
ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.8 : 332.3

В. І. Зацерковний, к.т.н. доцент,
С. В. Кривоберець, викладач,
В. В. Сергієнко, аспірант

**ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ**

У роботі виконаний огляд даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій у системах сільськогосподарського моніторингу різних країн світу. Наведено структуру системи MCYFS, однією з функцій якої є прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за європейським проектом MARS, джерела вхідних даних і кінцеві результати кожного рівня системи.

Ключові слова: дані дистанційного зондування Землі, сільськогосподарський моніторинг, геоінформаційна система (ГІС), геоінформаційні технології (ГІТ).

В. И. Зацерковный, к.т.н. доцент,
С. В. Кривоберец, преподаватель,
В. В. Сергиенко, аспирант

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС И ДЗЗ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

В работе выполнен обзор данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий в системах сельскохозяйственного мониторинга разных стран мира. Приведена структура системы MCYFS, одной из функций которой является прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур по европейскому проекту MARS, источники входных данных и конечные результаты каждого уровня системы.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли, сельскохозяйственный мониторинг, геоинформационная система (ГИС), геоинформационные технологии (ГИТ).

V. I. Zatserkovnyi, candidate of technical sciences, associate professor,
S. V. Kryvoberets, lecturer,
V. V. Serhiienko, postgraduate student

**USING GIS AND REMOTE SENSING FOR AGRICULTURAL
LAND MONITORING**

The review of remote sensing data and geoinformation technologies in the agricultural monitoring systems around the world is done in the article. The structure of MCYFS used to predict the yield of crops by the European MARS project is also presented. The authors discuss sources of input data and final results of each level of the system.

Keywords: remote sensing data, agricultural monitoring, geoinformation system (GIS), geoinformation technologies (GIS).

ГЕОДЕЗІЯ

Актуальність теми дослідження. Можливості сучасних приладів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) спричинили проведення численних наукових досліджень, розробок методів і методик створення систем моніторингу сільськогосподарського виробництва з використанням супутникових даних.

Постановка проблеми. Основні цілі, які постають при розробці таких систем, це прогнозування виробництва сільськогосподарської продукції, забезпечення національної продовольчої безпеки, запобігання голоду, моніторинг глобального ринку продовольства. До найбільш відомих прикладів діючих систем супутникового моніторингу сільськогосподарського виробництва на глобальному рівні можна віднести системи, які розроблені Міністерством сільського господарства США, проект MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing) Європейської Комісії й систему GIEWS (Global Information and Early Warning System), розроблену Організацією по продовольству й сільському господарству (ФАО, англ. FAO, скор. Food and Agricultural Organisation of the United Nations) [1]. У багатьох країнах діють національні системи моніторингу сільського господарства з використанням ДДЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням ефективного моніторингу сільськогосподарських земель і використання даних ДЗЗ при прогнозуванні урожайності сільськогосподарських культур приділяється значна увага, зокрема у роботах Балюка С. А., Булигіна С. Ю., Драчинської Е. С., Кобця М. І. [2], Медведєва В. В., Ромащенко М. І., Савіна І. Ю. [3, 4, 5] Тараріко О. Г., Ушкаренко В. О., Шевченка А. М. та ін. Однак є чимало проблем, рівень вивчення яких є недостатнім.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На даний час існує гостра потреба у розробці структурної схеми, обґрунтуванні нових підходів, алгоритмів, методів і дослідницьких технологій комплексного аналізу стану сільських територій та їхніх господарських структур. На погляд авторів, важливою складовою у проведенні досліджень сучасного стану сільських територій є застосування технологій геоінформаційного моделювання і картографування сировинно-ресурсної, працересурсної, економічної, соціальної, природно-географічної та екологічної складових агрогеографічних геосистем. Ці технології дозволяють підвищити об'єктивність оцінювання еколого-економічного і соціально-демографічного стану сільських територій, інтерпретування отриманих результатів і висновків, обґрунтування системи заходів, орієнтованих на розв'язання проблем сільської місцевості.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз сучасного стану практичного використання даних ДЗЗ та оцінка можливості створення на їх основі геоінформаційних систем (ГІС) для моніторингу сільськогосподарських земель.

