

## ФОРМУВАННЯ ЗРОШУВАНОЇ БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ АГРОЕКОСИСТЕМИ У СУХОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

**КНИШ В.В.** – аспірант

*orcid.org/0000-0002-3220-9883*

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**САЙДАК Р.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-0213-0496*

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**СОРОКА Ю.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0001-6228-4131*

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**ТАРАРИКО Ю.О.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,

академік Національної академії аграрних наук України

*orcid.org/0000-0001-8475-240X*

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Основне завданням функціонування кожної агроєкосистеми – забезпечення продовольчої безпеки держави із збереженням навколишнього середовища. Враховуючи, що агроєкосистема являє собою сукупність абіогенних та біогенних компонентів, що взаємодіють між собою на певній території, доцільно провести моделювання варіантів розвитку галузевої структури агропідприємств у розрізі регіонів з метою пошуку та встановлення раціонального поєднання галузей, оптимального використання наявних ресурсів, подальшого прогнозування ефективності діяльності та забезпечення їх сталого розвитку. Доцільність проведеного у роботі моделювання на прикладі базового господарства у зоні Сухого Степу України пояснюється опрацюванням управлінських рішень ще до реального втілення в практику складних систем, для яких фізичний (натуральний) експеримент є утрудненим або взагалі економічно не вигідним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Перспективні варіанти розвитку галузевої структури у степовій зоні необхідно розробляти з урахуванням наявності значних теплових ресурсів з тенденцією до їх зростання [1]. В цих умовах основний лімітуючий продуктивність сільськогосподарських угідь фактор – умови зволоження [2]. Водночас виробничі затрати на зрошення досить високі і по різних зрошувальних системах залежно від вартості води, електроенергії, стану системи зрошення (амортизація) та інших складових можуть сягати 1 тис. і більше у.о. на гектар [3]. Тому для отримання прийнятних економічних показників за дощування потрібно мати високий рівень агротехніки і врожайності вирощуваних культур: пшениці озимої не менше – 6 т/га, кукурудзи – 7 т/га, сої, ріпаку, соняшнику – 3 т/га, томатів – 60 т/га [4]. Інтенсивні технології краплинного зрошення забезпечують порівняно із богарними умовами вирощування збільшення продуктивності овоче-баштанних культур і картоплі в середньому у 5 разів, кукурудзи – у 3,4 рази, сої – у 2,2 рази, буряку цукрового – у 2,4 рази, лікарської сировини – майже 4 рази [5]. Чистий прибуток при цьому може сягати 700 і більше у.о./га. Крім того економічно доцільним

може бути вирощування овочів, технічної коноплі, ряду лікарських рослин, тютюну, лаванди, рози ефіроолійної, тощо [6; 7; 8].

З іншого боку будівництво або реконструкція систем зрошення вимагає значних капітальних затрат, що можуть сягати 2–3 тис. у.о./га [9]. Тому за суто рослинницької галузевої структури та збереження сучасної практики виробництва зерна відновлювати систем зрошення проблематично. Це пов'язано з досить тривалим терміном окупності залучених фінансових ресурсів, зокрема у період налагодження ефективної роботи меліоративної системи [10]. В таких умовах агровиробниками здійснюється пошук більш доцільних та економічно привабливих напрямків. Здебільшого цей процес реалізовується інтуїтивно, виходячи з наявного досвіду або випадково отриманої інформації. До того ж управлінський персонал сільськогосподарських підприємств, як правило, зосереджується на поточних елементах технологічних процесів в системі виробництва без аналізу перспектив їх розвитку на основі довгострокового планування з високою точністю і прогнозованістю [11; 12]. В результаті вузька галузева спрямованість як правило недостатньо себе виправдовує з економічних, екологічних і соціальних міркувань. Тому в зоні зрошення нині актуальною є розробка систем аграрного виробництва, що забезпечать трансформацію потенціалу біопродуктивності в продукцію високого рівня ліквідності і прибутковості [13; 14].

**Мета статті** – запропонувати перспективні системи аграрного виробництва для ДП «ДГ «Андріївське» Білгород-Дністровського району Одеської області з відновленням меліоративних систем, збалансованою трансформацією біомаси в енергетичні ресурси, якісні і доступні продукти харчування, сировину для технічних потреб та в органічні добрива. Також для виконання поставленої мети стояло завдання визначити організаційно-економічні умови досягнення високої економічної ефективності, екологічної сталості і соціальної привабливості цього сільськогосподарського підприємства.

**Матеріали та методика досліджень.** Об'єкт досліджень – Державне підприємство «Дослідне господарство Андріївське» Білгород-Дністровського району

Одеської області, що входить в систему Національної академії аграрних наук. Площа орних земель в підприємстві становить 5124 га.

Кліматичні зміни в регіоні оцінювали за показниками середньорічної і помісячної температура повітря, суми опадів, гідротермічного коефіцієнту (ГТК), стандартизованого індексу опадів (SPI), кліматичного водного балансу (КВБ) [15; 16; 17].

Комп'ютерне багатоваріантне імітаційне моделювання здійснювалося за допомогою програмного модуля «Агроєкосистема» [18] комплексу «Агроресурси». Розглядалися наступні варіанти розвитку підприємства:

Модель № 1 – «Сучасна практика без зрошення».

Модель № 2 – «Модель № 1 + переробка продукції тваринництва».

Модель № 3 – «Модель № 2 + продуктивність корів 10 тис. л молока».

Модель № 4 – «Модель № 3 + щільність ВРХ 0,4 ум. гол./га».

Модель № 5 – «Модель № 4 + щільність ВРХ 0,6 ум. гол./га».

Модель № 6 – «Зрошення 3030 га – соняшник, соя, кукурудза».

Модель № 7 – «Модель № 6 + максимально можлива щільність ВРХ».

Модель № 8 – «Модель № 7 + біогазові установка».

Модель № 9 – «Модель № 8 + цукрові буряки».

Модель № 10 – «Модель № 9 + зрошення 5124 га».

Модель № 11 – «Модель № 10 + органічне землеробство».

Економічну ефективність Моделей визначали за показниками: капітальні затрати на інфраструктуру, технологічні виробничі витрати, валовий дохід від реалізації отриманої продукції, чистий прибуток [19].

**Результати досліджень.** За систематичного зростання температурного режиму на більшості сільськогосподарських територій України відбувається погіршення умов зволоження, що супроводжується зниженням сталості землеробства [20]. Особливо це стосується південних регіонів, зокрема Сухого Степу України. Порівняно з 1961–1990 рр. за 1991–2021 рр. середньорічна температура повітря на цій території підвищилась на 1,3°C. Середньорічна кількість опадів за 1961–2021 рр. у південно-західній частині Одеської області становив 497 мм. Узагальнені дані [21; 22; 23] свідчать, що ведення сталого високопродуктивного сільськогосподарського виробництва в умовах України можливе коли вказаний показник не менше 600 мм. Така кількість опадів відзначалася в регіоні за останні 30 років лише в чотирьох випадках, тобто з імовірністю лише 13% або 1 раз на 10 років. Водночас, стійке підвищення температурного режиму призводить до посилення випаровування з постійним погіршенням умов зволоження.

Одним з основних показників оцінки вологозабезпечення, що враховує опади та температурний режим, є гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) [24]. Якщо в 1961–1990 рр. середнє значення ГТК становило 0,87 то в 1991–2021 рр. – 0,74, тобто знизилось на 15%, тоді як сума опадів за вказаний період зменшилась на 10%.

Ще одним поширеним і рекомендованим ВМО показником оцінки опадів і посухи є стандартизований індекс опадів (SPI) [25]. Даний показник розраховується за тривалий період часу в розрізі одномісячного та більше інтервалу. Зазвичай використовують одно-, три-, шести- і дванадцятимісячні інтервали. Щомісячна оцінка умов зволоження впродовж року за показником SPI свідчить про значне зниження випадків із екстремально вологими умовами (на 63%) і збільшення в 2,5 рази випадків із сильною посухою.

