

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.  
УДК: 631.41: 528.94: 51-71

## МОДЕЛЬ СТРУКТУРИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

**В. І. ПІЧУРА**, доктор сільськогосподарських наук, доцент<sup>1</sup>

**П. М. СКРИПЧУК**, доктор економічних наук, професор<sup>2</sup>

**Л. О. ПОТРАВКА**, доктор економічних наук, доцент<sup>1</sup>

**Д. С. БРЕУС**, асистент<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

<sup>2</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

E-mail: pichuravitalii@gmail.com

**Анотація.** Ведення традиційного землеробства характеризується високими показниками, але воно спричиняє зниження родючості ґрунту і забруднення навколишнього середовища синтетичними добривами і пестицидами, не надається достатнього значення біологічній якості продукції, яка оцінюється не тільки за привабливим зовнішнім виглядом, смаком і розмірами, але і здатністю підтримувати здоров'я людини. Тому питання екологізації сільського господарства та посилення вимог до екологічності отриманої продукції на сьогоднішній день є одним із головних пріоритетів еколого-економічної безпеки України. Це досягається шляхом стабілізації і поліпшення екологічного стану території, охорони, раціонального використання й відтворення земельних ресурсів. Невід'ємним інструментом реалізації цих завдань є геоінформаційно-аналітичної система (ГІАС) органічного землеробства, яка базується на використанні сучасних, потужних інструментів та методів обробки даних для супроводу агровиробників в

перехідному періоді та постійної підтримки їх розвитку. Державна структура ГІАС органічного землеробства має включати локальний (підприємство), регіональний та національний (державний) рівні або відповідно оперативний, тактичний та стратегічний рівні управління. Основою інформаційного забезпечення ГІАС є локальний рівень досліджень за рахунок накопичення та систематизації польових даних досліджень та даних дистанційного зондування Землі. Представлені основні етапи її реалізації на локальному рівні, які включають: проектування і створення бази геоданих, розробку картографічної основи, їх інформаційне насичення польовими даними досліджень та просторовими даними дистанційного зондування Землі, створення експертних систем на основі передового досвіду ведення органічного землеробства. Апробація моделі архітектури ГІАС органічного землеробства здійснена на прикладі земель Інституту рису НААН Скадовського район Херсонської області.

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

**Ключові слова:** органічне землеробство, геоінформаційно-аналітична система, система

управління базами даних, ГІС-технології, нейротехнології

У сучасних умовах господарювання традиційне землеробство характеризується високими показниками ефективності, але за останні 100 років його здійснення результатами є зниження родючості ґрунтів у 3,4 рази та погіршення екологічного стану довкілля, що пов'язано, в першу чергу, з використанням пестицидів та агрохімікатів. Також не надається належного значення біологічним характеристикам якості готової продукції, яка має оцінюватися у відповідності з її впливовістю на стан здоров'я людини. Тому проблеми екологізації сільського господарства та посилення вимог до екологічності отриманої продукції на сьогоднішній день є одним із головних пріоритетів еколого-економічної безпеки України. Їх вирішення може бути здійснено шляхом стабілізації і поліпшення екологічного стану території держави, охорони, раціонального використання й відтворення земельних ресурсів. Зарубіжний досвід доводить важливість виробництва органічної продукції, що стимулює всебічну його підтримку в передових країнах світу.

Світовий ринок органічної продукції вже близько двох

десятиріч характеризується позитивною динамікою, що свідчить про перспективність експортної орієнтації органічного виробництва України, і є важливою компонентою аграрного сектору, розвиток якої сприятиме зростанню національної економіки держави і екологізації сільського господарства відповідно до Постанови Ради (ЄС) № 834/2007 щодо органічного виробництва і маркування органічних продуктів [1], Регламенту Комісії (ЄС) № 889/2008 «Детальні правила щодо органічного виробництва, маркування і контролю для впровадження Постанови Ради (ЄС) №834/2007» [2], Закону України № 5448-д «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [3], Стратегії розвитку аграрного сектору економіки України на період до 2020 року [4].

За даними Міністерства аграрної політики України, станом на 20 серпня 2017 року в Україні зареєстровано 485 підприємств, які отримали статус органічних виробників, з них 244 (50,3%) підприємства займаються рослинництвом, із загальною площею землекористування близько 421,5 тис. га, з них 48,1% земель зайняті під вирощування зернових,

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

16% – олійні, 4,6% – бобові, під овочевими культурами зайнято 2%, сади – 0,6%. Ринок органічної продукції в Україні знаходиться на етапі становлення і потребує об'єктивної інформації про змін та сучасний стан родючості ґрунтів, як основної передумови ведення та розвитку органічного землеробства. Це завдання неможливо реалізувати без єдиної геоінформаційно-аналітичної системи із застосування сучасних, потужних інструментів та методів обробки даних для супроводу агровиробників у перехідному періоді та постійної підтримки їх розвитку. Управління інформацією та її синтезу пропонуємо здійснювати на основі системного використання: багатомірної статистики для детального аналізу ретроспективних даних; нейротехнологій для нелінійного прогнозування зміни стану родючості ґрунтів; геоінформаційних систем та технологій дистанційного зондування Землі для просторового моделювання і встановлення неоднорідності розподілу родючості ґрунтів.

Становлення органічного виробництва в умовах розвитку аграрного сектору досліджуються вітчизняними та зарубіжними науковцями, що відображено у наукових публікаціях авторів. Зокрема, В. Вовк [5] зазначав, що органічне сільське господарство за

своєю суттю є багатофункціональною агроекологічною моделлю виробництва і базується на ретельному менеджменті агро-екосистем, яка у сфері аграрного виробництва повинна забезпечувати реалізацію концепції «сталого розвитку», що дозволить в перспективі узгодити і гармонізувати економічні, екологічні та соціальні цілі в галузі аграрного виробництва. Артиш В. [6], встановлюючи сутність органічного сільського господарства, розглядав його як система взаємозв'язків повного циклу виробництва, реалізації та утилізації органічної продукції. Кантемиров Р. [7] акцентував, що органічне виробництво, представляє собою сертифіковані відповідною організацією способи (методи) ведення сільськогосподарського виробництва, при яких не використовуються генетично модифіковані організми, синтетичні хімічні добрива й засоби захисту, а всі процеси виробництва забезпечують замкнутий цикл, при якому досягається природо- і ресурсозберігаючий ефект. Буга Н. Ю. [8] звертає увагу на те, що органічне сільське господарство – це сертифікована система ведення аграрного виробництва, яка використовує енерго- та ресурсоощадливі технології і базується на мінімальному

**Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.**

використанні механічного обробітку ґрунту та синтетичних речовин, виключенні генетично модифікованих організмів та має на меті забезпечення суспільства безпечними та якісними продуктами харчування, а також збереження та покращення стану навколишнього природного середовища. Значну увагу важливості ведення органічного землеробства приділяли Н. Б. Стоволос [9], Н. А. Берлач [10], Ю. В. Славгородська [11], Н. О. Тіхонова [12], L. M. Vieira, A. Hoppe [13], J. M. Wachter, J. P. Reganold [14], P. Gélinas, C. David [15]. Особливу увагу дослідники приділяють перевагам та необхідності створення геоінформаційних порталів для всіх сфер господарювання, в першу чергу - аграрному секторі. Bernard L. [16] та Maguire D. [17] наголошували, що створення геопорталу забезпечить узгодженість з багатьма державними інституціями через онлайн-доступ до масивів просторових даних і тематичних сервісів задля створення ефективного механізму їх взаємодії. Значні можливості використання геопорталу на основі геоінформаційно-аналітичних систем в аграрному секторі представлено у роботі Tait M. G. [18]. Однак проведений нами аналіз наукових праць з питань органічного виробництва засвідчив, що дана сфера виробництва попри наявний вагомий потенціал ще не набула

потужного розвитку в Україні, також відсутній механізм реалізації єдиної ГІАС органічного землеробства.

