywords: grapes, productivity, mathematical model, climate change.