Зважаючи на глобальні та регіональні кліматичні зміни, які супроводжуються погіршенням вологозабезпечення території України, головним заходом є штучне регулювання водно-повітряного режиму з використанням меліорованих систем. В даному випадку йдеться про Білгород-Дністровську зрошувальну систему в межах якої розташоване різногалузеве сільськогосподарське підприємство землі якого в минулому були поливними. Нині у цьому землекористуванні відбувається відновлення внутрішньогосподарської зрошувальної інфраструктури. Оптимізація умов зволоження дасть змогу значно підвищити продуктивність орних земель, а впровадження біоенергетичної системи аграрного виробництва буде супроводжуватися кардинальним підвищенням ефективності використання наявного агроресурсного потенціалу.

Зрозуміло, що варіантів і сценаріїв вдосконалення виробничої структури ДП «ДГ Андріївське» може бути безліч. Але ті, що запропоновані до розгляду дають змогу на простих прикладах уявити і об'єктивно оцінити можливості сучасних інформаційних технологій, зокрема оперативного багатоваріантного комп'ютерного моделювання різних сценаріїв функціонування сучасних аграрних виробничих систем. Головна перевага таких технологій – здійснення об'єктивної всебічної оцінки і більш повної реалізації можливостей комплексного вирішення основних трьох завдань: кардинального підвищення продуктивності підприємства, досягнення екологічної рівноваги в агроєкосистемі та створення комфортних умов життя для сільського населення [26; 27; 28]. З цієї точки зору розглядаються викладені у методиці проведення досліджень варіанти розвитку підприємства.

**Модель № 1.** В структурі посівних площ підприємства частка озимих зернових у продовж останніх 5 років коливалася у межах 35–50% та соняшнику – 25–35% та решта інші культури. Співставлення цих показників з середніми обласними свідчить про те, сучасна практика ведення аграрного виробництва окремих сільськогосподарських підприємств мало відрізняється та характеризується використанням сівозміни: 1, 2 – озимі зернові; 3 – соняшник; 4 – зернобобові та інші культури. Це пояснюється високими ризиками отримання позитивного ефекту при вирощуванні кукурудзи, сої, овочевих, ріпаку в умовах нестійкого зволоження. Озимі зернові добре використовують осінньо-зимові опади, а соняшник стійкий до дефіциту вологи і навіть за низької врожайності є практично завжди рентабельним. В умовах наростання теплового режиму перспективним може бути вирощування озимого гороху і ріпаку.

Врожайність озимих пшениці і ячменю по ДП «ДГ Андріївське» коливалася від 12,7 до 40,7 ц/га і у середньому становила майже 29 ц/га, зокрема пшениці озимої – 13,9–46,8 із середнім значенням – 38 ц/га, соняшнику – 4,0–15,7 із середнім значенням 11,9 ц/га, гороху 4,8–23,1 із середнім значенням 10,9 ц/га.

Нині у ДП «ДГ Андріївське» для забезпечення дійного стада у 80 корів продуктивністю 4 тис. л молока на рік з відповідною кількістю телят і нетелів необхідною кількістю кормів за середньої за 5 років врожайності кормових культур 120 ц/га зеленої маси потрібно щорічно використовувати 250 га ріллі.

**Модель № 2.** За розрахунками наявне поголів'я ВРХ дає змогу отримувати щороку більше як 300 т молока та біля 50 т живої ваги відгодюваних бугайців і вибракуваних корів. Як приклад припускається, що результатом переробки молока будуть твердий сир 30% жирності і вершки 20% жирності. Якщо уміст жиру в молоці 3,5% та розподіл між вершками і сиром буде відповідно 1,2 та 2,3% то на виході можна отримати 21 т вершків і 27 т сиру. Виробництво яловичини і телятини буде на рівні 20 т.

**Модель № 3 – «Модель № 2 + продуктивність корів 10 тис. л молока».** Для досягнення рівня 9-10 тис. л першою умовою є закупівля маточного поголів'я або організація цілеспрямованої селекційної роботи. Крім того потрібно підбирати спеціальні раціони годівлі тварин.

При цьому слід зважати на те, що за продуктивності дійної корови, наприклад, 4 тис. л молока на рік на 1 його літр витрачається приблизно 1 к. од. кормів, за продуктивності 6 тис. л на рік витрачається 0,8 к. од., за продуктивності 10 тис. л молока на рік – 0,6 к. од.

Існує також аспект вартості інфраструктури з утримання тварин. Наприклад, при завданні виробництва 30 тис. т за продуктивності тварин 6 тис. л потрібно будувати комплекс на 5 тис. голів дійного стада, за продуктивності ж 10 тис. л – відповідно на 3 тис. голів. У цілому збільшення продуктивності дійного стада до 10 тис. л молока на рік дасть змогу підвищити виробництво молока з 300 до 800 т, вихід вершків зросте до 50 т, сиру до 60 т.

**Модель № 4.** Даний сценарій розглядається для порівняння прибутковості рослинництва і тваринництва, встановлення пріоритетності розвитку тваринництва або створення системи зрошення. Якщо призначені для відновлення меліоративної системи кошти використати на розвиток інфраструктури молочного скотарства то чисельність дійного стада зросте до 830 голів. Це дасть змогу збільшити валове виробництво молока до 8 тис. т, жива вага ВРХ сягне 280 т виходом вершків 500 т, сиру – 600 т та телятини і яловичини – 100 т.

**Модель № 5.** Сценарій розглядається для оцінки можливостей максимального розвитку тваринництва щодо потенціалу отримання кормів з усієї площі ріллі без зрошення. За сучасної врожайності вирощуваних культур отримана біомаса за умови забезпечення оптимальних раціонів годівлі тварин та їх високої продуктивності дасть змогу утримувати 1200 дійних корів, 600 нетелів і порядку 1700 телят. Відповідно потрібно буде розширити усі складові інфраструктури: тваринницькі ферми

і обладнання, споруди для зберігання кормів і органічних добрив, модулі з переробки сировини, складські приміщення, тощо. Це дасть змогу на кінцевому етапі виробничого циклу трансформувати рослинну біомасу у 720 т вершків, 910 т сиру та 160 т м'яса.

**Модель № 6.** Цей варіант розглядається для аналізу ефективності впровадження зрошення за рослинницької галузевої структури аграрного виробництва. За даними ТОВ «Іррігатор Україна», що комплексно здійснює проектування та будівництво меліоративних систем, площа придатних для зрошення земель у підприємстві становить 3030 га. Вважається, що максимально ефективно використовувати меліоровані землі можна за допомогою комбінованої системи зрошення: інтеграції дощувальних машин (2430 га) та краплинного зрошення (600 га). За поливу дощувальними машинами планова врожайність кукурудзи становить 10 т/га, сої – 4 т/га, соняшнику – 3,5 т/га. Передбачається, що при використанні краплинного зрошення врожайність цих культур буде вищою при поливі дощуванням у 1,5 рази.

**Модель № 7.** Даний варіант розглядається для встановлення можливостей розширення тваринницької галузі відповідно до максимальних обсягів виробництва основних і концентрованих кормів як на 3030 га зрошення, так і на 2094 га богари. В результаті валове виробництво молока сягне 36 тис. т, живої ваги ВРХ – 1260 т. Після переробки щорічно можна буде отримувати 2,3 тис. т вершків, 2,9 тис. т сиру, 500 т м'ясопродуктів.

**Модель № 8.** Зрозуміло, що за навантаження на 1 гектар ріллі 3 умовні голови ВРХ у підприємстві будуть накопичуватися значні обсяги відходів тваринництва. Якщо прийняти, що приблизно половина сухої речовини кормів трансформується у гній, то з урахуванням надлишків соломи і зіпсованих у процесі зберігання основних кормів (20%), його щорічні обсяги в перерахунку на 75% вологість сягатимуть 130 тис. т або 26 т/га. Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу достатньо 10-12 т/га.

З іншого боку, свіжий гній є цінною сировиною для отримання тепло- та електроенергії. Саме для оцінки доцільності доповнення інфраструктури біоенергетичним комплексом розглядається цей варіант. Під час газогенерації біомаса буде трансформуватися у 12 млн м<sup>3</sup> біогазу. При його спалюванні на тригенераційній теплоелектростанції з кожного м<sup>3</sup> отримується 2,4 кВт-год електроенергії та 2,8 кВт-год. тепла або холоду, а з усієї наявної енергетичної сировини відповідно 30 млн. кВт-год електрики та 35 тис. Гкал тепла. При цьому приблизно половина сухої речовини усіх відходів залишається нерозкладеною і буде використовуватися як органічне добриво (дегістат або біогумус) в якому зосереджені усі вивінені з ґрунту макро- і мікроелементи.

