УДК 633:631.5:551.50:528.88

Моніторинг росту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект "Марс"

Кравчук В., д-р техн. наук, проф., чл.-кор. УААН, **Ковтуненко О.,** в.о. зав. відділу (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Наведено структуру системи прогнозування урожайності сільськогосподарських культур за європейським проектом МАРС, джерела вхідних даних та кінцеві результати кожного рівня системи.

Проблема довгострокового прогнозування росту та урожайності основних сільськогосподарських культур в умовах ринкової економіки є актуальною і недостатньо вирішеною. Усіх суб'єктів агробізнесу завжди цікавило, як сформується ринок зерна та цінова політика нового врожаю. Відповісти на це запитання можна лише маючи об'єктивний прогноз урожайності цих культур, розроблений за методикою, що враховує всі параметри, які впливають на формування елементів урожайності.

Слід окремо зазначити, що прогноз урожайності все більше й більше претендує на місце головного показника у наукових дослідженнях з експертизи технологій.

Проблемою прогнозування урожайності в тій чи іншій мірі займаються науковці всіх країн з розвинутим сільським господарством. Найбільші досягнення в цьому плані мають Сполучені Штати Америки та Європейська Комісія, які прогнозують урожайність основних сільськогосподарських культур не лише на власній території, а й у всьому світі. Серед європейських країн найбільш якісні прогнози урожайності складає Голландія.

В Україні також було проведено низку досліджень, на основі яких розроблено статистично-біологічні моделі прогнозування урожайності сільськогосподарських культур [1, 7].

В основі більшості моделей прогнозування – як вітчизняних, так і зарубіжних – лежить історичний ряд урожайності окремих культур, який характеризує дію усіх факторів, які впливають на ріст і розвиток рослин, окрім кліматичних. Іншими словами, це ті фактори, які показують рівень розвитку технології вирощування, спеціалізацію господарств та адміністративно-територіальні особливості окремих регіонів. На основі цього ряду будують тренд, який є відправною точкою для розрахунку кількісного значення урожайності. Основним завданням моделі прогнозування урожайності є порівняння оптимальних параметрів росту культури з конкретними значеннями поточного року та оцінювання їх впливу на кінцеву урожайність.

Недоліком існуючих вітчизняних моделей прогнозування врожайності є те, що вони враховують лише декілька основних метеорологічних параметрів, зокрема середньодобову температуру та кількість

© Кравчук В., Ковтуненко О., 2009

опадів. Майже всі інші параметри не враховуються взагалі, або враховуються опосередковано.

Отже, залучення до моделі прогнозування врожайності якнайбільшої кількості метеорологічних та агрометеорологічних параметрів є запорукою покращення якості прогнозу та підвищення його завчасності.

Метою проекту є адаптація європейської системи моніторингу агроресурсних систем та прогнозування урожайності сільськогосподарських культур МАРС, яка використовує 30 метеорологічних параметрів, до умов основних ґрунтово-кліматичних зон України.

Серед головних завдань системи МАРС – впровадження та калібрування системи моніторингу росту сільськогосподарських культур (CGMS – Crop Growth Monitoring System), адаптація моделі та розробка рекомендацій з прогнозування врожайності основних сільськогосподарських культур в умовах різних ґрунтово-кліматичних зон України.

На сьогодні *методологічний підхід системи прогнозування урожайності сільськогосподарських культур МАРС (MCYFS – MARS Crop Grow Forecasting System)* включає (рис. 1):

- роботу з метеорологічною базою даних;
- роботу з базою даних супутникових знімків середньої та низької роздільної здатності;
- роботу з агрометеорологічними моделями та базою даних;
- статистичну обробку баз даних та прогноз урожайності сільгоспкультур на європейському рівні;
- публікацію бюлетенів, що містять аналіз, прогнози і тематичні карти очікуваної врожайності.

Множиною елементів MCYFS керують через Систему моделювання росту сільськогосподарських культур. CGMS – комбінація моделі росту сільськогосподарських культур WOFOST, пов'язаної з нею бази даних та статистичної інформації про урожайність. Саме система CGMS, на початковому етапі прогнозування врожайності, оперує метеорологічною та агрометеорологічною базами даних.

Робота з метеорологічною базою даних включає в себе збір та обробку метеорологічної інформації з мережі наземних метеостанцій (рис. 2).

