

## ЕКОЛОГО-МЕЛІОРАТИВНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ АГРОЗАХОДІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

**ВОЖЕГОВА Р.А.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент Національної академії аграрних наук України  
<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Ґрунтоутворювальний процес належить до складної та динамічної природної системи, яка розвиваючись і змінюючись у часі, пристосовує Ґрунт до найоптимальнішого функціонування та забезпечення вологою й поживними речовинами сільськогосподарські культури. Параметри стійкості агроєкосистеми зводяться до вирощування певних культур, їхніх сортів і гібридів із різними біологічними особливостями (гетерогенність посівів), створення бездефіцитного балансу гумусу й поживних речовин, що відповідає технологіям вирощування. Раціональне ведення сільського господарства та організації сівозмін орієнтуються на структури посівних площ, що пов'язує систему землеробства з усією системою господарювання, причому остання виступає основою для формування засобів їхньої побудови. Наукові принципи побудови сівозмін сприяють оптимізації позитивних факторів взаємодії рослин із середовищем, є головним елементом системи землеробства на зрошуваних землях, що свідчить про актуальні напрями наукового обґрунтування побудови сівозмін для стабілізації та підвищення вмісту гумусу й органічних речовин [1–3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Позитивний і бездефіцитний баланс гумусу досягається переважно завдяки структурі та розміщенню культур у зрошуваних сівозмінах. Водночас провідна роль у цьому балансі належить люцерні. Наприклад, у сівозміні, насиченій просапними культурами, забезпечується майже бездефіцитний баланс гумусу, навіть без внесення гною завдяки розміщенню тут люцерни на 33 % площі та сої – на 16 %. Підбираючи в сівозміні певне поєднання культур, можна регулювати показники родючості Ґрунту на оптимальному рівні. Користуючись для розрахунків ізогумусовим коефіцієнтом, можна розраховувати кількість гумусу, що утворюється після кожної культури. З кожної сівозміни є можливість встановлення градацій коефіцієнтів, що віддзеркалюють частку участі конкретної культури в гумусоутворенні. Ці коефіцієнти для окремо взятих культур можуть коливатися у широких межах, що зумовлено різною кількістю їх у сівозміні, вирощуванням в основних або проміжних посівах, відмінностями в урожайних показниках. Проте такі коефіцієнти дають змогу орієнтуватися в розрахунках зі складання плану набору культур, що забезпечує позитивний або бездефіцитний баланс гумусу. Також перспективним напрямом оптимізації технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях є моделювання Ґрунтових процесів, що має велике наукове значення з агрономічного, еколого-меліоративного та економічного поглядів [4–8].

**Матеріали та методика досліджень.** Метою проведення досліджень було науково-теоретичне обґрунтування заходів підвищення родючості зрошуваних Ґрунтів, стабілізації та збільшення вмісту гумусу та органічної речовини, забезпечення максимальної продуктивності зрошуваних земель в умовах півдня України. Для моделювання показників вмісту гумусу було використано методичні рекомендації в галузі меліорації, зрошуваного землеробства та інформаційних технологій [9; 10].

**Результати досліджень.** Агробіоценоз, який формується на поливних землях, передбачає сукупність процесів біотичного та абіотичного характеру, тому під час вибору методів моделювання складових елементів такої системи та ступеня складності моделі вирішальна роль має відводитися методологічним основам моделювання. Найкращі з науково-теоретичного погляду до таких основ належать оптимальні стратегії проведення сільськогосподарських заходів: зрошення, внесення добрив і пестицидів, вибір найкращих строків сівби, садіння, збирання тощо. Головною метою моделювання є наукове забезпечення агрозаходів для отримання високих, якісних і економічно доцільних врожаїв, мінімізація антропогенного тиску на довкілля за умов високого рівня інтенсифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур та їхньої екологічної безпеки. Визначення оптимальних стратегій управління агропромисловим процесом із застосуванням методів теорії управління можливо під час застосування математичної прогностичної моделі.