**Модель № 9.** Сценарій розглядається для оцінки доцільності введення у сівозміну цукрових буряків та залучення в інфраструктуру міні-цукрозаводу. Врожайність цієї культури за краплинного зрошення перевищує 120 т/га коренеплодів. Нами для розрахунків була прийнята продуктивність 80 т/га при використанні дощування. За кормової цінності кукурудзи на си-лос 0,18 к. од./кг з 1 га буде отримано приблизно

14 т к.од./га. Аналогічними за сумарною поживністю будуть отримані з одного гектара гичка, жом і меляса з додатковим виробництвом цукру. Отже даний сценарій передбачає залучення до інфраструктури цукрового заводу переробки 200 т коренеплодів на добу. Це дасть змогу додатково до передбаченого Моделлю № 8 асортименту отримувати 7,0-7,2 тис. т цукру.

**Модель № 10.** Варіант галузевої структури, що передбачає поширення меліоративної системи на усі 5124 га ріллі підприємства за рахунок підґрунтового краплинного зрошення. З них зернові будуть займати 2200 га, кормові – 1644 га і цукрові буряки – 1280 га. Це дасть змогу істотно розширити кормову базу тваринництва і збільшити чисельність молочного стада до 6,7 тис. голів. Відповідно валове виробництво молока сягне 65 тис. т, живої ваги ВРХ – 2,1–2,2 тис. т. На виході щорічно можна буде отримувати 1,3-1,4 тис. т олії, близько 12 тис. т цукру, майже 10 тис. т молочних продуктів та 0,8-0,9 тис. т телятини і яловичини.

**Модель № 11.** За впровадження у практику запропонованої вище галузевої структури за межі підприємства з готовою продукцією будуть вилучатися лише

жири, білки, вуглеводи, що у своєму молекулярному складі переважно мають вуглець, кисень, водень і азот (складові атмосферного повітря). Уміст в них мінеральних макро- і мікроелементів мізерний і майже усі вони повертаються у ґрунт з органічними добривами після газогенерації. Наприклад, рециркуляція фосфору і калію в такій виробничій системі буде відповідно 95 і 99%. Крім того в структурі посівних площ багаторічні бобові трави будуть займати не менше 20%, що забезпечить, з урахуванням вмісту азоту в органічних добривах, значно позитивний баланс цього елемента без застосування мінеральних промислових туків. Чергування культур у сівозмінах з оптимальними попередниками (частка бобових сої і люцерни 30–35%), повне знезараження усіх відходів в процесі метанового бродіння будуть супроводжуватися систематичним покращенням фітосанітарного стану агроєкосистеми. Це дасть змогу відмовитися від мінеральних добрив і впровадити систему біологічного захисту рослин. Таке положення зробить доцільним здійснити перехід на засади органічного землеробства і у цілому виробництва з відповідними сертифікацією і маркуванням отриманої продукції.

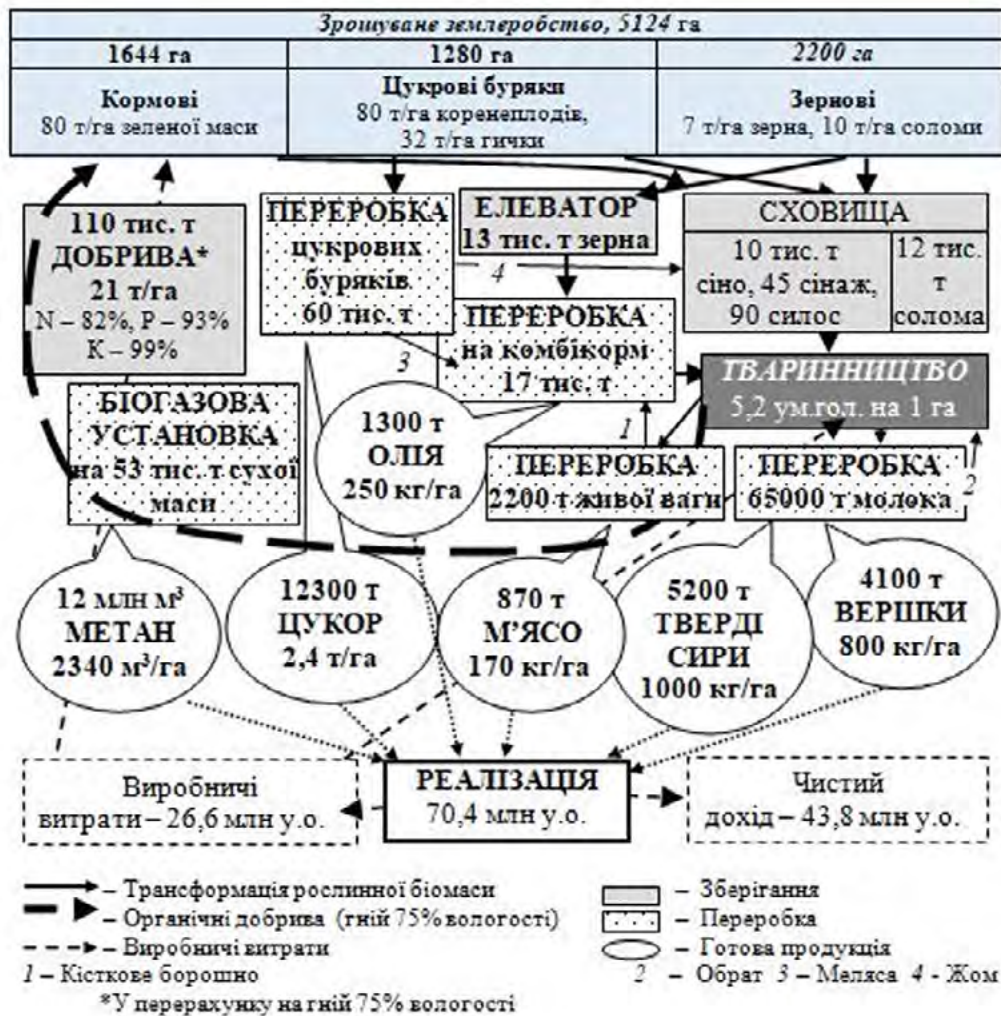


Рис. 1. Схема одного з перспективних варіантів галузевої структури ДП «ДГ Андріївське»

При цьому сертифікація і реалізація органічної продукції в порівнянні із стандартними технологіями дасть змогу значно підвищити прибутковість аграрного виробництва без додаткових капітальних затрат.

Зрозуміло, що варіантів вдосконалення виробничої діяльності підприємства може бути незліченна кількість. Однак обрані для аналізу гіпотетичні варіанти ґрунтуються на багаторічних експериментальних і теоретичних дослідженнях, сучасних технологічних досягненнях та можливостях використання фінансових ресурсів. Їх порівняння за економічними показниками дає змогу у першому наближенні проаналізувати особливості функціонування окремих складових аграрного виробництва як окремо, так і в єдиній системі.

За даними Держкомстату ціна реалізації молока і живої ваги ВРХ у середньому за 5 років становить 327 і 1215 у.о./т. Собівартість цієї продукції відповідно складає 1926 та 257 у.о./т. Відтак, чистий прибуток від галузі молочного скотарства знаходиться на нульовому рівні. Розрахункова прибутковість рослинництва за усередненими багаторічними показниками урожайності вирощуваних культур становить 190 у.о./га. Таким чином, за поточної практики ведення виробничої діяльності (Модель № 1) щорічний чистий дохід у середньому складає порядку 1 млн у.о. Ці параметри прибутковості є базовими для порівняння з більш складними сценаріями розвитку підприємства.

Згідно з Моделлю № 2 потрібно придбати модуль з переробки виробленого молока потужністю 1 т на добу, що також передбачає монтаж складського приміщення з регулюванням температурного режиму в процесі збері-

гання готової продукції (табл. 1). Мінімальна потужність м'ясопереробного цеху становить 3–4 голови ВРХ на добу. Однак максимальний приріст живої ваги на підприємстві склав 28 т у 2019 році, що на цьому етапі робить організацію переробки м'яса недоцільною. За цим сценарієм орієнтовні сумарні капітальні затрати на вказані складові приймалися у 100 тис. у.о. Розрахунково на утримання однієї дійної корови зі шлейфом витрачається 1,4 тис. у.о. на рік. З урахуванням витрат на переробку молока, накладних витрат і ПДВ річні виробничі видатки становитимуть 200–210 тис. у.о. (табл. 2), валовий дохід від тваринництва становитиме 280 тис. у.о. із забезпеченням його прибутковості на рівні 70–80 тис. у.о. (табл. 3, 4). Тобто, окупність капітальних вкладень за рахунок виробленої продукції – 1 рік.