**Мета досліджень** – запропонувати модель структури геоінформаційно-аналітичної системи органічного землеробства.

**Матеріали і методи досліджень.** У дослідженнях використанні дані еколого-агрохімічного обстеження ґрунтів Херсонської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» за XI тур обстеження (2013–2017 рр.) на території Інститут рису НААН України для шару ґрунту 0...20 см. Для створення геоінформаційно-аналітичної системи (ГІАС) органічного землеробства використано ліцензійні програмні продукти: MS Access – для розробки і підтримки системи управління базами даних, ArcGIS – для створення картографічних баз геоданих та просторового моделювання, STATISTICA та робочий модуль Neural Networks – для багатомірного аналізу даних та нелінійного прогнозування із застосуванням штучних нейротехнологій. Для просторового моделювання неоднорідності розподілу родючості ґрунтів використаний детерміністичний метод радіально-базисної функції модуля Geostatistical Analyst програми ArcGis 10.1. Нев'язка просторових моделей визначена за допомогою розподілу стандартної

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

похибки обчислень, яка склала за еколого-агрохімічними показниками в межах 8,0–15,9%.

**Результати досліджень та їх обговорення.** На різних рівнях державного управління необхідно централізовано розробляти єдині системи реквізитів для обов'язкових документів: державні стандарти документообігу, форми документів, системи кодування статистичної, облікової, фінансової звітності та іншої документації. На агропідприємствах, в свою чергу,

необхідно адаптувати індивідуальну структуру показників та відповідних реквізитів з метою їх подальшого використання в ГІАС.

Державна структура ГІАС органічного землеробства (рис. 1) має представляти собою ієрархічну трирівневу структуру, що включає локальний (підприємство), регіональний та національний (держаний) рівні або відповідно оперативний, тактичний та стратегічний рівні управління.

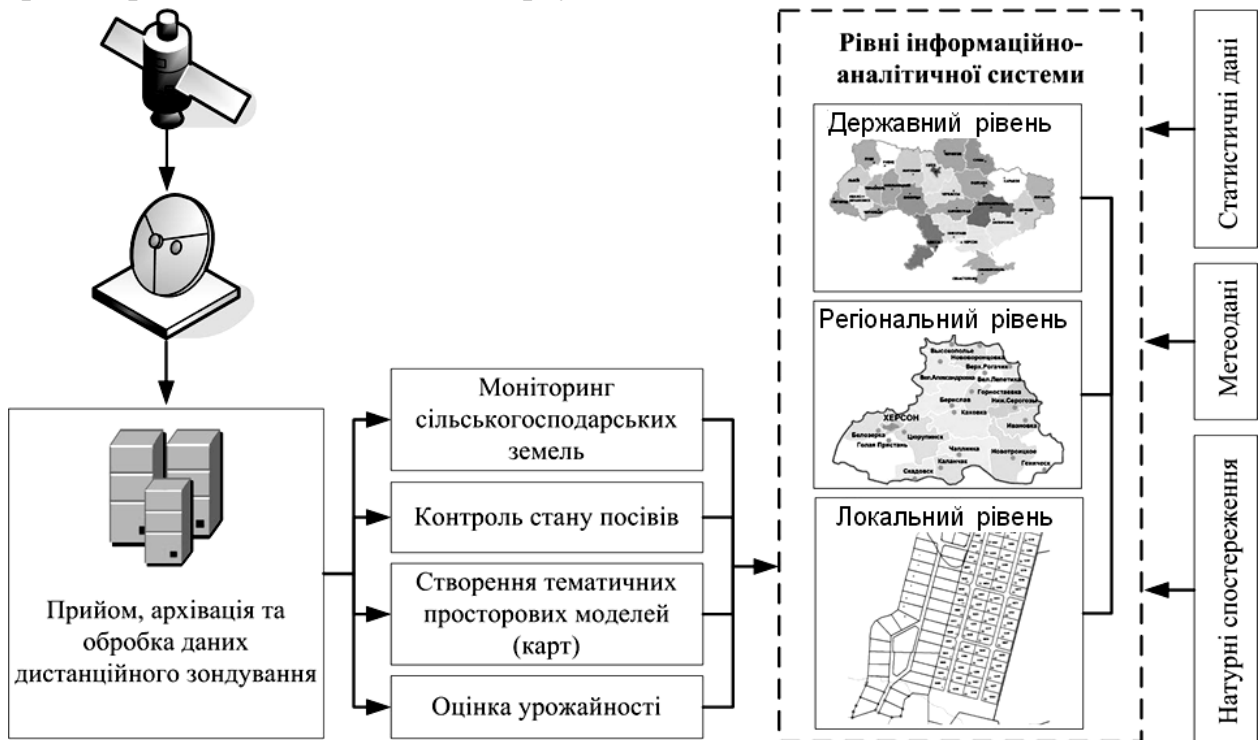


Рис. 1. Структура національної ГІАС органічного землеробства

На кожному рівні управління використовуються адаптивні системи обробки даних, які поділяються на підсистеми забезпечення та функціонування органічного землеробства. Складовими підсистеми забезпечення ГІАС є

інформаційне, технічне, програмне, математичне, організаційне і правове забезпечення.

Підсистема функціонування враховує індивідуальну специфіку аграрного виробництва та управлінські



Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

принципи взаємодії структурних підрозділів аграрного підприємства.

Нами виділено наступні передумови необхідності створення ГІАС органічного землеробства, зокрема:

1. Геоінформаційне забезпечення розробки нових систем господарювання і землеробства із врахуванням локальних природних умови, організаційних, фінансових і агротехнологічних можливості окремих підприємств для ведення органічного землеробства. Основою для її реалізації є використання просторово-часової інформації умов діяльності агропідприємств із застосування відповідних систем управління базами даних, базами знань, геоінформаційних систем, технологій дистанційного зондування Землі, нейротехнологій.

2. За умов значної просторової неоднорідності родючості ґрунтів і урожаю сільськогосподарських культур агротехнологічні прийоми потребують диференційного застосування та безперервних процесів контролю їх впливу на динаміку отримання органічної продукції. Тому необхідним є створення ГІАС для постійного і оперативного моніторингу стану агрофітоценозів, адаптації і застосування агротехнологій у відповідності до локальних агроекологічних та кліматичних умов кожного поля.

3. Багатофакторність процесів агровиробництва, що потребує оперативного високоточного просторово-часового встановлення тренду змін їх властивостей на основі польових та безконтактних досліджень із застосування сучасних ГІС-технологій, аеро- та космознімків високої роздільної здатності до 0,5 м.

4. Цифрове ведення громіздких технологічних карт, що враховують просторові закономірності процесів і операцій для вирощування сільськогосподарських культур, рекомендований перелік машин і знарядь з описом технологічних налаштувань, умов їх обслуговування і ремонту.

5. Прогнозування складних динамічних процесів в органічному землеробстві слід здійснювати із застосуванням адаптивних математичних методів та нейротехнологій для одержання високодостовірної ситуаційної інформації щодо можливих змін у діяльність аграрного підприємства з метою розробки сценаріїв розвитку органічного землеробства.