Для оцінки врожайності сільськогосподарських культур дані метеорологічних станцій використовуються двома способами. По-перше, як вхідна інформація для моделі росту рослин WOFOST; по-друге – як погодні індикатори для прямої оцінки небезпечних ситуацій, таких як посухи, зливи під час сівби, цвітіння або збирання врожаю тощо [5].

Оброблені щоденні метеорологічні дані складаються з тридцяти метеорологічних параметрів, включаючи різні індикатори хмарного покриву, температури повітря (максимальна, мінімальна, строкова), тиск водяної пари, швидкість вітру, атмосферні опади тощо. Із розшифрованого набору сирих даних метеостанцій, за допомогою спеціальних розрахункових формул, отримують інші необхідні метеорологічні індикатори, які на цих станціях або не вимірюються, або потребують усереднення (середні температури, суми атмосферних опадів, сумарне випаровування, транспірація, сумарна радіація тощо). Щоденна оцінка метеопараметрів приводиться до декадних, місячних, сезонних та середньорічних показників і зберігається у відповідних таблицях бази даних.

Для моделювання росту сільськогосподарських культур програма інтерполює щоденні метеорологічні станційні дані на регулярну кліматичну сітку (рис. 3). Розмір осередку сітки гнучкий і може бути різним для кожного певного параметра (здебільшого 25х25 км, а в регіонах з недостатньою щільністю метеомережі – 50х50 км, оскільки щільність мережі метеорологічних станцій – головний фактор, що визначає розмір осе-