З метою значного підвищення продуктивності дійного стада фінансові затрати на придбання 80 високопродуктивних тварин становитимуть 220–225 тис. у.о. Поточні витрати на виробництво залишаться на рівні попередньої моделі – 2,4 млн у.о. При цьому валовий дохід від рослинництва становитиме 3 млн у.о. та від тваринництва – 0,6 млн у.о. Чистий прибуток зросте з 1,0 до 1,3 млн у.о. або з 190 до 250 у.о./га (табл. 4). Це свідчать про економічну значимість істотного підвищення продуктивності дійного стада (Модель № 3) – за відносно невисоких затрат прибутковість виробництва зросте на 50–60 у.о./га з короткими термінами їх окупності.

Згідно з розробленим ТОВ «Ірригатор Україна» бізнес-планом для створення системи зрошення у ДП «ДП Андріївське» на площі 3300 га потрібно витратити майже 5,4 млн у.о. Такий рівень капіталовкладень

Таблиця 1

## Потужності складових інфраструктури та їх орієнтовна вартість

Складові інфраструктури	Моделі									
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10–11	
Складові										
Система зрошення, га	–	–	–	–	3030	3030	3030	3030	5124	
Комплекс ВРХ, тис. ум. гол.	–	–	2,0	2,8	–	9,3	9,3	10,5	15,9	
Переробка молока, т на добу	1	2	20	30	–	100	100	110	180	
Переробка м'яса, т ж.в. на рік	–	–	0,3	0,4	–	1,3	1,3	1,4	2,2	
Елеватор, тис. т	–	–	–	–	15	5	5	5	10	
Склад готової продукції, тис. т	0,1	0,2	1,3	1,8	0,12	6,0	6,0	6,5	10,3	
Цукрозавод, тис. т коренів на рік	–	–	–	–	–	–	–	60	100	
Сховище для кормів, тис. т сухої речовини (с.р.)	–	–	2	11	–	35	35	40	65	
Сховище для органічних добрив, тис. т с.р.	–	–	–	12	–	35	18	20	42	
Біогазова установка, тис. т с.р.	–	–	–	–	–	–	35	36	53	
Вартість, млн у.о.										
Система зрошення	–	–	–	–	5,4	5,4	5,4	5,4	15,6	
Комплекс ВРХ	–	–	2,6	3,6	–	11,1	11,1	12,7	19,0	
Маточне поголів'я	–	0,2	1,6	2,2	0,2	7,3	7,3	8,3	12,5	
Переробка молока	0,1	0,1	0,7	0,9	0,1	2,9	2,9	3,2	5,1	
Переробка м'яса	–	–	0,1	0,1	–	0,3	0,3	0,4	0,5	
Елеватор, склад продукції	–	–	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,7	
Цукровий завод	–	–	–	–	–	–	–	2,5	3,5	
Сховища для кормів і коренеплодів	–	–	0,3	1,4	–	4,6	4,6	5,8	8,9	
Сховища для органічних добрив	–	–	–	1,6	–	4,4	0,9	0,7	1,0	
Біогазова установка	–	–	–	–	–	–	8,0	9,0	13,5	
Всього капітальних затрат	0,1	0,3	5,4	10,0	6,1	36,4	40,8	48,4	80,7	

дасть змогу побудувати повністю обладнаний комплекс ВРХ на 2 тис. ум. голів вартістю 2,6 млн у.о., закупити 850 голів високопродуктивного маточного поголів'я ВРХ на суму 1,6 млн у.о., поставити модулі

з виробництва і зберігання м'ясо-молочних продуктів потужністю 8 тис. т молока і 0,3 тис. т живої ваги ВРХ на 0,8 млн у.о., побудувати сховища на суму 0,4 млн у.о. (табл. 1).

Таблиця 2

## Структура затрат на виробництво, млн у.о.

Статті затрат	Моделі								
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10–11
Виробництво зерна	2,2	2,1	0,6	–	5,1	–	–	–	–
Утримання тварин	0,1	0,1	1,2	1,7	0,1	5,5	5,5	6,2	9,4
Переробка молока	0,02	0,02	0,3	0,4	0,02	1,1	1,1	1,3	1,9
Переробка м'яса	–	–	0,1	0,2	0,01	0,5	0,5	0,6	0,8
Виробництво цукру	–	–	–	–	–	–	–	0,7	1,2
Експлуатація БГУ	–	–	–	–	–	–	0,1	0,1	0,1
Експлуатація меліоративної системи	–	–	–	–	–	3,0	3,0	3,0	5,1
Накладні витрати	0,03	0,03	0,3	0,4	0,03	2,0	2,0	2,4	2,7
ПДВ	0,04	0,04	0,4	0,5	0,04	2,4	2,4	2,9	4,5
Разом	2,4	2,4	2,8	3,1	5,3	14,5	14,6	17,1	26,6

Таблиця 3

## Заплановані обсяги виробництва продукції

Види продукції	Моделі									
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10–11	
Зерно, тис. т	13	12	4	–	25	–	–	–	–	
Вершки, т	21	50	520	720	50	2300	2300	2600	4100	
Сир, т	27	60	660	910	60	2900	2900	3300	5200	
Жива вага*, м'ясопродукти	28*	28*	110	155	10	500	500	600	900	
Цукор, т	–	–	–	–	–	–	–	7200	12300	
Олія, т	–	–	140	190	–	1200	1200	1500	1300	
Метан	тис. м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–	7400	8000	12000	
	м <sup>3</sup> /га	–	–	–	–	–	1440	1560	2340	
Азот	т д.р.	–	–	150	210	–	700	700	760	1200
	кг/га	–	–	30	41	–	137	137	148	234
Фосфор	т д.р.	–	–	60	84	–	280	280	300	460
	кг/га	–	–	12	16	–	55	55	59	90
Калій	т д.р.	–	–	190	260	–	855	855	1000	1500
	кг/га	–	–	37	51	–	167	167	195	293

Таблиця 4

## Очікувані обсяги валового і чистого доходу, млн у.о.

Види продукції	Моделі										
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	
Площа під кінцеву продукцію, га	260	360	3700	5124	360	5124	5124	5124	5124	5124	
Валовий дохід із задіяної площі, млн у.о.	0,3	0,6	7,0	9,4	0,6	31,3	37,8	44,9	70,4	100,0	
у т.ч.: м'ясо-молочні продукти	0,3	0,6	6,2	8,6	0,6	27,7	27,7	31,0	49,2	74,0	
цукор	–	–	–	–	–	–	–	3,3	5,7	8,5	
олія	–	–	0,2	0,3	–	1,8	1,8	1,5	2,0	3,0	
добрива	–	–	0,4	0,6	–	1,8	1,8	2,0	3,1	3,1	
енергія	–	–	–	–	–	–	6,5	7,0	10,5	10,5	
Виробничі витрати	0,2	0,2	2,3	3,1	2,2	14,5	14,5	17,1	26,6	26,6	
Чистий дохід із задіяної площі	0,07	0,4	4,8	6,3	0,3	–	–	–	–	–	
Чистий дохід від реалізації зерна	1,0	0,9	0,3	–	2,1	–	–	–	–	–	
Чистий дохід	млн у.о.	1,0	1,3	5,1	6,3	2,5	16,8	23,2	27,8	43,8	72,3
	тис. у.о./га	0,2	0,3	1,0	1,2	0,5	3,3	4,5	5,4	8,6	14,1
Капітальні затрати	0,04	0,23	5,4	11,1	0,6	37,0	41,2	49,2	81,7	81,7	
Строк окупності, років	–	–	1	2	4	2	2	2	2	1	

Реалізація отриманої продукції принесе 7,7 млн у.о., витрати на виробництво – 2,8 млн у.о. Таким чином, інвестування у розвиток молочного скотарства дасть змогу збільшити чистий дохід до 4,8 млн у.о. або до майже 1000 у.о./га із строком окупності капітальних затрат 2 роки (Табл. 2, 3, 4).