6. Диференціація органічних товаровиробників потребує створення зручних у використанні аналітичних систем із різним ступенем деталізації інформації за обсягами і структурою виробництва сільськогосподарської продукції, забезпеченістю ресурсами, рівнем кваліфікації спеціалістів, можливістю

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

оперативного доступу до нових розробок тощо. ГІАС повинні мати розширені функціональні можливості, які базуватимуться на інтеграції сучасних аналітичних модулів та систем розповсюдження інформації.

7. Система агрознань та інновацій має значний обсяг міждисциплінарних та складноформалізованих систем знань і просторово-часових даних для синтезу яких необхідно застосування потужних ГІАС із відповідними методологічним апаратом.

8. Інформаційне забезпечення ведення та розвитку органічного землеробства із врахуванням стану родючості ґрунтів, тенденція змін їх властивостей, історії господарювання, відповідності характеристикам органічного землеробства конкретній фізико-географічній зоні тощо.

9. Визначення оптимального напрямку розвитку органічного землеробства із врахуванням результатів екологічного аудиту та розробка науково-практичних засад виробництва органічної продукції для конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

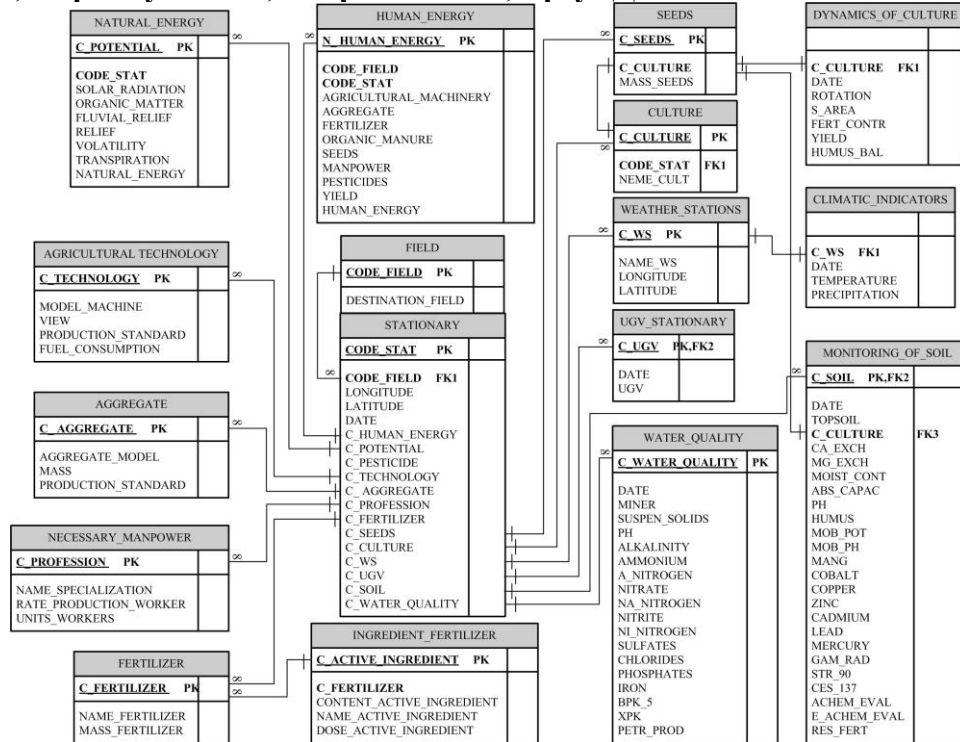
10. Розробка технологічного проекту із еколого-економічного обґрунтування витрат на перехідний період, інформаційна підтримка його реалізації та періодичний аудит агроекологічного стану ґрунтів у

відповідності до вимог ведення органічного землеробства.

11. Інформаційний супровід сертифікації сільськогосподарської продукції із використанням попередніх результатів екологічного аудиту та якості продукції у відповідності до вимог Постанови Ради (ЄС) № 834/2007, Регламенту Комісії (ЄС) № 889/2008.

Основою інформаційного забезпечення ГІАС є локальний рівень досліджень за рахунок накопичення та систематизації польових даних досліджень та даних дистанційного зондування Землі. Створення універсальної інтегрованої ГІАС управління органічним землеробством на локальному рівні включає шість основних етапів. Апробація моделі архітектури ГІАС органічного землеробства здійсненна на прикладі земель Інституту рису НААН (близько 2,5 тис. га, Антонівська селищна рада, Скадовський район, Херсонська область).

*На першому етапі* за результатами семантичного моделювання створюється проект системи управління базами даних. Діаграм «сутність-зв'язок» (ER – Entity-Relationship) структури бази даних і фрагмент системи управління базою даних представлена на рис. 2.



a

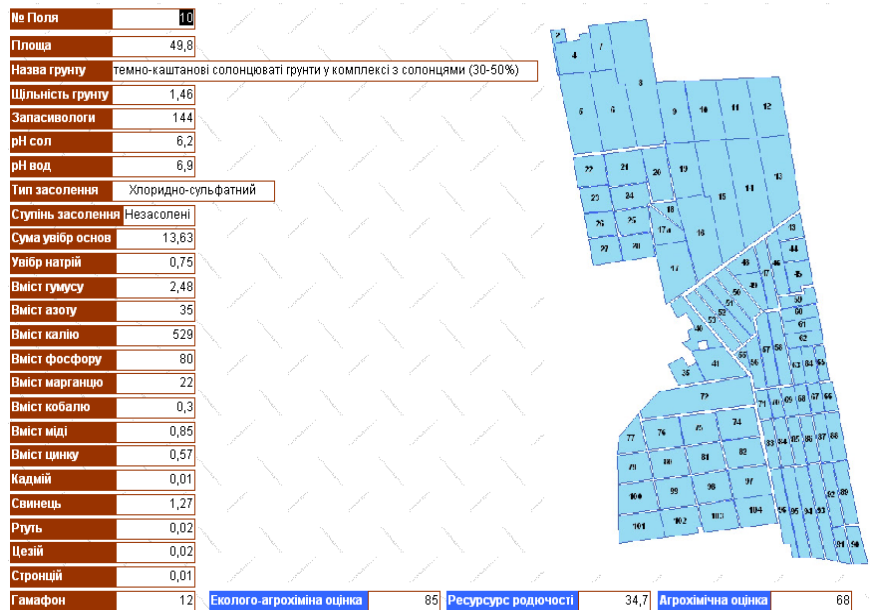


Рис. 2. Система управління базами даних ІАС органічного землеробства: а – ER-діаграма; б – фрагмент СУБД

База даних включає атрибутивні дані природних і антропогенних енергетичних умов території та виробництва конкретного аграрного підприємства. Природний енергопотенціал визначається за показниками сонячної радіації,

енергією клімату (температурою повітря, кількістю атмосферних опадів), енергією рельєфу, енергією органічної речовини у ґрунті, енергією транспірації і випаровування. Антропогенний енергетичний потенціал визначається



**Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.**

за показниками наявної робочої сили, сільськогосподарської техніки, сівозмін, сорту і врожайності сільськогосподарських культур, використанням мінеральні та органічних добрива. База даних включає ретроспективні та прогнозні дані змін властивостей родючості ґрунтів за агрохімічним і еколого-токсикологічними показниками, типи і підтипи ґрунтів, гідрохімічний режим зрошувальної води, динаміки рівнів ґрунтових вод, засолення та осолонцювання ґрунтів.