Виклад основного матеріалу. До найбільш відомих систем моніторингу стану агроресурсів та прогнозування урожайності національного (або транснаціонального) рівнів належить система FAS/PECAD, яка створена Підрозділом обстеження та оцінки продуктивності сільськогосподарських культур Закордонної сільськогосподарської служби Департаменту сільського господарства США та європейська система MCYFS (система прогнозування урожайності посівів на базі програми MARS), яка почала працювати в оперативному режимі з 2002 р.

Відділ з прогнозування виробництва сільськогосподарських культур (PECAD) Міністерства сільського господарства (USDA) США розробив і продовжує вдосконалювати програму глобального моніторингу сільськогосподарського виробництва з використанням ДДЗ. Основна мета

ГЕОДЕЗІЯ

програми – надати надійні, об'єктивні й точні дані про глобальне виробництво сільськогосподарської продукції. При цьому використовуються ДДЗ високої розрізненості для оцінки площ посівів і прогнозування урожайності найважливіших культур [6] на території США й дані низької розрізненості для прогнозування урожайності на території інших країн. PECAD веде моніторинг світового виробництва, запасів і споживання сільськогосподарської продукції. Методика PECAD заснована на спільному використанні метеорологічних даних, даних польових спостережень і ДДЗ середньої й високої розрізненості для детективування культур, визначення фаз фенологічного розвитку й прогнозування урожаю. Результати аналізу використовуються для підтвердження або спростування інформації про очікуваний урожай і для раннього сповіщення про події, які можуть суттєво вплинути на виробництво. Щоб зібрати разом різномірні джерела даних, PECAD розробив програму Crop Explorer, яка являє собою ГІС як систему підтримки прийняття рішень. Проект глобального сільськогосподарського моніторингу (GLAM), фінансований спільно USDA і NASA, актуалізує ГІС супутниковими даними з сучасного покоління супутників ДЗЗ [7].

Система MCYFS розпочала свій розвиток у 1988 р., коли Рада Міністрів ЄС прийняла 10-річну Програму із застосування дистанційного зондування для поліпшення статистичного обліку у сільському господарстві. Програма відома як проект MARS (Моніторинг сільського господарства за допомогою дистанційного зондування). Первісно програма була орієнтована лише на поліпшення статистики сільського господарства, але потім була розширена для задоволення потреб Директорату ЄС з питань сільського господарства для впровадження Загальної Сільськогосподарської Політики (CAP). Метою цієї Програми була кількісна оцінка площ, зайнятих під різні зернові культури в даному регіоні або країні, контроль росту і стану сільськогосподарських культур, своєчасний прогноз середньої урожайності на рівні ЄС і одержання попередньої інформації з Європи, щорічна зміна площ, зайнятих під конкретні культури. Для досягнення цих цілей з 1988 до 1993 рр. було започатковане впровадження першого етапу програми, а саме - проведення досліджень і наукових розробок, за яким настав етап їх випробування та експериментального використання, що тривав до 1998 р.

Отримані результати в подальшому були інтегровані та лягли в основу єдиної системи, функціональну схему якої наведено на рис. 1.

Розробка системи прогнозування урожаю MCYFS проводилась за чотирма напрямками:

- інвентаризація сільгоспугідь – розробка і удосконалення на основі матеріалів дистанційного зондування мережі вибіркового обстеження та методів автоматизованої класифікації даних, отриманих у результаті дистанційних спостережень, для швидкого оцінювання площ під найбільш репрезентативними сільськогосподарськими культурами;
- розробка методів використання даних метеорологічних супутників для отримання показників розвитку сільськогосподарських культур протягом вегетаційного періоду в різних географічних зонах;
- використання щоденних метеорологічних даних в агрометеорологічних моделях, що розробляються для прогнозування урожаю окремих сільськогосподарських культур на районному, національному і європейському рівнях;
- розробка методів швидкого дистанційного визначення засіяних площ сільськогосподарських культур і урожаїв на території Європи.