У разі розширення інфраструктури тваринництва відповідно до сучасного потенціалу виробництва рослинної біомаси (без зрошення) економічні показники виробничої діяльності можна буде покращити в більшій мірі (Модель № 5). Таке положення забезпечить зростання прибутковості підприємства до рівня 6,3 млн у.о. або 1230 у.о./га з терміном окупності капітальних затрат 2 роки.

З урахуванням інвестицій 5,4 млн у.о. в систему зрошення (Модель № 6). Поточні щорічні витрати на виробництво продукції тваринництва складають близько 200–220 тис. у.о. На зрошенні собівартість кукурудзи за урожайності 110 т/га очікується на рівні 146 у.о./т, сої за урожайності 4,0 ц/га – 349 у.о./т, соняшнику за урожайності 3,5 т/га – 312 у.о./т, озимих зернових за урожайності 3,0 т/га – 146 у.о./т, ціна реалізації передбачається відповідно по культурах 200, 470, 500 та 200 у.о./т. За таких показників валовий дохід по підприємству буде становити 7,8 млн у.о., виробничі витрати – 5,3 млн у.о., чистий дохід 2,5 млн у.о. або 480 у.о./га, термін окупності капітальних затрат – 4 роки. З проведеного аналізу можна зробити висновок, що за наявності фінансових ресурсів на рівні 5,4 млн у.о. на цьому етапі їх доцільніше було б вкладати у розвиток виробництва продукції тваринництва із забезпеченням прибутковості на рівні

900 у.о./га ріллі та строком окупності капітальних затрат 2 роки. Водночас інвестування у створення меліоративної системи дасть змогу отримувати лише 500 у.о./га чистого прибутку.

У разі створення системи зрошення потенціал кормової бази на підприємстві дасть змогу утримувати 3,9 тис. дійних корів з продуктивністю 10 тис. л молока з середнім навантаженням 3 умовні голови на гектар (Модель № 7). Тобто комплекс ВРХ повинен бути розрахований на утримання 9,2–9,3 тис. умовних голів. Загальні капітальні вкладення на створення такої інфраструктури можна оцінювати у 36 млн у.о., зокрема на меліоративну систему – 5–6 млн у.о. (15%), комплекс ВРХ – 11–12 млн у.о. (31%), стадо ВРХ – 7 млн у.о. (20%), модулі із переробки продуктів тваринництва 3–4 млн у.о. (9%), сховища для кормів і органічних добрив – 9,0 млн у.о. (25%). Виробничі витрати передбачаються на рівні 14–15 млн у.о., валовий дохід складе 31–32 млн у.о., прибутковість підприємства сягне рівня 17 млн у.о. або 3–4 тис. у.о./га (попередній варіант – 0,5 тис. у.о./га).

Така система буде накопичувати приблизно 140 тис. т відходів тваринництва. Вартість біоенергетичного комплексу згаданої потужності буде достатньо високою – на рівні 8 млн у.о. Його залучення до інфраструктури дасть змогу збільшити валовий дохід на 6,5 млн у.о., виробничі витрати на її обслуговування становитимуть приблизно 0,1–0,2 млн у.о. на рік, що разом з іншими технологічними процесами і статтями видатків складе 14,6 млн у.о. В результаті прибутковість підприємства зросте до 23,2 млн у.о. або до 4,5 тис. у.о./га Модель № 8.

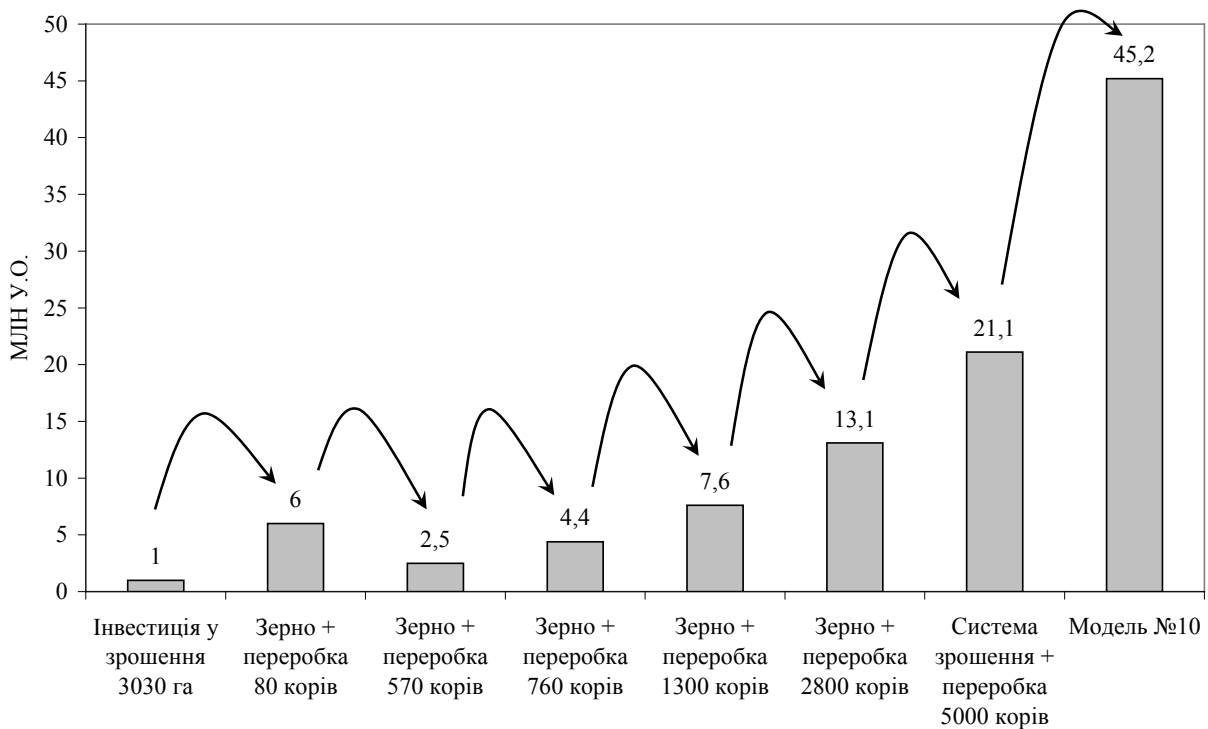


Рис. 2. Цілеспрямоване використання чистого прибутку для розвитку інфраструктури підприємства



Залучення до зрошуваної сівозміни цукрових буряків потребуватиме будівництва цукрового заводу потужністю 60 тис. коренеплодів на рік (Модель № 9). За цукристості коренеплодів 12% обсяги виробництва цукру будуть на рівні 7,2 тис. т на суму 3,3 млн у.о. В цілому по підприємству валовий дохід сягне 45 млн у.о., виробничі витрати складуть 17 млн у.о., чистий дохід буде на рівні 28 млн у.о. або 5,4 тис. у.о./га.

За бізнес-планом ТОВ «Ірригатор Україна» загальна вартість системи підгрунтового краплинного зрошення на площі 600 га складає 2,9–2,0 млн у.о. або в перерахунок на 1 га 4,9 тис. у.о. Отже є можливість меліоративну систему поширити на всю площу ріллі, тобто ще на 2094 га. Це потребуватиме додаткових капітальних затрат на рівні 10 млн у.о. Крім того за рахунок збільшення обсягів виробництва основних і концентрованих кормів значно підвищаться інші капітальні вкладення – до 80 млн у.о. Збільшаться і витрати на виробництво з 17 до 27 млн у.о. В результаті виробництво всіх видів продукції зросте в 1,5–1,7 рази, її реалізація дасть змогу стабільно отримувати валовий дохід на рівні 70 млн у.о. з прибутковістю 8,6 тис. у.о./га та строком окупності капітальних затрат 2 роки (Модель № 10).

У наступному році подальший розвиток виробництва продуктів тваринництва за рахунок чистого прибутку має бути спрямований на збільшення дійного стада ще на 760 голів з отриманням 7,7 млн у.о. чистого прибутку. У подальшому можна очікувати зростання кількості корів до 2,6 тис. голів з прибутковістю підприємства на рівні 13 млн у.о. Цих коштів вистачить на систему краплинного зрошення на площі 2094 га, а також сховищ для кормів і органічних добрив. У результаті будуть втілені на практиці сценарії, що передбачені моделями № 10 і № 11.