Структура СУБД ГІАС органічного землеробства включає наступні основні таблиці зв'язків: «FIELD» – таблиця опису полів аграрного підприємства включає ідентифікаційний код та призначення поля; «STATIONARY» – таблиця опису стаціонарів включає: координати розміщення стаціонарів, період досліджень; «HUMAN\_ENERGY» – таблиця для опису антропогенної енергії включає: значення енергопотенціалу сільськогосподарської техніки, агрегату, добрива, посівного матеріалу, робочої сили, урожаю, сумарне значення антропогенної енергії; «NATURAL\_ENERGY» – таблиця для опису природного енергопотенціалу території включає: розподіл балансу сонячної радіації, енергопотенціалу органічної речовини в ґрунті, енергії у змитій частині ґрунту, енергії рельєфу, енергії випаровування, енергії

транспірації, сумарний природний енергопотенціал; «AGRICULTURAL TECHNOLOGY» – таблиця для опису сільськогосподарської техніки включає: марку машини, вид машини, норми виробітку, витрати палива; «AGGREGATE» – таблиця для опису агрегатів включає: марку агрегату, масу агрегату, норму виробітку;

«NECESSARY\_MANPOWER» – таблиця для визначення необхідної робочої сили включає: спеціалізацію працівника, норму виробітку робітника, кількість працівників спеціалізації; «FERTILIZER» – таблиця переліку добрив включає: найменування добрива, кількість внесеного добрива; «INGREDIENT\_FERTILIZER» – таблиця, що описує діючі речовини добрив включає: вміст діючої речовини у добриві, найменування діючої речовини, доля діючої речовини; «SEEDS» – таблиця для визначення кількості посівного матеріалу включає: код сорту та гібриду насіння, кількість насіння; «CULTURE» – таблиця опису сільськогосподарських культур включає: код та найменування сільськогосподарської культури, що вирощується; «DYNAMICS\_OF\_CULTURE» – таблиця опису динаміки посіву сільськогосподарських культур включає: дата спостереження за посівом, вид сівозміни, площу посіву, кількість внесених добрив,

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

врожайність, баланс макро- та мікроелементів; «WEATHER STATIONS» – таблиця опису метеостанцій включає: код і назву метеостанцій, координати їх розміщення; «CLIMATIC\_INDICATORS» – таблиця опису кліматичних показників включає: код метеостанції, дату спостереження, температуру повітря, кількість атмосферних опадів; «UGV STATIONARY» – таблиця динаміки рівнів ґрунтових вод включає: код свердловини; дату спостережень, рівень ґрунтових вод; «MONITORING OF SOIL» – таблиця опису показників агроекологічного стану ґрунтів включає: код типу та підтипу ґрунту, дата досліджень і шар ґрунту, глибина механічного обробітку ґрунту, код сільськогосподарської культури, стан ґрунту за агрохімічними і екологіко-токсикологічними властивостями; «WATER\_QUALITY» – таблиця опису якості зрошувальної води включає: код джерела зрошення, дату

спостереження, гідрохімічний стан води.

Система управління базою даних використовується для комплексної оцінки діяльності (моделювання процесів виробництва) та отримання інформації (просторово-часове моделювання та прогнозування) для ефективного ведення органічного землеробства.

На другому етапі створюється картографічна основа розподілу сільськогосподарських земель і кожному полю присвоюється унікальний ідентифікатор у відповідності до номенклатури Держгеокадастру та внутрішньогосподарської типізації полів за їх призначенням. Топооснова створюється на основі даних геодезичних зйомок, аерофотознімків та космічних знімків супутникового апарату Landsat-7, Landsat-8 із просторовим дозволом до 15 метрів. Приклад розподілу сільськогосподарських земель Інституту рису НААН України представлений на рис. 3.

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.



Рис. 3. Кара розподілу земель Інституту рису НААН України: а – космічний знімок; б – векторні (цифрові) моделі

На цьому етапі також створюється цифрова модель рельєфу, як одного із факторів

впливу на перерозподіл енергії клімату (рис. 4).

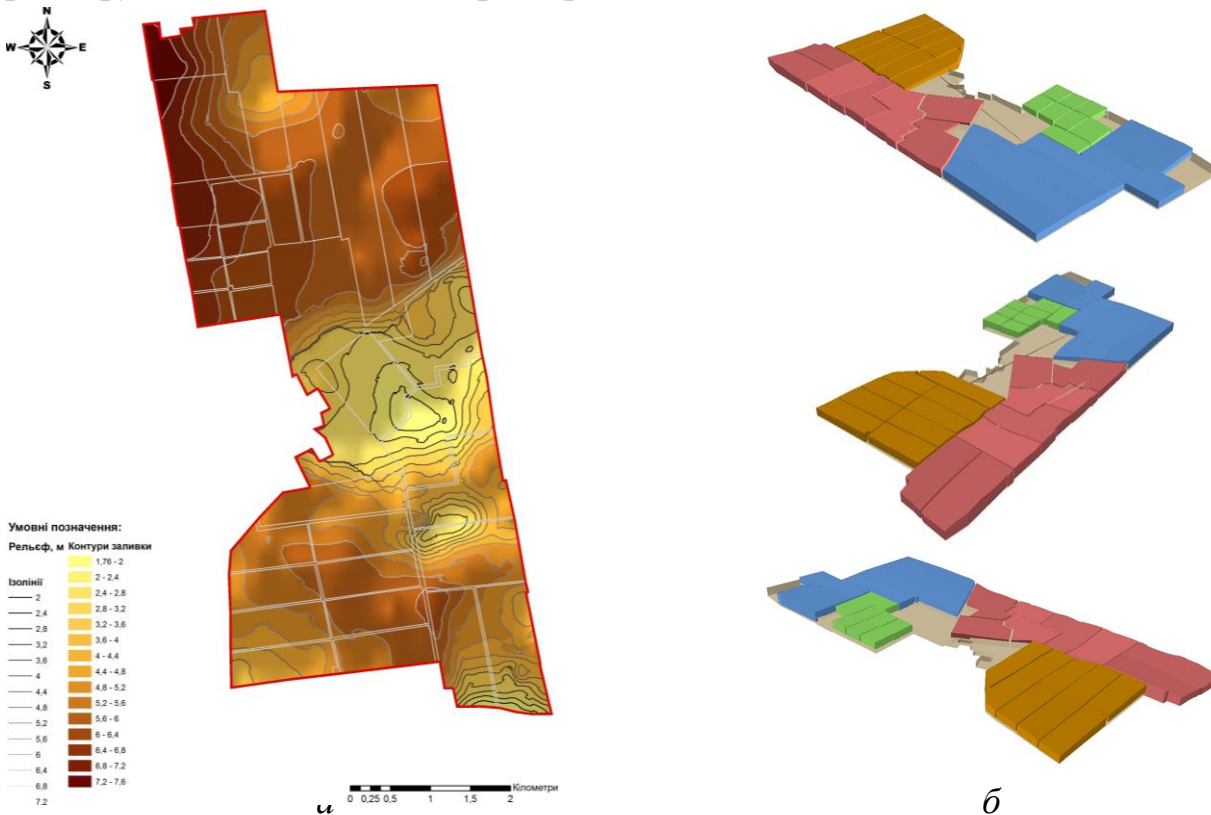
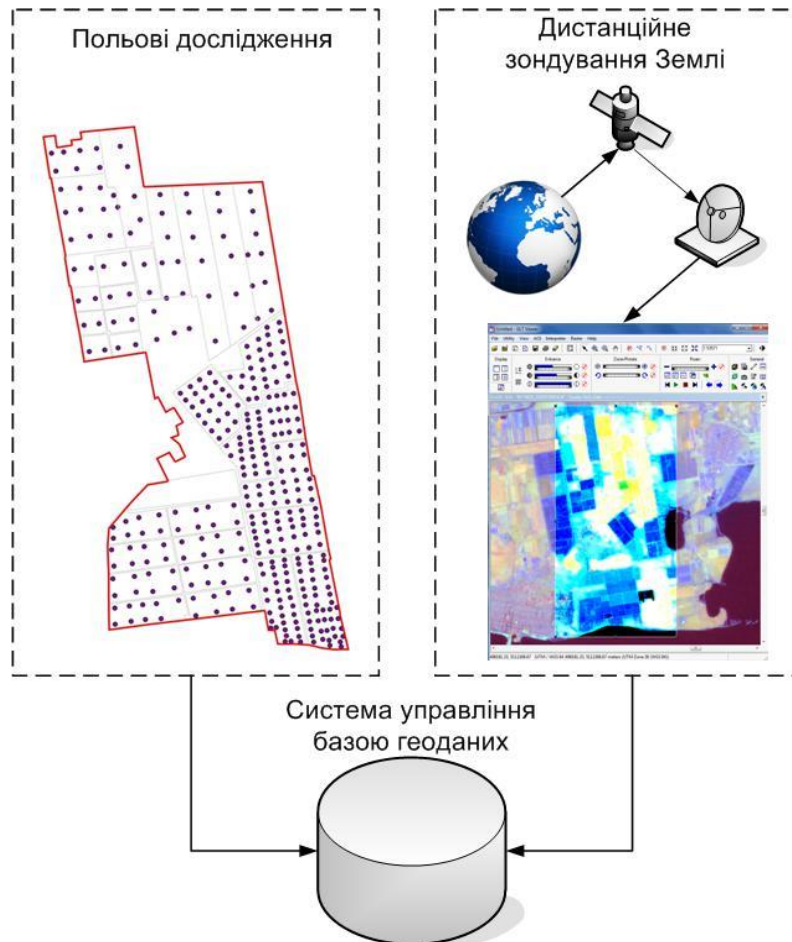