Блокова структура моделей має великі переваги для здійснення моделювання, даючи змогу вивчати, змінювати й деталізувати окремі блоки, не впливаючи на зміну складових елементів моделей. Як правило, кількість параметрів, які входять до кожного блоку, істотно більша за кількість параметрів, якими ці блоки поєднуються один з одним [7]. Моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур мають балансовий характер, тобто для кожного елемента необхідно проводити розрахунок усіх додатних і від'ємних складових елементів загального балансу (рис. 1).

Наприклад, під час розрахунку водного режиму Ґрунту треба враховувати надходження кількості опадів, величину вологозапасів рослинами, можливе утворення шару вологи на поверхні Ґрунту, переміщення вологи в Ґрунті між різними прошарками, обмін із Ґрунтовими водами, обсяги поглинання води кореневою системою, евапотранспірацію тощо. Таким же чином у про-

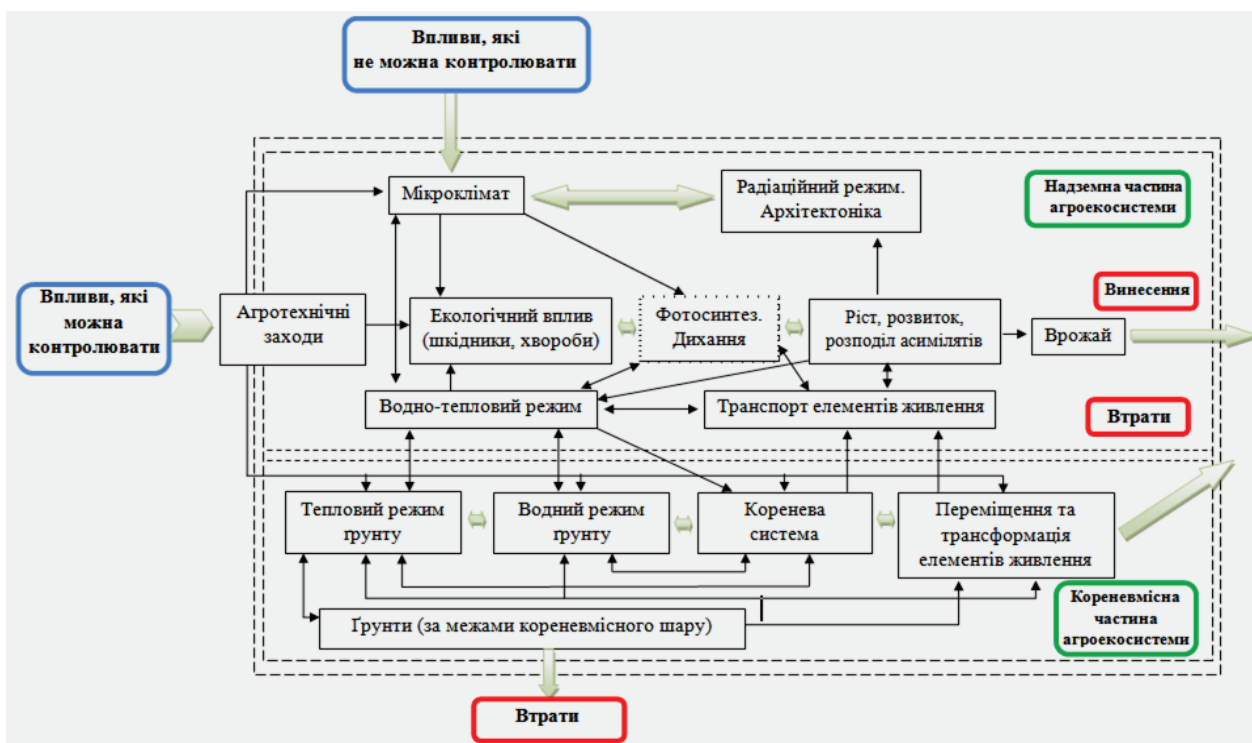


Рис. 1. Складові елементи продуктивності агроєкосистеми на локальному рівні [7]

гностичних моделях взаємопов'язані цикли кругообігу з вуглецю, азоту, органічних речовин та інших елементів.