В даній роботі також розглядається Модель № 11 формування на базі ДП «ДГ Андріївське» системи органічного аграрного виробництва. При розрахунках використовували роздрібні ціни у мережі органічних магазинів «Натур Бутік» з виключенням торгової надбавки: м'ясо – 5,9, сметана – 3,0, сир 45% – 12,1, цукор – 1,5 у.о./кг, олія – 5,2 у.о./кг. За реалізації запланованих обсягів виробництва вказаних продуктів за такими цінами чистий дохід може сягнути більш як 8 тис. у.о./га без додаткових капітальних затрат.

Існує також альтернативний варіант. Наприклад, якщо припустити, що підприємству вдасться налагодити ефективну роботу зрошувальної системи, а також придбати та запустити міні молокозавод і цех з переробки м'яса, то це б супроводжувалося зростанням його прибутковості до 2,5 млн у.о. або 480 у.о./га. За цілеспрямованого використання цих коштів у наступному році можна збільшити дійне стадо на 350 голів з відповідним нарощуванням потужностей з переробки продуктів тваринництва. На наступний рік їх реалізація дозволить отримувати більш як 4 млн у.о., що разом із зерном і олією забезпечить валовий дохід 10 млн у.о. Виробничі витрати на вирощування зерна, утримання тварин і переробку продукції складатимуть 5,8 млн у.о. із зростанням прибутковості підприємства до 4,4 млн у.о. та строком окупності понесених затрат 1 рік.

**Висновки.** Встановлено, що за високого термічного режиму і підвищеного рівня випаровування реалізувати потенціал продуктивності сільськогосподарських культур неможливо без використання зрошення. Домогтися оптимального поєднання всього різноманіття ресурсів, у т.ч. хіміко-техногенних і біологічних, можна лише шляхом багатоваріантного комп'ютерного моделювання. Тому для проведення міжгалузевої оптимізації та вдосконалення виробничої структури базового господарства ДП «ДГ Андріївське» на засадах формування зрошуваної біоенергетичної агроecosистеми у Сухому Степу України, запропоновано та опрацьовано варіанти розвитку підприємства на прикладі 11 моделей. За реалізації на практиці однієї з моделей передбачено освоєння біоорганічної системи землеробства з мінімальним використанням агрохімікатів та екологічним маркуванням продукції найвищої якості з мінімальним вуглецевим слідом. Розвиток меліорованих територій у Зоні Сухого Степу на засадах біоенергетичного аграрного виробництва дасть змогу в єдиному технологічному комплексі виробляти продукти харчування рослинництва і тваринництва, технічну сировину та біоенергію.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тараріко Ю. О. Біоенергетичні зрошені агроecosистеми. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва (Південний Степ України). К. : ДІА, 2010.
2. Тараріко Ю. О., Величко В. А., Сайдак Р. В., Книш В. В. Сучасна практика та перспективи розвитку аграрного виробництва в Одеському регіоні. *Вісник аграрної науки*. 2020. Том 98, вип. 3. С. 61–70.
3. Тараріко Ю. О., Ковальчук В. П., Войтович О. П. Перспективи міжгалузевої оптимізації сучасних агроecosистем. *Агроecологічний журнал*. 2017. № 2. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220044>
4. Ромащенко М. І. та ін. Наукові засади відновлення та розвитку зрошення земель в Україні в сучасних умовах. *Меліорація і водне господарство*. 2017. Вип. 106(2). С. 3–14.
5. Наукові засади розвитку аграрного сектора економіки південного регіону України / За науковою редакцією Ромащенко М. І., Вожегової Р. А., Шатковського А. П. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 438 с.
6. Месель-Веселяк В. Я., Федоров М. М. Стратегічні напрями розвитку аграрного сектору України. *Економіка АПК*. 2016. № 6. С. 37–49.
7. Островерх О. В. Оптимізація співвідношення між тваринництвом і рослинництвом як основний напрямок оптимізації виробничої структури. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Економічні науки*. Харків : ХНТУСГ, 2013. Вип. 137. С. 206–211.
8. Тараріко Ю. О. Формування сталих агроecosистем: теорія і практика. К.: Аграрна наука, 2005. 508 с.
9. Дехтяр О. О., Войтович І. В., Усатий С. В., Воропай Г. В. та ін. Історія розвитку, перспективи будівництва, реконструкції та відновлення меліоративних систем. *Меліорація і водне господарство*. 2019. (2). С. 40–54. <https://doi.org/10.31073/mivg201902-203>



10. Ромащенко М. І., Тараріко Ю. О. Меліоровані агро-екосистеми: оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2017. 692 с.
11. Тараріко Ю. О. Енергозберігаючі агроекосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. К. : ДІА, 2011. 576 с.
12. Малік М. І., Шпикуляк О. Г. Розвиток аграрного підприємництва в умовах інституціональних трансформацій. *Економіка АПК*. 2017. № 2. С. 5–16.
13. Бігдан М. Г., Карлик Ю. Ю. Перспективи оптимізації виробничої структури підприємства для підвищення рівня рентабельності. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Кременчук, 2014. Вип. 6 (89). Ч. 2. С. 90–95.
14. Сайдак Р. В., Сорока Ю. В. Агрометеорологічний потенціал степової зони України. *Агроєкологічний журнал*. 2014. № 3. С. 23–27.
15. Польовий, А. М., Овчарук, В. А., Вольвач, О. В., Кущенко, Л. В., & Толмачова, А. В. Агрокліматична оцінка посушливості вегетаційного періоду в Причорноморській зоні надзвичайно низької водності. *Екологічні науки*. 2021. 6. 158-165. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39-27>
16. Bhunia P., Das P., Maiti R. Meteorological Drought Study Through SPI in Three Drought Prone Districts of West Bengal, India. *Earth Syst Environ*. 2020. 4. 43–55 <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00137-6>
17. Li L., She D., Zheng H., Lin P., Yang Z. L. Elucidating diverse drought characteristics from two meteorological drought indices (SPI and SPEI) in China. *Journal of Hydrometeorology*. 2020. 21(7). 1513–1530. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-19-0290.1>
18. Тараріко Ю. О., Величко В. А. Універсальний інформаційно-аналітичний комплекс «Агроресурси». *Аграрна наука і освіта*. 2006. Т. 7. № 1, 2. С. 49–56.
19. Білецька К. Ю. Сутність категорії Економічна ефективність виробництва. *Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 150. С. 74–81.
20. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіз. Доповідь. Національний інститут стратегічних досліджень. 2020. 110 с.
21. Тенденції змін планетарного клімату та їх можливого впливу на основні сектори української економіки / за ред. Хвесика М. А. К. : Логос, 2012. 268 с.
22. Адаменко Т. І. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Німецько-український агрополітичний діалог. 2019.
23. Ромащенко М. І. та ін. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. (1). С. 5–22.
24. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: Конспект лекцій. Одеса : Вид-во «ТЭС», 2004. 150 с.
25. Li W., Duan L., Wang W. et al. Spatiotemporal characteristics of drought in a semi-arid grassland over the past 56 years based on the Standardized Precipitation Index. *Meteorol Atmos Phys*. 2021. 133. 41–54. <https://doi.org/10.1007/s00703-020-00727-4>
26. Тимошевська Т. І. Використання економіко-математичного моделювання в управлінні земельними ресурсами при реалізації стратегій розвитку сільськогосподарських підприємств. *Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка*. Одеса, 2015. Т. 20, Вип. 1. С. 84–89.
27. Тараріко Ю. О., Величко В. А., Личук Г. І. Ґрунтозахисна ефективність міжгалузевої оптимізації агроекосистем. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 11. С. 23–28.
28. Погребняк І. І. Основні напрямки розвитку спеціалізованих підприємств на виробництві сільськогосподарської продукції. *Інноваційна економіка*. 2010. № 19. С. 163–167.