Рис. 4. Рельєф території земель сільськогосподарського призначення Інституту рису НААН України: а – 2-D рельєф, б – 3-D рельєф

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

На третьому етапі здійснюється прив'язка бази даних за ключовим полем (універсальним кодом) до конкретних земельних ділянок або стаціонарів. Після цього здійснюється збір необхідних ретроспективних і сучасних даних

шляхом використання попередніх статистичних звітностей, польових досліджень та джерел наземного моніторингу (технологій дистанційного зондування Землі) для всієї території агропідприємства (рис. 5).



**Рис. 5.** Дослідження території агропідприємства та інтеграція даних в систему управління базою геоданих

На четвертому етапі здійснюється ідентифікація та експлуатація нейронних мереж для часового аналізу та прогнозування можливих змін агрокліматичних умов агропідприємства. Для створення нейронних мереж використовується програмний інструмент STATISTICA Neural

Networks (SNN). Створення нейронних мереж для прогнозування відбувається у відповідній послідовності:

4.1. Визначення вхідних і цільових (вихідних) емпіричних даних, на яких буде навчатися нейронна мережа (НМ), навчання відбувається з «учителем», тобто



Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

вхідний і вихідний сигнал є ідентичним.

4.2. Формування навчальної, контрольної та тестової вибірки. Дослідженнями визначено, що найкраща якість прогнозу багатосарової нейронної мережі досягається при співвідношенні обсягів вибірок: навчальна – 50%, контрольна – 25%, тестова – 25% від часового ряду досліджень. Точність вірного рішення істотно залежить від репрезентативності навчальної вибірки.

4.3. Вибір архітектури нейромережі і функції активації нейронів. Багатосаровий перцептрон (БШП) має деяку перевагу перед іншими типами нейронних мереж, воно полягає в тому, що БШП визначає природу розвитку досліджуваних об'єктів і систем на порівняно невеликих навчальних вибірках з досить високою достовірністю. При створенні багатосарової нейронної мережі для прогнозування агрокліматичних умов слід використовувати функції активації нейронів – сигмоїдальна і синусоїд-гіперболічного тангенсу.

4.4. Вибір методу оцінки, інтерпретатора відповідей, методу оптимізації та визначення їх параметрів. Після визначення архітектури НМ задаються, випадковим чином рівномірно в інтервалі  $[-0,01; 0,01]$ , вагові коефіцієнти адаптивних суматорів нейронів, далі визначається метод

навчання НМ. Його завдання полягає в пошуку вірного вектора вихідних сигналів. Найбільш поширений алгоритм навчання для прогнозування часових рядів є алгоритм зворотного розподілу похибки.

4.5. Визначення умов зупинки навчання мережі. Зупинка процесу навчання відбувається при виконанні однієї з умов: похибка мережі на навчальній вибірці, отримана за допомогою обраного методу оцінки, не перевищує заданий користувачем рівень, зменшення похибки мережі не перевищує заданого значення. Нейромережа вважається навченою після досягнення заданого (малого) значення функції оцінки тобто при виконанні першої умови зупинки.

Нашими дослідженнями визначено, що застосування одного методу навчання нейромережі може привести до локальних екстремумів (помилки), які часто не забезпечують необхідної якості навчання. Тому для забезпечення знаходження глобального мінімуму використовують три підходи:

– системне застосування методів навчання НМ, наприклад: на першому етапі НМ навчається за допомогою алгоритму зворотного розподілу похибки, а на другому коригується методом пов'язаних градієнтів;

– збільшення коефіцієнта інерції навчання – процедура «удар». У разі



Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

припинення зменшення похибки мережі в процесі навчання проводиться додавання рівномірно розподіленої випадкової величини до вагових коефіцієнтів зв'язків мережі (інерції) і навчання продовжується. Якщо в результаті використання найбільшої за величиною інерції похибка мережі не зменшилася, процес навчання мережі даної структури припиняється;

– використання гаусового розподілу – додавання шуму допомагає «вирватися» з локального мінімуму (вихід з мінімуму тим імовірніше, чим менше розміри його області притягання), і підвищити ймовірність знаходження глобального мінімуму цільової функції НМ.

4.6. Навчання нейромережі. Відбувається безпосереднє навчання нейромережі за раніше заданими параметрами.

4.7. Визначення критеріїв вибору кращої нейромережі. Здійснюють якісну оцінку створених нейромоделей шляхом аналізу можливості узагальнення результатів досліджень, рівня чутливості НМ, порівняння емпіричних і апроксимуючих даних за статистичними критеріями. Здатність узагальнення НМ вхідних даних дає можливість отримувати обґрунтований результат на підставі нових даних, які не

використовувалися в процесі навчання НМ.

Підсумкова статистика результатів навчання НМ для прогнозування агрокліматичних показників визначається за наступними критеріями: математичне очікування похибки, стандартне відхилення похибки, математичне очікування абсолютної похибки, значення кореляції вхідних (фактичних) даних із розрахунковими у навчальній і тестовій вибірці. На основі вищевказаних статистичних критеріїв здійснюється відбір кращої нейронної мережі.

4.8. Апаратна реалізація (ідентифікація) і використання моделі нейромережі для прогнозування. Здійснюється прогнозування агрокліматичних показників та формування бази даних (фактичні і прогнозні дані) за окремими стаціонарами моніторингових площадок, яка надалі імпортується в ГІС-додаток для створення тематичних карт.