Рис. 1. **Структура MCYFS [2]**

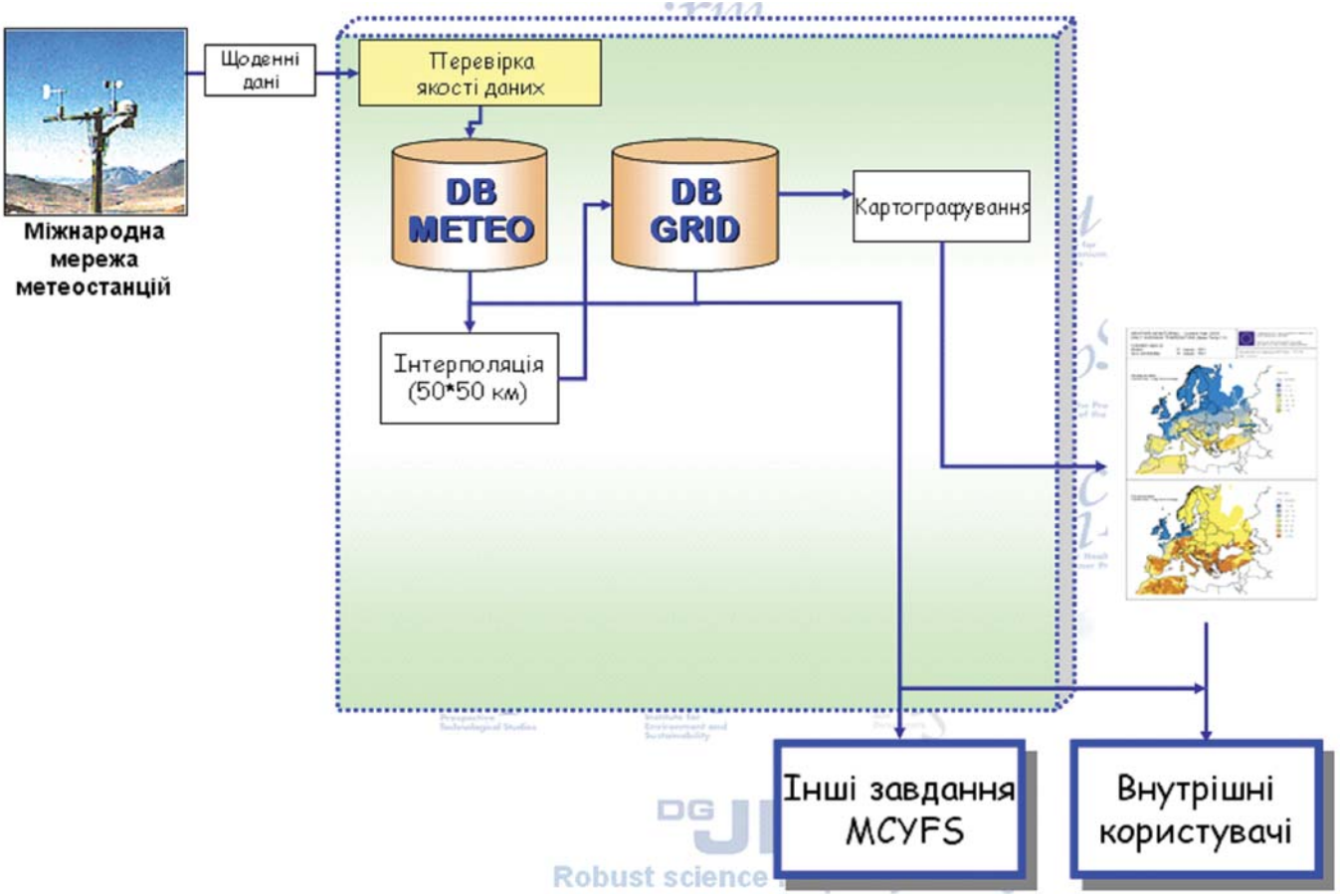

Рис. 2. **Схема метеорологічної бази даних [2**

редків сітки).

Робота з базою даних супутникових знімків включає в себе процеси збору, обробки та аналізу даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [3].

Дані ДЗЗ використовують для оперативного оцінювання стану посівів сільськогосподарських культур на великих площах. На практиці це здійснюється методом супутникової зйомки з подальшим аналізуванням знімків. Отримані знімки обробляють і отримують показники стану рослинності (так звані вегетаційні індекси (BI): NDVI, DMP тощо), які потім порівнюються з агрометеорологічними показниками та використовуються у вигляді вхідної інформації для процесу моделювання стану сільськогосподарських культур та прогнозування їх врожайності.

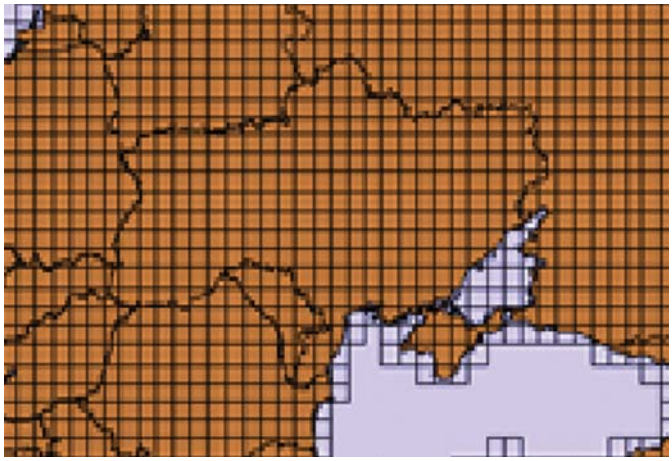

Рис. 3. **Регулярна кліматична сітка для інтерполяції даних у метеорологічній базі даних**

Вся отримана інформація інтерполюється на сітку розміром 25х25 км та компонується у мозаїчні регіональні карти.

Дані дистанційного зондування характеризують критерії загального впливу умов навколишнього середовища на рослинність, не уточнюючи, яка саме частина кліматичних умов насправді впливає на рослинність. Цей процес називається «дедуктивним» і часто розглядається в основі моделей прогнозування зернових як достатній для того, щоб зробити висновки щодо поточної поведінки зернових та пояснити остаточні прогнози з найменшою неточністю.

Оперування агрометеорологічними моделями та базою даних включає поєднання метеорологічних даних з процесами формування біомаси з використанням допоміжної інформації (параметрів сільськогосподарських культур та ґрунту, даних адміністративних одиниць), введеної у вигляді фундаментальних доповнень для даного моделювання [4].

Параметри сільськогосподарських культур поділяють на дві категорії. Перша – описує ріст і розвиток культури, друга – просторове і часове розповсюдження певної культури та прив'язку до кліматичної сітки.

При моделюванні росту сільськогосподарських культур використовують базу декадних середньо-багаторічних агрометеорологічних даних. CGMS оперує двома основними моделями: WOFOST – для моделювання росту сільськогосподарських культур та LINGRA – для моделювання росту трав на пасовищах. Моделювання проводять для таких основних культур: пшениці, ячменю, кукурудзи, рису, соняшнику, ріпаку, цукрових буряків, картоплі, бобів та пасовищних трав.

Розрізняють два типи індикаторів, які використовуються при моделюванні росту сільськогосподар-

ських культур: потенційні – які характеризують максимальне біологічно можливе значення окремого індикатора, та обмежені запасами води в ґрунті, які характеризують значення окремого індикатора за умови наявності певної кількості ґрунтової вологи.