## REFERENCES:

1. Tarariko, Yu.O. (2010). *Bioenerhetychni zroshuvani ahroekosystemy. Naukovo-tehnolohichne zabezpechennia ahrarynoho vyrobnytstva (Pivdennyi Step Ukrainy) [Bioenergy irrigated agroecosystems. Scientific and technological support of agricultural production (Southern Steppe of Ukraine)]*. Kyiv : DIA [in Ukrainian].
2. Tarariko, Yu.O., Velychko, V.A., Saidak, R.V., & Knysh, V.V. (2020). Suchasna praktyka ta perspektyvy rozvytku ahrarynoho vyrobnytstva v Odeskomu rehioni [Modern practice and prospects for the development of agricultural production in the Odesa region]. *Visnyk ahrarynoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 98 (3), 61–70 [in Ukrainian].
3. Tarariko, Yu.O., Kovalchuk, V.P., & Voitovych, O.P. (2017). Perspektyvy mizhhaluzevoi optymizatsii suchasnykh ahroekosystem [Prospects of interdisciplinary optimization of modern agroecosystems]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 2. doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220044 [in Ukrainian].
4. Romashchenko, M.I. et al. (2017). Naukovi zasady vidnovlennia ta rozvytku zroshennia zemel v Ukraini v suchasnykh umovakh [Scientific principles of restoration and development of land irrigation in Ukraine in modern conditions]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo – Land reclamation and water management*, 106(2), 3–14 [in Ukrainian].
5. Romashchenko, M.I., Vozhehova, R.A., & Shatkovskiy, A.P. (Eds). (2017). *Naukovi zasady rozvytku ahrarynoho sektora ekonomiky pivdennoho rehionu Ukrainy [Scientific foundations of the development of the agrarian sector of the economy of the southern region of Ukraine]*. Kherson : OLDI-PLIUS, 438 [in Ukrainian].
6. Mesel-Veseliak, V.Ya., & Fedorov, M.M. (2016). Stratehichni napriamy rozvytku ahrarynoho sektoru Ukrainy [Strategic directions of development of the agricultural sector of Ukraine]. *Ekonomika APK – The Economy of Agro-Industrial Complex*, 6, 37–49 [in Ukrainian].
7. Ostroverkh, O.V. (2013). Optymizatsiia spivvidnoshennia mizh tvarynnystvom i roslynnystvom yak osnovnyi napriamok optymizatsii vyrobnychoi struktury [Optimizing the ratio between livestock and crop production as the main direction of optimizing the production structure]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka: Ekonomichni nauky – Bulletin Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture*, 137, 206–211 [in Ukrainian].
8. Tarariko, Yu.O. (2005). *Formuvannia stalnykh ahroekosystem: teoriia i praktyka [Formation of sustainable agroecosystems: theory and practice]*. Kyiv : Agrarian science, 508 [in Ukrainian].

9. Dekhtiar, O.O., Voitovych, I.V., Usatyi, S.V., & Voropai, H.V. et al. (2019). Istoriia rozvytku, perspektyvy budivnytstva, rekonstruksii ta vidnovlennia melioratyvnykh system [History of development, prospects of construction, reconstruction and restoration of reclamation systems]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo – Land reclamation and water management*, 2, 40–54. doi.org/10.31073/mivg201902-203 [in Ukrainian].
10. Romashchenko, M.I., & Tarariko, Yu.O. (2017). *Meliorovani ahroekosystemy: otsinka ta ratsionalne vykorystannia ahroresursnoho potentsialu Ukrainy [Reclaimed agroecosystems: evaluation and rational use of agricultural resource potential of Ukraine]*. Nizhin : Publisher PP Lysenko M.M., 692 [in Ukrainian].
11. Tarariko, Yu.O. (2011). *Enerhozberihaiuchi ahroekosystemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannia ahroresursnoho potentsialu Ukrainy [Energy-saving agroecosystems. Evaluation and rational use of agricultural resource potential of Ukraine]*. Kyiv : DIA, 576 [in Ukrainian].
12. Malik, M.Y., & Shpykuliak, O.H. (2017). Rozvytok ahrarnoho pidpriemnytstva v umovakh instyutsionalnykh transformatsii [Development of agrarian entrepreneurship in conditions of institutional transformations]. *Ekonomika APK – The Economy of Agro-Industrial Complex*, 2, 5–16 [in Ukrainian].
13. Bihdan, M.H., & Karlyk, Yu.Yu. (2014). Perspektyvy optymizatsii vyrobnychoi struktury pidpriemstva dlia pidvyshchennia rinvia rentabelnosti [Prospects for optimizing the production structure of the enterprise to increase the level of profitability]. *Visnyk KrNU imeni Mykhayla Ostrohradskoho – Scientific Journal “Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University”*, 6 (89), Part. 2, 90–95 [in Ukrainian].
14. Saidak, R.V., & Soroka, Yu.V. (2014). Ahrometeorologichnyi potentsial stepovoi zony Ukrainy [Agrometeorological potential of the steppe zone of Ukraine]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 23–27 [in Ukrainian].
15. Polovyi, A.M., Ovcharuk, V.A., Volvach, O.V., Kushchenko, L.V., & Tolmachova, A.V. (2021) Ahroklimatychna otsinka posushlyvosti vehetatsinoho periodu v Prychornomorskii zoni nadzvychaino nyzkoi vodnosti [Agroclimatic assessment of aridity of the growing season in the Black Sea zone of extremely low water content]. *Ekologichni Nauky – Environmental Sciences*, 6, 158–165. doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.27 [in Ukrainian].
16. Bhunia, P., Das, P., & Maiti, R. (2020). Meteorological Drought Study Through SPI in Three Drought Prone Districts of West Bengal, India. *Earth Syst Environ*, 4, 43–55. doi.org/10.1007/s41748-019-00137-6 [in English].
17. Li, L., She D., Zheng, H., Lin, P., & Yang, Z.L. (2020). Elucidating diverse drought characteristics from two meteorological drought indices (SPI and SPEI) in China. *Journal of Hydrometeorology*, 21(7), 1513–1530. doi.org/10.1175/JHM-D-19-0290.1 [in English].
18. Tarariko, Yu.O., & Velychko, V.A. (2006). Universalnyi informatsiino-analitychnyi kompleks «Ahroresursy» [Universal information and analytical complex “Agroresursy”]. *Ahrarna nauka i osvita – Agrarian science and education*, 7, (1, 2), 49–56 [in Ukrainian].
19. Biletska, K.Yu. (2014). Sutnist katehorii Ekonomichna efektyvnist vyrobnytstva [The essence of the Economic efficiency of production category]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin Kharkiv Petro Vasilenko National Technical University of Agriculture*, 150, 74–81 [in Ukrainian].
20. Ivaniuta, S.P., Kolomiets, O.O., Malynovska, O.A., & Yakushenko, L.M. (2020). Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. Dopovid [Climate Change: Consequences and Adaptation Measures: Analyt. Report]. *Natsionalnyy instytut stratehichnykh doslidzhen – The National Institute for Strategic Studies*, 110 [in Ukrainian].
21. Khvesyuk, M.A. (Ed.). (2006). *Tendentsii zmin planetarnoho klimatu ta yikh mozhlyvoho vplyvu na osnovni sektory ukrainskoi ekonomiky [Trends in planetary climate changes and their possible impact on the main sectors of the Ukrainian economy]*. Kyiv : Logos, 268 [in Ukrainian].
22. Adamenko, T.I. (2019). Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram? [Climate change and agriculture in Ukraine: what should farmers know?]. *Nimetsko-ukrainskyi ahropolitychnyi dialoh – German-Ukrainian agropolitical dialogue* [in Ukrainian].
23. Romashchenko, M.I. et al. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [Impact of modern climate changes on water resources and agricultural production]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo – Land reclamation and water management*, 5, 5–22 [in Ukrainian].
24. Polovyi, A.M., Bozhko, L.Yu., & Volvach, O.V. (2004). *Osnovy ahrometeorologii: Konspekt lektsii [Basics of agrometeorology: Synopsis of lectures]*. Odesa : “TES” Publishing House, 150 [in Ukrainian].
25. Li, W., Duan, L., & Wang, W. et al. (2021). Spatiotemporal characteristics of drought in a semi-arid grassland over the past 56 years based on the Standardized Precipitation Index. *Meteorol Atmos Phys*, 133, 41–54. doi.org/10.1007/s00703-020-00727-4 [in English].
26. Tymoshevska, T.I. (2015). Vykorystannia ekonomiko-matematychnoho modeliuвання v upravlinni zemelnymy resursamy pry realizatsii stratehii rozvytku silskohospodarskykh pidpriemstv [The use of economic and mathematical modeling in the management of land resources in the implementation of strategies for the development of agricultural enterprises]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Ekonomika – Bulletin Odessa National University Herald. Economy*, 20 (1), 84–89 [in Ukrainian].
27. Tarariko, Yu.O., Velychko, V.A., & Lychuk, H.I. (2017) Gruntozakhysna efektyvnist mizhhaluzevoi optymizatsii ahroekosystem [Soil protection effectiveness of interdisciplinary optimization of agroecosystems]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 11, 23–28 [in Ukrainian].
28. Pohrebniak, I.I. (2010). Osnovni napriamky rozvytku spetsializovanykh pidpriemstv na vyrobnytstvi silskohospodarskoi produktsii [The main directions of development of specialized enterprises in the production of agricultural products]. *Innovatsiyna ekonomika – Innovative economy*, 19, 163–167 [in Ukrainian].