На *п'ятому етапі* здійснюється просторове моделювання змін властивостей агрокліматичних показників за допомогою інструментів і методів ГІС-технологій, що включає:

5.1. Створення за допомогою ГІС-програми (ArcGIS) просторово-координованих векторних моделей стаціонарів моніторингових площадок (тип об'єктів «точковий») в

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

межах сільськогосподарських полів (тип об'єктів «полігон») на основі топографічних зйомок. Географічна система координат – WGS 1984. Векторна інформація зберігається в окремому шарі, тип файлу – «\*. shp».

5.2. Присвоєння атрибутивних даних (фактичні і прогнознi дані) за агрокліматичними показниками території агропідприємства системі стаціонарив моніторингових площадок в Attribute Table shp-файла.

5.3. Створення тематичних цифрових моделей (візуалізація) із застосуванням геостатистичних методів робочого модуля Geostatistical Analyst of ArcGis – глобального та локального полінома, радіальні базисної функції, кригінгу, кокрігінгу.

Створення інтерполяційної моделі включає три основних етапи:

–дослідження даних, що являє собою набір інструментів і статистичних методів, які дозволяють визначити оптимальний метод для побудови інтерполяційної поверхні просторового моделювання змін властивостей агрокліматичних показників. На даному етапі аналізується просторовий розподіл емпіричних даних із використанням графічних методів варіограм і коваріацій, тренду та автокореляції;

–підбір моделі для побудови інтерполяційної поверхні: на даному етапі здійснюється підбір кращого

методу і настройка його параметрів для побудови інтерполяційної поверхні з урахуванням просторових закономірностей формування агрокліматичних умов;

–діагностика просторових моделей – здійснюється перехресна перевірка, яка дає можливість прийняти остаточне рішення про те, яка з моделей найбільш точно інтерполює просторово розподілені значення. Для моделі, що виконує точну інтерполяцію, середня похибка повинна бути близька 0, середньоквадратична нормована похибка повинна бути близька до 1, середньоквадратична похибка обчислень повинна мати мінімальні значення.

5.4. Побудова тематичних карт – визначається шкала тематичного відображення властивостей агрокліматичних показників території сільськогосподарських земель і відображається просторова зміна розрахункової ознаки досліджуваної території для просторово-часової оцінки її неоднорідності.

*Шостий етап* направлений на створення необхідних експертних систем для прийняття управлінських рішень в управлінні органічним землеробством.

*Сьомий етап* направлений на створення експертних систем на основі передового досвіду ведення органічного землеробства.

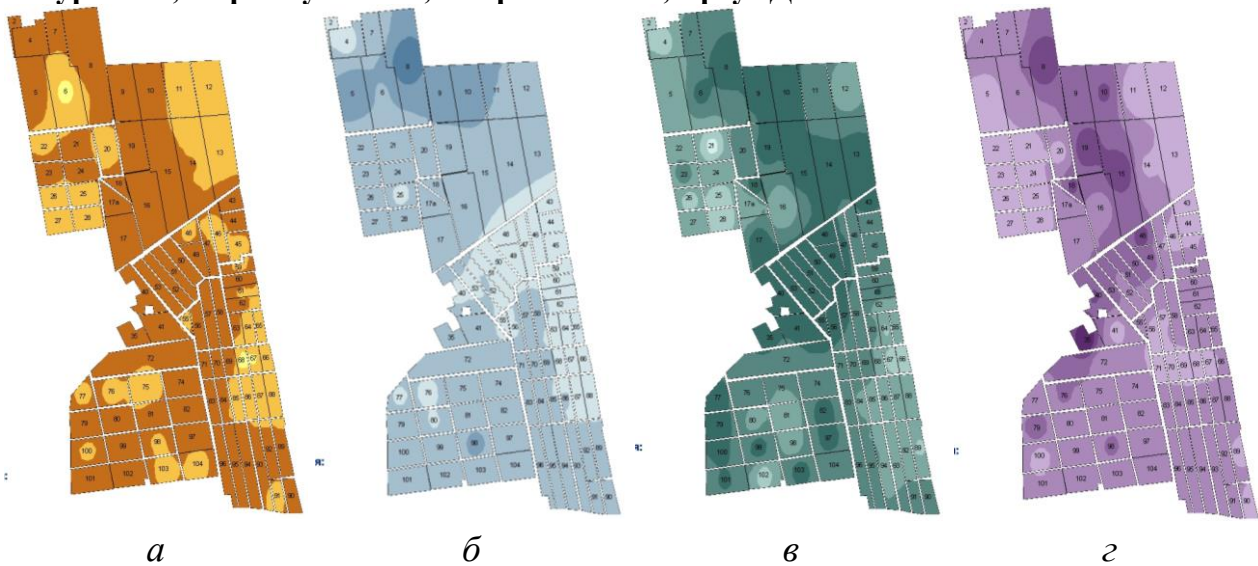
Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

*Восьмий етап* включає налагодження системи управління та впровадження розробки у виробничий процес органічного землеробства.

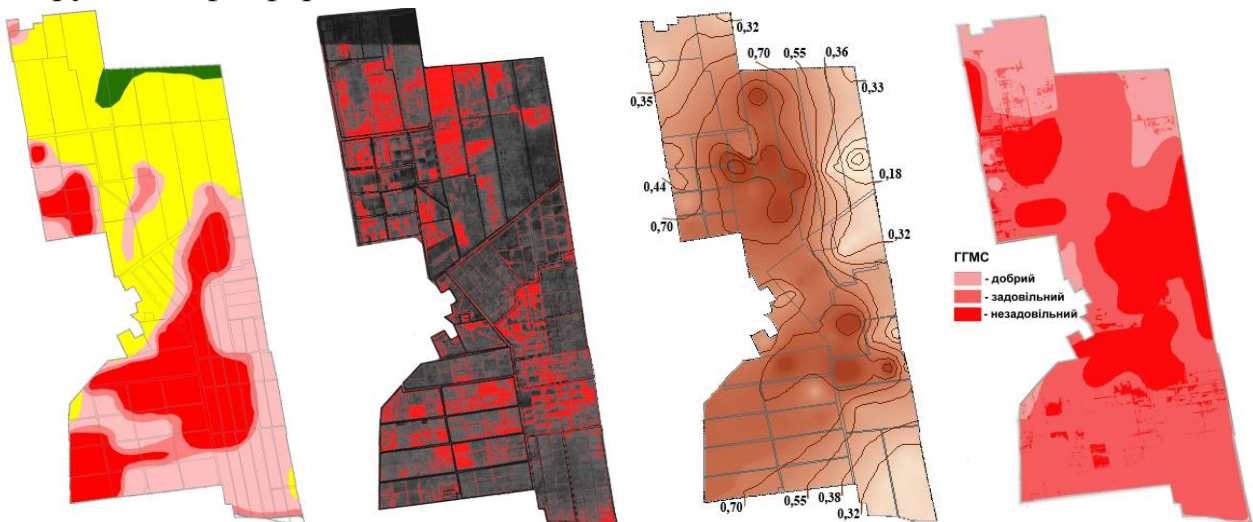
Впровадження ГІАС органічного землеробства дозволить фахівцям та керівникам аграрного підприємства отримувати повну і достовірну інформацію про структуру угідь та сівозмін (їх площа, цільове використання, якісний стан тощо); отримувати інформацію про місцезнаходження будь-якого об'єкта господарства та відстань між ними з похибкою не більше 1,0-2,0 м (наприклад, визначати довжину гону за цифровою картою); визначати обсяг і площу виконаних робіт з метою розрахунку оплати праці, використовуючи супутникові навігаційні приймачі та цифрові карти; контролювати витрати палива при здійсненні польових робіт; оперативно враховувати внесення органічних добрив; здійснювати постійний контроль обсягів витрат насіння в період висіву та збору

урожаю; коригувати структуру сівозмін із врахуванням рельєфу, схилів і їх експозицій на будь-якій ділянці ріллі; визначати вологозабезпеченість ґрунтів для управління зрошенням; оптимізувати механізовану обробку ґрунтів; вести електронні книги історії полів сівозмін у цифровій карті; проводити коригування агрономічних заходів на полях і окремих ділянках угідь за рахунок наявності інтегрованих в цифрову карту даних агрохімічних обстежень ґрунтів (рис. 6); здійснювати заходи щодо покращення еколого-меліоративного стану сільськогосподарських земель (рис. 7); оцінювати енергетичний потенціал зовнішніх факторів на ефективність діяльності органічного землеробства; моделювати та прогнозувати стан діяльності органічного землеробства із застосуванням штучних нейронних мереж, геоінформаційних систем та технологій дистанційного зондування Землі.