ГЕОДЕЗІЯ

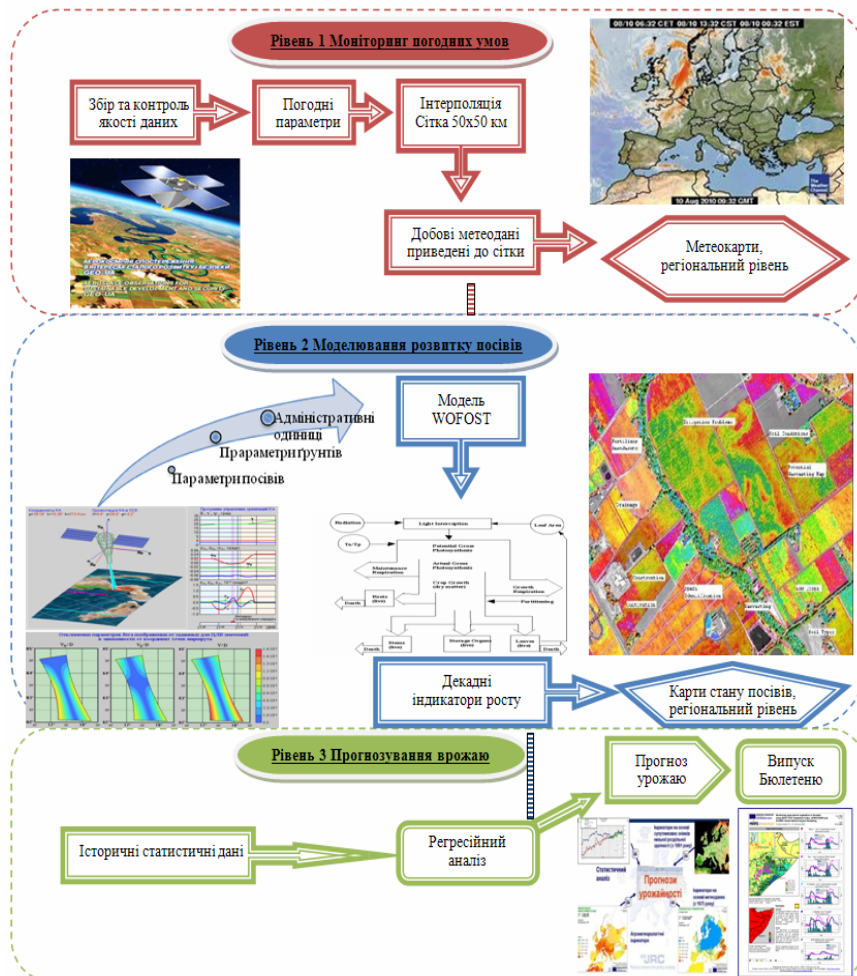


Рис. 1. Функціональна схема європейської системи прогнозування урожаю MCYFS

Програма FEWS розробляється в партнерстві між декількома відомствами США (USAID, USDA-FAS, NASA, NOAA, USGS і Chemonics International). Мета програми – визначити групи людей, що відчувають нестачу продовольства, і знайти можливості для пом'якшення несприятливих умов і різких змін у галузі доступності продовольства. FEWS оцінює фактори ризику, що приводять до нестачі продовольства, дозволяє виявляти регіони й групи людей, найбільш підданих такого роду ризику, а також розробляє можливі дії для пом'якшення наслідків ситуацій продовольчих обмежень, що виникають. FEWS NET веде регулярний моніторинг, щоб оцінити доступність продовольства, а також визначити існуючі перешкоди, що обмежують можливості його використання. Для цього FEWS NET використовує спостереження за мережею господарств, оцінює їхній дохід і рівень доступності продовольства. Інформація про господарства дозволяє зрозуміти конкретні причини нестачі продовольства й заходи, які можуть бути прийняті для його усунення. Поряд із цим FEWS веде моніторинг опадів, оцінює доступність води, сезонний розвиток рослинності й сільськогосподарських культур, а також динаміку ринкових цін на

ГЕОДЕЗІЯ

сільськогосподарську продукцію. FEWS NET використовує дані спостережень Землі з декількох приладів ДЗ (AVHRR, VEGETATION, MODIS) і продукти супутникового моніторингу (десятиденний NDVI, динаміку сніжного покриву за даними MODIS і AVHRR, десятиденні композитні зображення AVHRR, дані NASA-TRMM про випадання опадів і дані NOAA-GDAS про метеорологічні й кліматичні параметри) для щотижневих оцінок несприятливих погодних явищ і моніторингу сільськогосподарських культур. Одержувана інформація використовується для підтримки прийняття рішень у галузі сільськогосподарської політики й надання продовольчої допомоги [8].