На кожному полі зрошуваних сівозмін формується неповторний екологічний стан, який зумовлений комплексом показників груп родючості ґрунту. Варто зауважити, що параметри екологічного стану ґрунту взаємопов'язані та взаємозумовлені. Цей чинник визначається структурно-функціональною єдністю ґрунту як цілісної орґано-мінеральної системи. Під час встановлення закономірностей і моделювання параметрів родючості ґрунту треба враховувати всі екологічні показники його еколого-меліоративного стану.

З погляду формування високих і якісних врожаїв, а також покращення родючості ґрунту, підвищення вмісту гумусу й органічних речовин треба враховувати структурно-механічний стан ґрунтів, оскільки він значною мірою визначає основні властивості ґрунтів, їхню стійкість до механічних впливів, його адаптивну здатність до застосування зрошення тощо.

Враховуючи, що фізична організація ґрунтів визначає їхні функціональні властивості та режими, свідчить про необхідність досліджень щодо встановлення стійкості ґрунтів до механічних впливів і штучного зволоження [8]. Порушення стійкості ґрунтів до цих факторів у багатьох випадках є негативним чинником до негативних змін властивостей і режимів зрошуваних ґрунтів, що в загальному сенсі може призвести до порушення функціонування всієї екосистеми зрошуваного землеробства (рис. 2).

Проблема стійкості ґрунтів до механічного впливу в науково-теоретичному аспекті належить до сфери таких знань: загальної теорії стійкості систем, мелі-

орації, ґрунтознавства, механіки ґрунтів, інженерної геології тощо.

Стійкість ґрунтів до механічних впливів належить до глобальної проблеми сучасного сільського господарства, яку можна охарактеризувати в системі «технічні засоби – технологія – ґрунт – продуктивність с.-г. культур – еколого-меліоративні показники». У практичному плані цей напрям належить до агрофізики та фізики екосистем, які спрямовані на дослідження дії та взаємодії технологічних засобів із ґрунтами, ґрунтовим покривом та агроєкосистемою загалом.

У процесі роботи техніки на сільськогосподарських угіддях створюється значна строкатість фільтраційних, водних, теплових та інших властивостей ґрунтів, що призводить до зменшення вмісту гумусу й органічних речовин, а значить – до зниження родючості ґрунтів. Причому такий негативний прояв практично неможливо компенсувати агротехнічними або агрохімічними заходами (обробіток ґрунту, внесенням органічних і мінеральних добрив, застосування нових сівозмін тощо). Варто наголосити, що надмірне антропогенне навантаження на поверхневі прошарки ґрунту можна послабити їх розпушуванням, проте надмірне напруження в нижніх горизонтах зрошуваних ґрунтів призводить до їх переущільнення, зокрема до формування так званої плужної підшови.

Основним екологічним критерієм оцінки різних систем зрошуваного землеробства є відтворення гумусу в ґрунті. На організаційному етапі агропроблематики під час вибору таких систем, набору культур і структури посівних необхідно орієнтуватися на необхідність направлено регулювання процесів накопичення та витрат гумусу в найбільш активному (орному) шарі

ґрунту. Під час моделювання вмісту гумусу для зрошуваних сівозмін встановлено, що залежно від сценаріїв технологій вирощування цей показник схильний до істотних коливань (рис. 3). Як бачимо, найкращий результат досягається під час реалізації третього сценарію ведення зрошуваного землеробства, де планується включення до сівозміни люцерни та внесення науково обґрунтованих норм органічних і мінеральних добрив. Такі агрозаходи забезпечують позитивний баланс гумусу й органічних речовин.