Основними індикаторами сільськогосподарських культур є:

- надземна біомаса (характеризує інтенсивність наростання надземної частини рослин за певний період або від початку вегетації, т/га);
- накопичення поживних речовин в органах (характеризує інтенсивність приросту запасаючих органів рослин (зерна, коренеплодів, тощо) за певний період або від початку вегетації, т/га);
- індекс листової поверхні – характеризує розвиток листків і виражається відношенням площі листків до площі посіву, $м^2/м^2$;
- відносна вологість ґрунту, %;
- водопотреба сільськогосподарських культур;
- водоспоживання (фактичне) сільськогосподарських культур.

Ці індикатори є важливою вхідною інформацією для будь-якої моделі росту сільськогосподарських культур.

Статистична обробка бази даних та прогноз урожайності сільськогосподарських культур включає поєднання показників, отриманих з метеорологічних, агрометеорологічних даних та даних ДЗЗ із часовим статистичним рядом офіційної урожайності за допомогою регресійних моделей та аналіз отриманих залежностей [6].

MCYFS характеризується змішаним підходом до кількісного визначення прогнозованої урожайності (рис. 4). Після того, як CGMS змоделює необхідні параметри росту та розвитку сільськогосподарських культур і видасть декілька можливих сценаріїв подальшого їх росту, аналітики, використовуючи методи статистичного аналізу, формують набір тих параметрів, які, на їх думку, чинять найбільший вплив на формування елементів урожайності в поточному році. Після цього вони проводять розрахунок кінцевої величини прогнозованої врожайності. В окремих випадках, коли на певній території відмічаються критичні умови або надзвичайні явища (паводки, пожежі, буревії тощо), аналітики «вручну» знижують величину прогнозованої урожайності з урахуванням ступенів пошкодження посівів сільськогосподарських культур.

Кінцевим результатом є кількісні прогнози урожайності, які друкуються в бюлетенях MARS.

Інформаційний потік MCYFS можна розділити на три рівні (рис. 5), в яких кінцеві дані попереднього рівня є вхідними даними наступного. Але проміжні дані самі по собі можуть мати значний інтерес для користувачів, які займаються суміжними дослідженнями в галузі сільського господарства та агрометеорології. Зокрема, в результаті першого рівня – моніторингу погоди – можна отримати погодні індикатори для кожного осередку сітки розміром 50х50 км, які в часовому вимірі (графіки) або просторовому (карти) характеризують поточні погодні умови та дають можливість порівняти їх з даними минулих років та агрегатувати в середньообласні та загальнодержавні.

В результаті другого рівня – моделювання росту сільськогосподарських культур – отримуємо зображення модельованих параметрів росту рослин та вегетаційні індекси, які зручно використовувати для оцінювання стану розвитку рослинності на великих та віддалених масивах.

В результаті третього рівня системи – прогнозування урожайності – ми отримуємо прогноз урожайності, який є головною складовою бюлетеня, що також містить кінцеві дані перших двох рівнів.