У рамках виконання робіт за проектом MARS центром ім. Вінанда Старинга (м. Вагенінген, Нідерланди) була розроблена імітаційна модель росту сільськогосподарських культур WOFOST, яка в подальшому була адаптована для використання в ГІС. Саме ця модель використовується зараз для прогнозування урожайності на рівні Європейського Союзу. Для прогнозування урожайності основних зернових культур у моделі WOFOST використовуються наступні параметри: фотосинтетично активна радіація (ФАР), вологозабезпеченість посівів, проективне покриття, зелена і суха біомаси тощо.

Програма MARS, що розроблена науково-дослідним центром JRC (Joint Research Center, м. Іспра, Італія) Європейського Союзу (ЄС), призначена для моніторингу продовольчої безпеки в Європі і регіонах світу, що найбільш піддані ризику. Сьогодні проект MARS-STAT забезпечує інформаційну підтримку ЄС у галузі продовольчої політики. Проект MARS-FOOD здійснює підтримку політики ЄС у сфері продовольчої допомоги (DG AIDCO).

MARS-STAT використовує метеорологічні дані й ДДЗ високої розрізненості для розпізнавання культур. Метеорологічні й кліматичні дані, інформація про характеристики ґрунту й культури, прийоми агротехніки використовуються для моделювання розвитку сільськогосподарських культур (модель WOFOST) і прогнозування урожайності. Дані високої розрізненості також дозволяють проводити детальний контроль діяльності окремих фермерів.

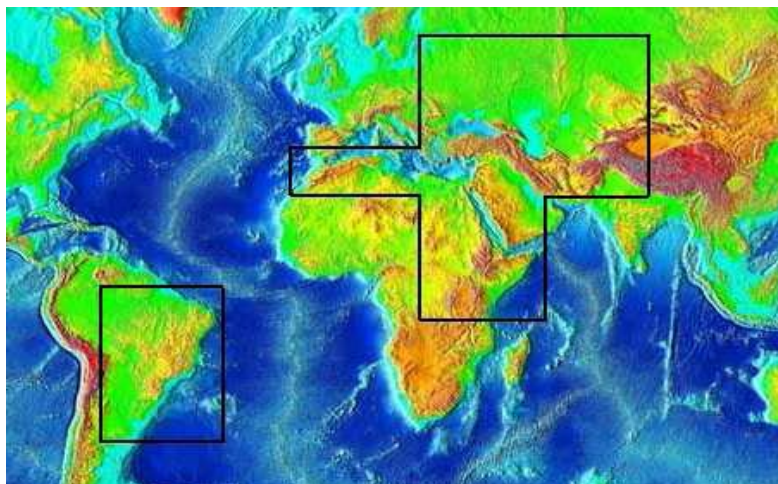


Рис. 2. Тестові ділянки програми MARS-FOOD (на карті Світу)

MARS-FOOD використовує тільки ДДЗ низької розрізненості й метеорологічні дані. Дані супутникових спостережень низької розрізненості й

ГЕОДЕЗІЯ

метеорологічні дані використовуються разом з регіональними агрономічними даними для прогнозування урожаю за різними культурами [3, 4]. Тестові ділянки програми MARS-FOOD зображені на рис. 2 і 3 [5].