Баланс гумусу в ґрунті складається з приходної та витратної його частини. Математично він являє собою різницю між статтями його надходження та витратами за однакові проміжки часу. Для того щоб забезпечити додатний баланс гумусу в сівозміні, необхідно залишати й заорювати в ґрунт пожнивні залишки, вносити в сівозміні сидеральних культур, мінімізувати обробіток ґрунту, проводити мульчування.

Для побудови моделі балансу гумусу в зрошуваних ґрунтах на окремих полях сівозмін із різною структурою посівних площ необхідно проводити розрахунки на

середній розмір поля кожної сівозміни. Науково обґрунтоване сполучення сівозміни, ефективних заходів обробітку ґрунту, раціональної системи застосування мінеральних та органічних добрив забезпечує позитивний баланс гумусу в сівозміні та сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Для змодельованих ученими Інституту зрошуваного землеробства НААН сівозмін господарств південного Степу України необхідно забезпечити позитивний баланс гумусу й органічних речовин, тобто коли їх утворення перевищує витрати на мінералізацію та винос на формування врожаю сільськогосподарських культур. Варто наголосити, що найбільша ефективність органічних добрив спостерігається тоді, коли їх вносять одночасно з мінеральними добривами. Крім того, велике значення має їхня якість та норма внесення. Для стабілізації гумусового стану ґрунтів сівозміни потрібно збільшити обсяги застосування органічних добрив, оптимізувати співвідношення між просапними культурами та культурами суцільного способу посіву.



**Рис. 2. Структурна схема негативних чинників впливу на стійкість до механічного впливу на функціонування екосистеми зрошуваного землеробства [8]**