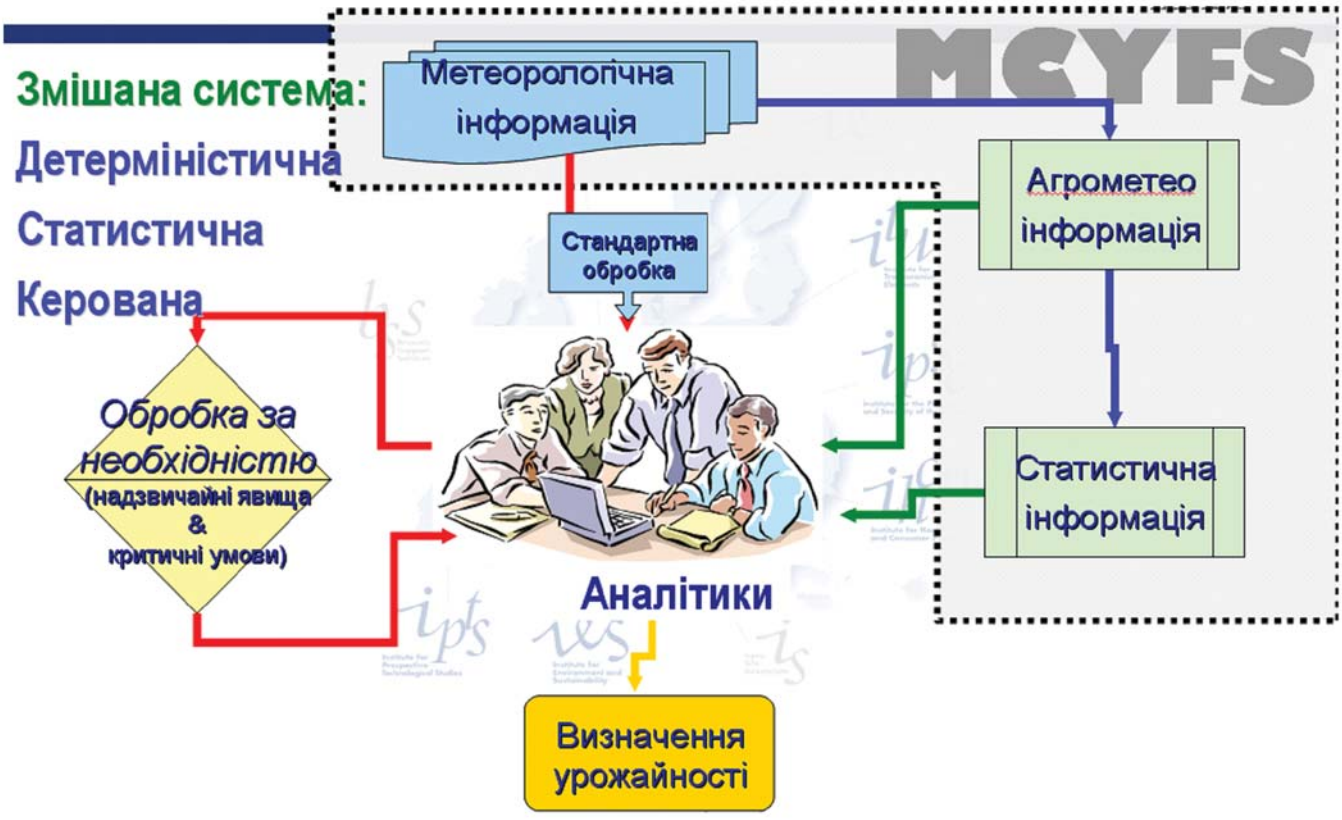

Рис. 4. **Схема змішаного підходу MCYFS [2]**

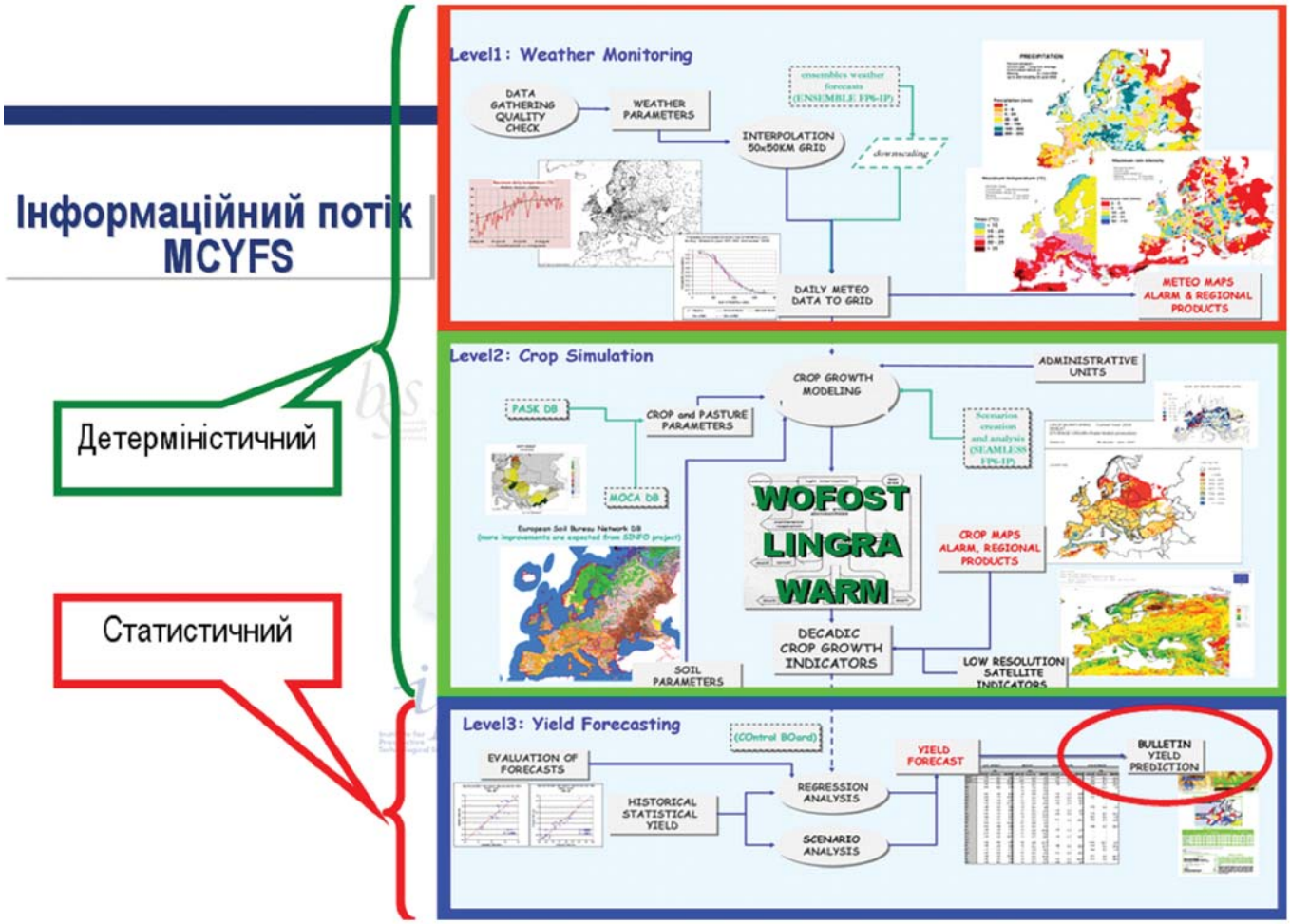

Рис. 5. **Інформаційний потік MCYFS [2]**

Висновки. Система прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за проектом MARS ґрунтується на багатофакторному аналізі різних інформаційних джерел: супутникових даних, метеорологічної, агрометеорологічної та статистичної інформації. В перспективі розвитку проекту планується врахування впливу довгоперіодних кліматичних змін на стан аграрного сектору, що дозволить точніше проводити довготермінове прогнозування очікуваної врожайності та продуктивності основних сільськогосподарських культур.

Приєднання нових країн, і зокрема України, до проекту моніторингу агроресурсів та прогнозування урожайності за допомогою супутникових даних MARS потребує тривалої підготовки необхідних баз даних та адаптації існуючих європейських моделей до національних природно-кліматичних ресурсів.

Впровадження методик системи MARS в Україні є надзвичайно перспективним напрямком, оскільки дозволить точніше прогнозувати урожайність і валові збори основних сільськогосподарських культур на початку поточного сільськогосподарського сезону, що підвищить стабільність нашої держави як експортера зернових культур та дозволить заздалегідь прогнозувати ринок продукції рослинництва.