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.



**Рис. 6.** Приклад картограм розподілу мікроелементів у ґрунтах Інституту рису НААН України (шар 0...20 см): *а* – гумус; *б* – нітрифікаційний азот; *в* – рухомий фосфор; *г* – обмінний калій



**Рис. 7.** Приклад картограм еколого-меліоративного стану ґрунтів Інституту рису НААН України: *а* – рівень ґрунтових вод; *б* – землі із ознаками засолення за даними космічного знімку; *в* – ступінь засолення земель; *г* – еколого-меліоративний стан

На дев'ятому (кінцевому) етапі здійснюється навчання фахівців агропідприємства і технічний супровід геоінформаційно-аналітичної систему органічного землеробства (збір, систематизація, обробка, аналіз, оцінка, моделювання, прогнозування, представлення результатів

досліджень, розробка заходів і прийняття управлінських рішень).

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Для інформаційного забезпечення перехідного періоду та підтримки ведення органічного агровиробництва розроблена модель структури геоінформаційно-



**Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.**

аналітичної системи (ГІАС) органічного землеробства на державному рівні та запропоновані основні етапи її реалізації на рівні окремих агропідприємств, які включають: проектування і створення бази геоданих, розробку картографічної основи, їх інформаційне насичення польовими даними досліджень та просторовими даними дистанційного зондування Землі, створення експертних систем на основі передового досвіду ведення органічного землеробства. ГІАС

повинна включати такі складові як інформаційне, технічне, програмне, математичне, організаційне і правове забезпечення. Необхідним є подальше практичне впровадження моделі структури геоінформаційно-аналітичної системи органічного землеробства на локальному та регіональному рівнях для активізації і постійної підтримки інформаційно-консультаційної роботи із питань впровадження та підтримки системи органічного землеробства.

*Публікація підготовлена в рамках виконання досліджень за фінансування Державним фондом фундаментальних досліджень (Договір від 08.09.2017, Ф76/93-2017, тема «Інформаційне забезпечення розвитку конкурентоспроможного органічного сільського господарства України в умовах євроінтеграції»).*

### **Список використаних джерел**

1.Постанова Ради (ЄС) № 834/2007 від 28 червня 2007 року стосовно органічного виробництва і маркування органічних продуктів, та скасування Постанови (ЄЕС) № 2092/91. URL:

[http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg\\_834\\_2007%20Organic%20Production\\_UA.pdf](http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf)

2.Регламенту Комісії (ЄС) № 889/2008 «Детальні правила щодо органічного виробництва, маркування і контролю для впровадження Постанови Ради (ЄС) №834/2007». URL:

[http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EC\\_Reg\\_889\\_2008\\_Implementing\\_Rules\\_UA.pdf](http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EC_Reg_889_2008_Implementing_Rules_UA.pdf)

3.Закону України № 5448-д «Про основні принципи та вимоги до

органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції». URL:

<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19>

4.Стратегії розвитку аграрного сектору економіки України на період до 2020 року. URL:

<http://minagro.gov.ua/node/7644>

5.Вовк В. Сертифікація органічного сільського господарства в Україні: сучасний стан, перспективи, стратегія на майбутнє. URL:

<http://www.lol.org.ua/ukr/vegetables/showart.php?id=15634>

6.Артиш В. І. Управлінські аспекти розвитку виробництва екологічно чистої продукції в сільському господарстві України. : Науковий вісник Національного



- Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С. аграрного університету. 2006. 102. С. 242-247.
7. Кантемиров Р. Ф. Организационно-экономические аспекты производства экологической сельскохозяйственной продукции в мире : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. экон. наук : спец. 08.00.14 Кантемиров. М., 2007. 19 с.
8. Буга Н. Ю., Яненко І. Г. Перспективи розвитку органічного виробництва в Україні. : Актуальні проблеми економіки. 2015. 2. С. 117-125.
9. Стоволос Н.Б. Екологізація як ключовий елемент розвитку АПК. : Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Економіка і менеджмент». Суми: СНАУ. 2015. Вип. 5 (56). С. 170-174.
10. Берлач Н.А. Розвиток органічного напрямку у сільському господарстві України (адміністративно-правові основи): автореферат дис. на здобуття ступеня доктора юридичних наук: 12.00.07 «Адміністративне право і процес; фінансове право; інформаційне право» К., 2014. 34 с.
11. Славгородська Ю. В. Виробництво органічної продукції в Україні: стан та перспективи. : Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 4. С. 49-54.
12. Тіхонова Н. О., Межинська-Бруй О. Ю. Органічна продукція: переваги і недоліки. : Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2014. 20(5) С. 98-104.
13. Vieira L. M., Hoppe A. Organic Food: Production and Control. : Encyclopedia of Food and Health. 2016. Vol. 6. P. 178-180.
14. Wachter J. M., Reganold J. P. Organic Agricultural Production: Plants. : Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. 2014. Vol. 2. P. 265-286.
15. Gélinas P., David C. Organic Grain Production and Food Processing. : Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 154-161.
16. Bernard L., Kanellopoulos I., Annoni A., Smits P. The European geoportal – one step towards the establishment of a European Spatial Data Infrastructure. : Computers, Environment and Urban Systems. 2013. Vol. 20, Is. 2 P. 15-31.
17. Maguire D. J., Longley P. A. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. : Computers, Environment and Urban Systems. 2015. Vol. 29, Is. 1 P. 3-14.
18. Tait M. G. Implementing geoportals: applications of distributed GIS. : Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. 2015. Vol. 32 P. 1-15.

### References

1. Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 concerning organic production and labeling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91 [Postanova Rady (JeS) № 834/2007 vid 28 chervnja 2007 roku stosovno organichnogo vyrobnyctva i markuvannja organichnyh produktiv, ta skasuvannja Postanovy (JeES) № 2092/91]. URL: [http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg\\_834\\_2007%20Organic%20Production\\_UA.pdf](http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf). (in Ukrainian)

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

2. Commission Regulation (EC) No. 889/2008 "Detailed rules for organic production, labeling and control for the implementation of Council Regulation (EC) No.834 / 2007" [Reglamentu Komisii' (JeS) № 889/2008 «Detal'ni pravyla shhodo organichnogo vyrobnyctva, markuvannja i kontrolju dlja vprovadzhennja Postanovy Rady (JeS) №834/2007»]. URL:

[http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EC\\_Reg\\_889\\_2008\\_Implementing\\_Rules\\_UA.pdf](http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EC_Reg_889_2008_Implementing_Rules_UA.pdf). (in Ukrainian)