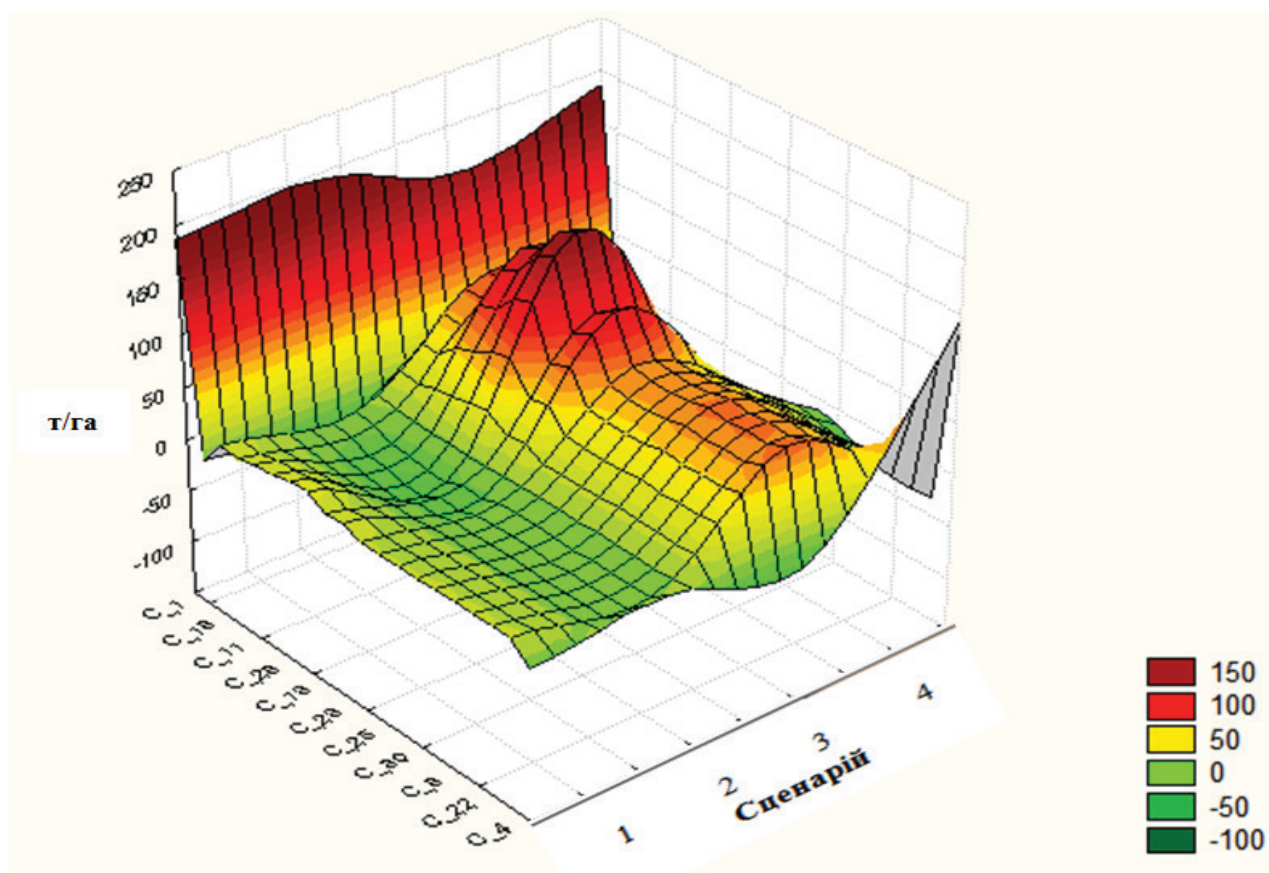


Рис. 3. Баланс гумусу зрошуваної сівозміни за змодельованими сценаріями функціонування агровиробничої системи,  $\pm$ t/га

Розрахунок витрат та економічна ефективність вирощування культур у зрошуваних сівозмінах необхідно здійснювати в технологічних картах щодо кожної культури. На підставі розрахунків нормативної врожайності сільськогосподарських культур за розрахунків потреби поживних речовин і мінеральних добрив під запланований урожай необхідно оптимізувати технології вирощування сільськогосподарських культур, підвищення економічної ефективності сівозмін у розрізі кожної культури, збереження та покращення родючості під час збільшення вмісту гумусу та органічних речовин.

**Висновки.** За результатами досліджень визначено, що для стабілізації гумусового стану ґрунтів зрошуваних сівозмін необхідно збільшити надходження в ґрунт органічних речовин завдяки побічній продукції культурних рослин. Створення бездефіцитного балансу поживних речовин для забезпечення стабільної врожайності сільськогосподарських культур на зрошуваних землях можливо досягти завдяки науково обґрунтованій системі удобрення шляхом внесення необхідної кількості органічних і мінеральних добрив. Розрахунок потреби поживних речовин і мінеральних добрив під запланований урожай сільськогосподарських культур необхідно встановлювати за балансовим методом. Моделювання показників вмісту гумусу та органічних речовин забезпечує можливість екологічного обґрунтування технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях, мож-

ливість збалансування ґрунто-водоохоронного устрою території на базі вивчення й глибокого аналізу умов рельєфу, ґрунтового покриття окремих локальних ділянок, визначення кількості та ступеня придатності земель для вирощування конкретних сільськогосподарських культур із певними параметрами інтенсивності штучного зволоження, зниження ерозійної напруги території та екологічного навантаження території.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лымарь А.О. Экологические основы систем орошаемого земледелия. Київ : Аграрна наука, 1997. 397 с.
2. Лисогоров К.С., Писаренко В.А. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і технологічними процесами. *Таврійський науковий вісник*. 2007. Вип. 49. С. 49–52.
3. Задорожний А.І. Дослідження динаміки процесів підтоплення сільськогосподарських угідь в системі еколого-меліоративного моніторингу : автореф. дис. ... к.т.н. : 06.01.02. Київ : УкрІНТЕІ, 2006. 18 с.
4. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього середовища. Львів : Афіша, 2001. С. 71–74.
5. Ушкаренко В.О., Морозов В.В., Колесніков В.В., Ляшевський В.І., Тищенко О.П. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями : навч. посібник. Херсон : ЛТ-Офіс, 2010. 378 с.