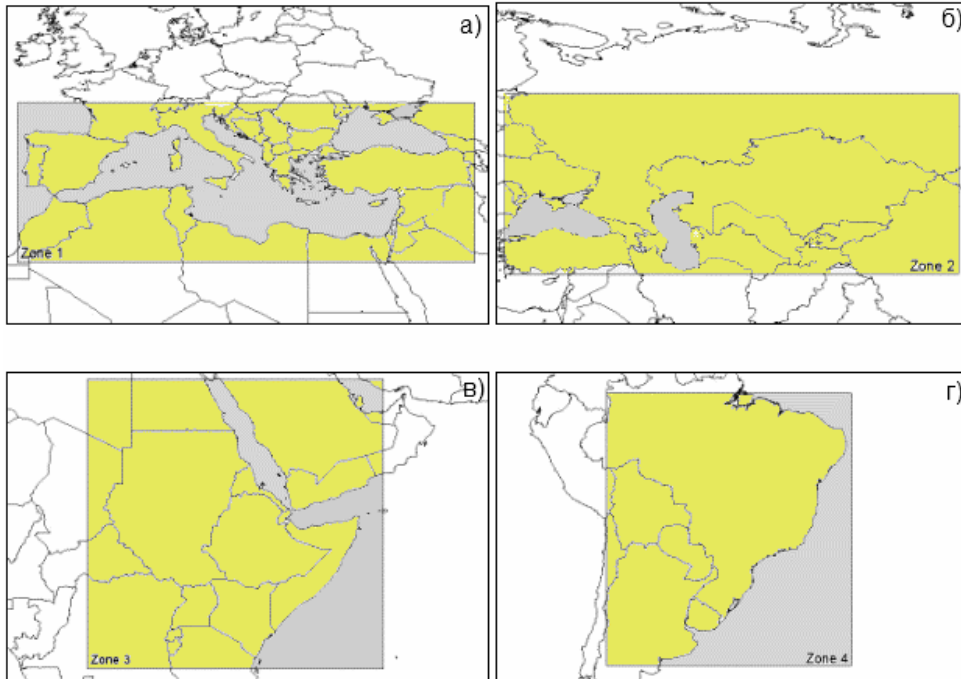


Рис. 3. Тестові ділянки програми MARS-FOOD: а) у Південному і Східному Середземномор'ї; б) Росії і Центральній Азії; в) Східній Африці; г) Південній Америці

В основі методології лежать аналіз трендів, подібність поточної ситуації стосовно інших років (порівняння з аналогічним роком), регресійний аналіз і оцінки експертів. MARS-FOOD регулярно випускає бюлетені про поточну й прогнозовану ситуацію розвитку сільськогосподарських культур у різних регіонах. Передбачається, що бюлетені будуть прямо використані адміністрацією ЄС з продовольчої безпеки. У бюлетенях, що випускаються, публікується ряд параметрів для якісного й кількісного аналізу передбачуваного виробництва сільськогосподарської продукції: кількість опадів, сонячна радіація, температура, водний баланс, у тому числі у порівнянні з даними багаторічних спостережень.

Таким чином, при прийнятті рішень у галузі продовольчої безпеки існує більш повна картина фактичних умов у регіонах потенційного ризику (рис. 4) [9].

У свою чергу система GIEWS, що розроблена FAO, була заснована в 1975 р. для прогнозування попиту та пропозиції на сільськогосподарську продукцію. GIEWS веде моніторинг виробництва, запасів, торгівлі й ринкових цін на сільськогосподарську продукцію в глобальному масштабі.

ГЕОДЕЗІЯ

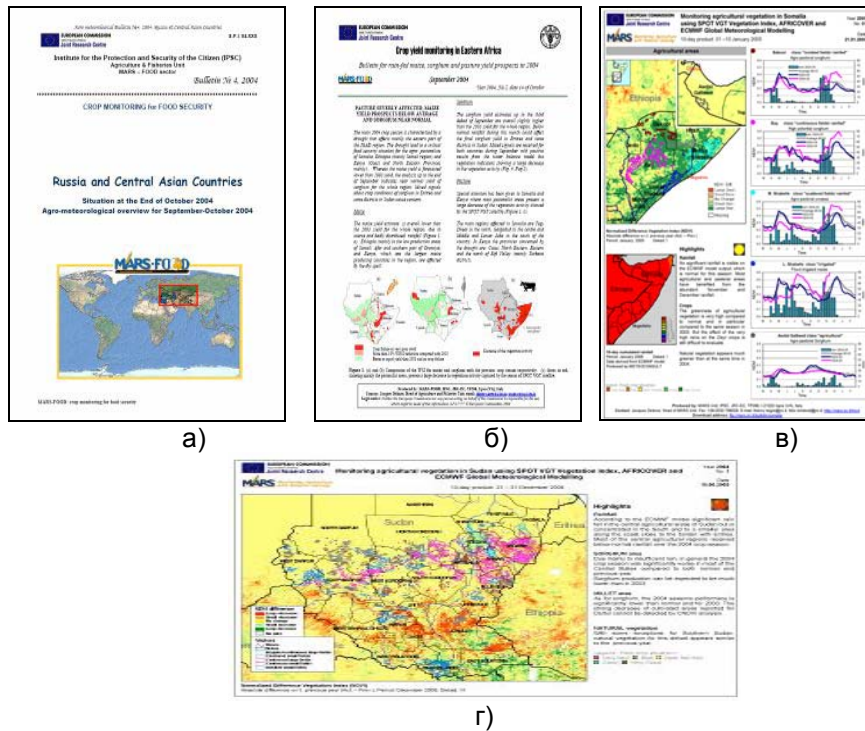


Рис. 4. Приклади бюлетенів, що випускаються програмою MARS-FOOD по моніторингу сільськогосподарської рослинності в Євразійському (а), Африканському (в) і Південноамериканському (б) регіонах та у Південному і Східному Середземномор'ї (г)

Інформація GIEWS використовується для прогнозування серйозної нестачі продовольства в окремих регіонах для того щоб ООН, а також інші міжнародні й національні агентства могли зробити необхідні оцінки потреби в допомозі. GIEWS випускає регулярні публікації про ситуацію в регіонах, найбільш підданих ризику нестачі продовольства.