3. Law of Ukraine No. 5448-д "On Basic Principles and Requirements for Organic Production, Turning and Marking of Organic Products" [Zakonu Ukrai'ny № 5448-d «Pro osnovni pryncypy ta vymogy do organichnogo vyrobnyctva, obigu ta markuvannja organichnoi' produkcii'»]. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19>. (in Ukrainian)

4. Strategies for the development of the agrarian sector of the Ukrainian economy for the period up to 2020 [Strategii' rozvytku agrarnogo sektoru ekonomiky Ukrai'ny na period do 2020 roku]. URL: <http://minagro.gov.ua/node/7644>. (in Ukrainian)

5. Vovk V. Certification of organic agriculture in Ukraine: current state, prospects, strategy for the future [Sertyfikacija organichnogo sil's'kogo gospodarstva v Ukrai'ni: suchasnyj stan, perspektyvy, strategija na majbutnje]. URL: <http://www.lol.org.ua/ukr/vegetables/shewart.php?id=15634>. (in Ukrainian)

6. Artysh V. I. (2006). Management aspects of development of

production of ecologically pure products in agriculture of Ukraine [Upravlins'ki aspekty rozvytku vyrobnyctva ekologichno chystoi' produkcii' v sil's'komu gospodarstvi Ukrai'ny]. Scientific herald of the National Agrarian University, 102, 242–247. (in Ukrainian)

7. Kantemyrov R. F. (2007). Organizational-economic aspects of production of ecological agricultural products in the world [Organyzacyonno-ekonomycheskye aspekty proyzvodstva ekologycheskoj sel'skohozjajstvennoj produkcyy v myre]: abstract dissertation for the degree of candidate of economic sciences: specialty 08.00.14, Moscow, 19. (in Russian)

8. Buga N. Ju., Janenkova I. G. (2015). Prospects for the development of organic production in Ukraine [Perspektyvy rozvytku organichnogo vyrobnyctva v Ukrai'ni]. Actual problems of the economy, 2, 117–125. (in Ukrainian)

9. Stovolos N. B. (2015) Ecologization as a key element in the development of the AIC [Ekologizacija jak ključovyj element rozvytku APK]. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Economics and Management", 5 (56), 170–174. (in Ukrainian)

10. Berlach N. A. (2014). Development of the organic direction in agriculture of Ukraine (administrative legal basis) [Rozvytok organichnogo naprjamy u sil's'komu gospodarstvi Ukrai'ny (administratyvnopravovi osnovy)]: abstract the dissertation for the degree of Doctor of Laws: 12.00.07 "Administrative law and process;

- Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С. finance law; information law", Kiev, 34. (in Ukrainian)
11. Slavgorods'ka Ju. V. (2016). Organic production in Ukraine: state and prospects [Vyrobnyctvo organichnoi' produkciï v Ukraïni: stan ta perspektyvy]. Newsletter of the Poltava State Agrarian Academy, 4, 49–54. (in Ukrainian)
12. Tihonova N. O., Mezhynts'ka-Bruj O. Ju. (2014). Organic products: advantages and disadvantages [Organichna produkciya: perevagy i nedoliky]. Scientific works of the National University of Food Technologies, 5 (50), 98–104. (in Ukrainian)
13. Vieira L. M., Hoppe A. (2016). Organic Food: Production and Control. Encyclopedia of Food and Health, 6, 178–180.
14. Wachter J. M., Reganold J. P. (2014). Organic Agricultural Production: Plants. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems, 2, 265–286.
15. Gélinas P., David C. (2016). Organic Grain Production and Food Processing. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), 4, 154–161.
16. Bernard L., Kanellopoulos I., Annoni A., Smits P. (2013). The European geoportal – one step towards the establishment of a European Spatial Data Infrastructure. Computers, Environment and Urban Systems, 2 (20), 15–31.
17. Maguire D. J., Longley P. A. (2015). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. Computers, Environment and Urban Systems. 1 (29), 3–14.
18. Tait M. G. (2015). Implementing geoportals: applications of distributed GIS. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 32, 1–15.

## МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**В. И. Пичура, П. М. Скрипчук,  
Л. А. Потравка, Д. С. Бреус**

***Аннотация.** Ведение традиционного земледелия характеризуется высокими показателями эффективности, но приводит к снижению плодородия почвы и загрязнения окружающей среды синтетическими удобрениями и пестицидами, уделяется мало внимания биологическому качеству продукции, которая должна оцениваться не только внешними*

*характеристиками, вкусом и размерами, но и способностью поддерживать здоровье человека. Поэтому вопрос экологизации сельского хозяйства и ужесточение требований к экологичности полученной продукции на сегодняшний день является одним из главных приоритетов эколого-экономической безопасности Украины. Это достигается путем стабилизации и улучшения экологического состояния территории, охраны, рационального использования и воспроизводства земельных ресурсов. Неотъемлемым инструментом реализации этих задач является геоинформационно-аналитической системы (ГИАС)*

Пічуря В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

*органического земледелия, которая основана на использовании современных, мощных инструментов и методов обработки данных для сопровождения агропроизводителей в переходном периоде и постоянной поддержки их развития. Государственная структура ГИАС органического земледелия должна включать локальный (предприятие), региональный и национальный (государственный) уровне или в соответствии оперативный, тактический и стратегический уровни управления. Основой информационного обеспечения ГИАС является локальный уровень исследований за счет накопления и систематизации полевых данных исследований и данных дистанционного зондирования Земли. Представлены основные этапы ее реализации на локальном уровне, которые включают проектирование и создание базы геоданных; разработку картографической основы; их информационное насыщение полевыми данными исследований и пространственными данными дистанционного зондирования Земли; создание экспертных систем на основе передового опыта ведения органического земледелия. Апробация модели архитектуры ГИАС органического земледелия проведена на примере земель Института риса НААН Скадовского района Херсонской области.*

**Ключевые слова:** органическое земледелие, геоинформационно-аналитическая система, система управления базами данных, ГИС-технологии, нейротехнологии

## STRUCTURE'S MODEL OF THE GEOINFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF ORGANIC AGRICULTURE

V. I. Pichura, P. M. Scripchuk,  
L. O. Potravka, D. S. Breus

*Abstract. Traditional agriculture is characterized by high rates, but it leads to a decrease of soil fertility and environmental pollution with synthetic fertilizers and pesticides, and the biological quality of products is not sufficiently appreciated, the assessment of these products proceeds not only by its attractive appearance, taste and size, but also by its ability to maintain health. Therefore, the issue of ecologization of agriculture and strengthening the requirements for ecological state of received products today is one of the main priorities of Ukraine's ecological and economic security. This achieved through stabilization and improvement of the ecological state of the territory, protection, rational use and reproduction of land resources. An indispensable tool for these tasks is Geoinformation and Analytical System (GIAS) of organic agriculture, which is based on the use of modern, powerful tools and data processing methods to support agricultural producers in the transitional period and to support continuously their development. The state structure of GIAS of organic agriculture should include local (company), regional and national (state) levels or, respectively, operational, tactical and strategic levels of management. The basis of information support of GIAS is a local level of research through the accumulation and systematization of collected data from research and data*

Пічура В. І., Скрипчук П. М., Потравка Л. О., Бреус Д. С.

*from remote sensing of the Earth. The main stages of its realization on the local level are presented, which include: designing and creating a geodatabase, developing of a mapping grounding, their information saturation with collected data and spatial data of remote sensing of the Earth, creation of expert systems based on best practices in organic agriculture. The approbation of architecture model of GIAS is feasible on the example of the Institute of Rice of NAAS in Skadovsk district of the Kherson region.*

**Key words:** *organic agriculture, geoinformation and analytical system, database management system, GIS-technology, neurotechnology*