6. Евграшкіна Г.П., Коппель М.М. Прогноз солевого режиму ґрунтів зони аерації Фрунзенського зрошуваного масиву методами математичного моделювання. *Меліорація і водне господарство*. 1978. Вип. 43. С. 56–63.

7. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Математическіє моделі біологічеських продукційних процесів. Москва : Изд. Московського університета, 1993. 302 с.

8. Росновський І.Н. Системний аналіз і математическе моделювання процесів в ґрунті : учебное пособие / под. ред. д-ра биол. наук С.П. Кулижского. Томск : Томський державний університет, 2007. 312 с.

9. Клещенко А.Д., Найдина Т.А. Динамічеська модель продукційного процесу кукурузи з використанням спутникової інформації і методи прогнозу урожайності. *Метеорологія і гідрологія*. 2012. № 12. С. 88–98.

10. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навч. посіб. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

#### REFERENCES:

1. Lyman, A.O. (1997). *Ekologicheskiye osnovy system oroshayemogo zemledelya* [Ecological bases of irrigated agriculture systems]. Kiev: Agrarian Science [in Russian].

2. Lysogorov, K.S., & Pisarenko, V.A. (2007). *Naukovi osnovy vykorystannya zroshuvanykh zemel u stepovomu rehioni na zasadakh intehrального upravlinnya pryrodnyimi i tekhnolohichnyimi protsesami* [Scientific bases of use of irrigated lands in the Steppe Region on the basis of integrated management of natural and technological processes]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 49, 49–52 [in Ukrainian].

3. Zadorozhny, A.I. (2006). *Doslidzhennya dynamiky protsesiv pidtoplennya silskohospodarskykh uhid v systemi ekoloho-melioratyvnoho monitorynku* [Research of dynamics of processes of flooding of agricultural lands in system of ecological and reclamation monitoring]. Kyiv: UkrINTEI [in Ukrainian].

4. Dzhigirey, V.S., Storozhuk, V.M., & Yatsyuk, R.A. (2001). *Osnovy ekolohiyi ta okhorona navkolyshnoho seredovyscha* [Fundamentals of ecology and environmental protection]. Lviv: Afisha, 71–74 [in Ukrainian].

5. Ushkarenko, V.O., Morozov, V.V., Kolesnikov, V.V., Lyashevsky, V.I., & Tishchenko, O.P. (2010). *Neoinformatsiyini systemy dlya upravlinnya zroshuvanyu zemlyamy* [Geoinformation systems for irrigated land management: a textbook]. Kherson: LT-Office [in Ukrainian].

6. Evgrashkina, G.P., & Koppel, M.M. (1978). *Prohnoz solevoho rezhyma pochv y hruntov zony aeratsyy Frunzenskoho oroshayemogo massyva metodamy matematycheskoho modelyrovanyya* [Forecast of the salt regime of soils and soils of the aeration zone of the Frunzensky irrigated massif by methods of mathematical modeling]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo – Reclamation and water management*, 43, 56–63 [in Russian].

7. Riznichenko, G.Yu., & Rubin, A.B. (1993). *Matematycheskiye modeli byolohicheskyykh produktsyonnykh protsessov* [Mathematical models of biological production processes]. Moscow: Ed. Moscow University [in Russian].

8. Rosnovsky, I.N. (2007) *Systemnyy analiz y matematycheskoye modelyrovanye protsessov v pochve* [System analysis and mathematical modeling of soil processes]: a textbook. Tomsk: Tomsk State University [in Russian].

9. Kleshchenko, A.D., & Naidina, T.A. (2012). *Dynamycheskaya model produktsyonnoho protsessa kukuruzy s uspolzovanyem sputnykovoy ynfymatsyy y metody prohnoza urozhaynosti* [Dynamic model of the production process of corn using satellite information and yield forecasting methods]. *Meteorologiya i gidrologiya – Meteorology and hydrology*, 12, 88–98 [in Russian].

10. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiynyy i korelyatsiynyy analiz u zemlerobstvi ta roslynnytstvi: navch. posib.* [Analysis of variance and correlation in agriculture and crop production: a textbook]. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

#### **Вожегова Р.А. Еколого-меліоративне обґрунтування агрозаходів для покращення родючості зрошуваних ґрунтів на півдні України**

**Мета статті** полягала в науково-теоретичному обґрунтуванні заходів підвищення родючості зрошуваних ґрунтів, забезпечення максимальної продуктивності зрошуваних земель. **Методи.** Для моделювання показників вмісту гумусу було використано методичні рекомендації в галузі меліорації, зрошуваного землеробства та інформаційних технологій. **Результати.** Встановлено, що фізична організація ґрунтів визначає їхні функціональні властивості та режими, свідчить про необхідність досліджень щодо встановлення стійкості ґрунтів до механічних впливів і штучного зволоження. Порушення стійкості ґрунтів до цих факторів у багатьох випадках є негативним чинником до негативних змін властивостей і режимів зрошуваних ґрунтів, що в загальному сенсі може призвести до порушення функціонування всієї екосистеми зрошуваного землеробства. Для побудови моделі балансу гумусу в зрошуваних ґрунтах на окремих полях сівозмін із різною структурою посівних площ необхідно проводити розрахунки на середній розмір поля кожної сівозміни. Науково-обґрунтоване сполучення сівозміни, ефективних заходів обробітку ґрунту, раціональної системи застосування мінеральних та органічних добрив забезпечує позитивний баланс гумусу в сівозміні та сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. **Висновки.** Створення бездефіцитного балансу поживних речовин для забезпечення стабільної врожайності сільськогосподарських культур на зрошуваних землях можливо досягти завдяки науково обґрунтованій системі удобрення шляхом внесення необхідної кількості органічних і мінеральних добрив. Розрахунок потреби поживних речовин і мінеральних добрив під **запланований** врожай сільськогосподарських культур необхідно встановлювати за балансовим методом. Моделювання показників вмісту гумусу та органічних речовин забезпечує можливість екологічного обґрунтування технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях.

**Ключові слова:** зрошення, ґрунт, родючість, гумус, органічні речовини, моделювання.

**Vozhegova R.A. Ecological and reclamation substantiation of agricultural measures to improve the fertility of irrigated soils in the south of Ukraine**

**Goal.** It lies in the scientific and theoretical substantiation of methods of increase of fertility of irrigated soils, maximizing the productivity of irrigated lands. **Methods.** To simulate the performance of humus were used guidelines in the field of reclamation of irrigated agriculture and information technology. **Results.** It was found that the physical organization of soils determines their functional properties and modes, highlighting the need for studies on the establishment of the soil resistance to mechanical stress and artificial hydration. Violation of the soil resistance to these factors, in many cases, is a negative factor in changes in the properties and modes of irrigated soils that generally may impair the functioning of the entire ecosystem of irrigated agriculture. To build a model of humus balance in irrigated soils in some fields

of crop rotations with different structure of sown areas is necessary to carry out calculations on the average size of each field crop rotation. Scientifically-based combination of crop rotation, cultivation techniques of effective, rational system of mineral and organic fertilizers ensures a positive balance of humus in the rotation and improves crop yields. **Conclusions.** Creating a balanced balance of nutrients to ensure high yields on irrigated land can be achieved through science-based fertilizer system, by introducing the necessary amount of organic and mineral fertilizers. Calculation of the need of organic matter and mineral fertilizers for the planned harvest of crops is necessary to establish the balance method. Modeling parameters of humus and organic matter makes it possible to study the ecological crop production techniques on the irrigated lands.

**Key words:** irrigation, soil fertility, humus, organic matter, modeling.