Список літератури

1. Системні дослідження та моделювання в землеробстві. Збірник наукових праць УкрДНДПТІ «Агроресурси» / За ред. А.О. Шевченка. К.: Нива, 1998.

2. Fabio Micale Ph.D. AGRI4CAST: Meteo & Agrometeo infrastructure in the MCYFS

3. Antoine Royer and Giampiero Genovese and others. Methodology of the MCYFS Vol. 3. Remote Sensing information, data collection, processing and analysis. 2004. 76 p. http://mars.jrc.it/mars/Bulletins-Publications/METAMP-part-3.

4. Catalin Lazar and Giampiero Genovese and others. Methodology of the MCYFS Vol. 2. Agrometeorological modelling, processing and analysis. 2004. 98 p. http://mars.jrc.it/mars/Bulletins-Publications/METAMP-part-2.

5. Fabio Micale, Giampiero Genovese and others. Methodology of the MCYFS. Vol 1. Meteorological data collection, processing and analysis. 2004. 100 p. http://mars.jrc.it/mars/Bulletins-Publications/METAMP-part-1.

6. Giampiero Genovese and Manola Bettio and others. Methodology of the MCYFS. Vol 4. Statistical data collection, processing and analysis. 2004. 92 p. http://mars.jrc.it/mars/Bulletins-Publications/METAMP-part-4.

7. Кравчук В.І., Ковтуненко О.В., Сердюченко Н.М. та ін. Аналіз і прогноз розвитку та урожайності основних сільськогосподарських культур в Україні і світовий ринок продукції рослинництва; Бюлетень № 1. – Дослідницьке, 2009. – 17 с.