**Книш В.В., Сайдак Р.В., Сорока Ю.В., Тараріко Ю.О.**  
**Формування зрошуваної біоенергетичної агроєко-**  
**системи у Сухому Степу України**

**Мета.** Проаналізувати потенціал базового підприємства у зоні Сухого Степу України на засадах формування зрошуваної біоенергетичної агроєко-системи і запропонувати перспективні системи аграрного виробництва. Актуальність проведення дослідження обумовлена особливістю розвитку галузі та сучасними викликами, насамперед такими як зростання температурного режиму, дефіцит кліматичного водного балансу при яких ефективність використання наявного потенціалу стає пріоритетним напрямком. **Методи.** У процесі роботи використовували поєднання методів від загальнонаукових: гіпотеза, спостереження, аналіз, синтез; до спеціальних: дані польових дослідів, аналітичні методи дослідження, дисперсійний, кореляційний, регресійний та варіаційний методи аналізу, метод багатоваріантного комп'ютерного імітаційного моделювання. Для моделювання варіантів розвитку базового підприємства опрацьовано параметри його виробничої діяльності за період 2010-2021 рр., тенденції кліматичних змін та агрометеорологічні ресурси регіону, особливості ведення аграрного виробництва в зоні дослідження, тощо. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що потенціал базового підприємства розрахований на виробництво більшого обсягу продукції, ніж на сучасному етапі; що залежно від обсягів залучених фінансових ресурсів усі розглянуті сценарії розвитку можуть бути реалізовані на практиці. Авторами за допомогою багатоваріантного імітаційного комп'ютерного моделювання перспективних варіантів розвитку підприємства запропоновано засади формування збалансованого виробництва рослинного і тваринного продовольства, промислової сировини і біоенергії на прикладі 11 моделей. На початковому етапі (моделі 1-3) вдосконалення галузевої структури запропоновано залучити до її складу модулі з переробки молока і м'яса у поєднанні із заходами по підвищенню продуктивності дійного стада. У моделях 4,5,6 збільшаться обсяги виробництва органічних добрив, доцільність освоєння двох сівозмін буде визначатися співвідношенням між вартістю мінеральних добрив, що потрібно внести на віддалених полях зерно-трав'яної сівозміни та затратами на транспортування кормів і органічних добрив. На площах наближених до тваринницьких ферм доцільно розмістити зерно-кормову 5-пільну сівозміну (650 га) із внесенням наявного гною, заорюванням стебел соняшнику та застосуванням  $N_{40}P_{35}K_{50}$ . На віддалених полях запропоновано розмістити зернову 4-пільну сівозміну (1724 га) із внесенням  $N_{45}P_{35}K_{15}$  за використання на добриво усієї побічної продукції. За сценаріями Моделей 7 і 8 продуктивність 6-пільної зрошуваної і 4-пільної незрошуваної сівозмін забезпечить можливість утримання 9,0–9,5 тис. умовних голів ВРХ. Окрім того змодельовані варіанти розвитку галузевої структури, що передбачають поширення меліоративної системи як на усі 5124 га ріллі підприємства так і на частину площ з використанням комбінованої системи зрошення: інтеграції дощувальних машин (2430 га) та під'рунтового зрошення (600 га) у поєднанні з будівництвом цукрового заводу та комплексом переробки соломи шляхом брикетування. **Висновки.** Для створення високоефективної біоенергетичної виробничої системи необхідно близько 80 млн. USD фінансових ресурсів з очікуваним прибутком 9–14 тис. USD на гектар та строком окупності капітальних вкладень 2 роки.

Для самостійного розвитку виробничої системи до високого рівня прибутковості за рахунок цілеспрямованого використання власного зростаючого прибутку за підрахунками необхідно від 8 до 10 років. Проведений за допомогою багатоваріантного комп'ютерного моделювання аналіз ресурсного потенціалу базового підприємства, дозволяє виявити внутрішньовиробничі резерви його використання.

**Ключові слова:** агрокліматичні ресурси, сучасна практика, аграрне виробництво, потенціал біопродуктивності, сценарії розвитку підприємства.

**Knysh V.V., Saidak R.V., Soroka Yu.V., Tarariko Yu.O.**  
**Formation of an irrigated bioenergy agroecosystem in the Dry Steppe of Ukraine**

**Goal.** To analyze the potential of the basic enterprise in the Dry Steppe zone of Ukraine based on the formation of an irrigated bioenergy agroecosystem and to propose perspective systems of agricultural production. The relevance of the research is due to the specific development of the industry and modern challenges, first of all, such as the increase in the temperature regime, and the deficit of the climatic water balance, in which the efficiency of using the available potential becomes a priority direction. **Methods.** During the work, a combination of methods from general scientific as a hypothesis, observation, analysis, and synthesis to special ones such as data from field experiments, analytical research methods, dispersion, correlation, regression, and variation analysis methods, the method of multivariate computer simulation modeling were used. It worked out the parameters of enterprise production activity for the period 2010–2021, trends of climatic changes and agro-meteorological resources of the region, peculiarities of agricultural production in the study area, etc. for modeling the options for the development of the basic enterprise. **Results.** Results of the research have established that the potential of the base enterprise is designed to produce a larger volume of products than at the current stage; that depending on the amount of financial resources involved, all the considered development scenarios can be implemented in practice. The authors proposed the principles of the formation of balanced production of plant and animal food, industrial raw materials, and bioenergy on the example of 11 models using the multivariate simulation computer modeling of promising options for the development of the enterprise. At the initial stage (models 1–3) of improving the industry structure, it is proposed to include milk and meat processing modules in combination with measures to increase the productivity of the dairy herd. In models 4, 5, and 6, the volume of production of organic fertilizers will increase, and the feasibility of developing two crop rotations will be determined by the ratio between the cost of mineral fertilizers, which must be applied to distant fields of grain-grass crop rotation, and the costs of transporting feed and organic fertilizers. In the areas close to livestock farms, it is advisable to place a grain-forage 5-field crop rotation (650 ha) with the introduction of available manure, plowing of sunflower stalks, and application of  $N_{40}P_{35}K_{50}$ . It is proposed to place a grain 4-field crop rotation (1724 ha) on remote fields with the introduction of  $N_{45}P_{35}K_{15}$  for the use of all by-products as fertilizer. According to the scenarios of Models 7 and 8, the productivity of the 6-field irrigated and 4-field non-irrigated crop rotation will provide the possibility of keeping 9.0–9.5 thousand conditional head of cattle. In addition, options for the development of the industry

structure are modeled, which provide for the spread of the reclamation system both on all 5124 ha of the enterprise's arable land and on part of the area using a combined irrigation system: the integration of sprinklers (2430 ha) and subsurface drip irrigation (600 ha) in combination with the construction of a sugar mill plant and a straw processing complex by briquetting. **Conclusions.** To create a highly efficient bioenergy production system, about \$ 80 million of financial resources are needed with an expected profit of \$ 9–14 thousand per hectare and a payback period of

capital investments of 2 years. It is estimated that 8 to 10 years are needed for the independent development of the production system to a high level of profitability due to the purposeful use of its own growing profit. The analysis of the resource potential of the base enterprise carried out with using of multivariate computer modeling allows for the identification of internal production reserves of its use.

**Key words:** agroclimatic resources, modern practice, agricultural production, potential of bioproductivity, enterprise development scenarios.