У GIEWS використовуються дані низької розрізненості для оцінки кількості опадів і моніторингу розвитку рослинності. GIEWS також використовує інформацію ДЗЗ про типи земного покриття й землекористування разом з даними сільськогосподарської статистики, інформацією про сільськогосподарські ринки і погодні умови для моніторингу й прогнозу виробництва сільськогосподарської продукції [9].

У ряді країн активно розвиваються й використовуються регіональні й національні системи моніторингу сільськогосподарських земель із застосуванням ДДЗ, зокрема, у Нідерландах [10], Австралії [10], Бельгії [10], Китаї, Бразилії, Індії. Активно розвивається національна система моніторингу природних ресурсів у Казахстані і Росії.

Можна виділити загальні властивості діючих систем моніторингу сільськогосподарських земель. Крім ДДЗ така система повинна містити в собі всю доступну соціально-економічну й статистичну інформацію про сільськогосподарське виробництво. Для моніторингу необхідно володіти кліматичними даними й довгочасними рядами метеорологічних спостережень, інформацією про характеристики ґрунтового покриття. ДДЗ дозволяють вводити в систему моніторингу найоперативнішу й необхідну інформацію про фактичний розвиток сільськогосподарських культур. На

ГЕОДЕЗІЯ

основі математичного моделювання з використанням ДДЗ, метеорологічних і інших допоміжних даних можливе прогнозування майбутнього урожаю. Такий прогноз дозволяє виділити регіони, піддані ризику нестачі продовольства й визначити заходи, необхідні для пом'якшення цієї нестачі. Найефективніше використовувати ДДЗ різної розрізненості для рішення окремих завдань моніторингу: побудови карт сільськогосподарських посівів, моніторингу розвитку культур, спостереження за окремими полями, прогнозування урожайності (рис. 5) [5].

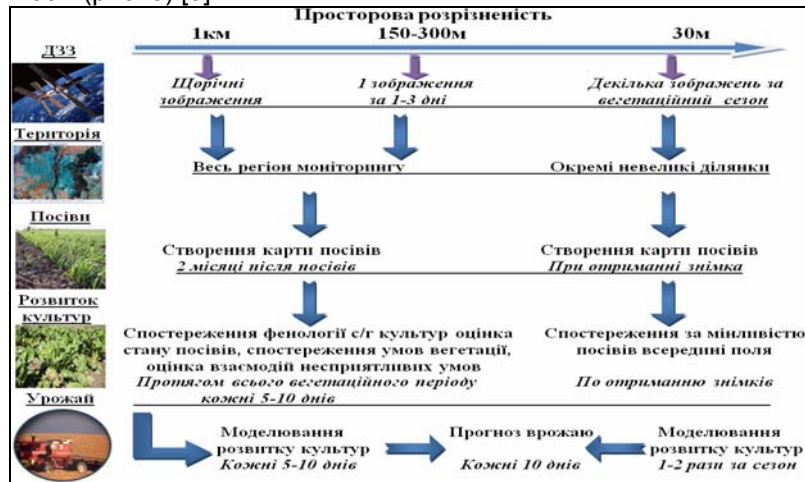


Рис. 5. Схема моніторингу сільськогосподарських земель із використанням ДДЗ різного просторової розрізненості

Світовий досвід створення та використання систем моніторингу стану агроресурсів та прогнозування урожайності за даними ДДЗ свідчить про те, що головна увага надається розвитку локальних та національних (транснаціональних) систем.

Прикладом системи моніторингу стану агроресурсів та прогнозування урожайності за даними ДДЗ регіонального рівня є система KARS, розроблена регіональним Центром використання наук про Землю в рамках Програми прикладного використання даних ДДЗ штату Канзас (США). Починаючи з 1996 р., ця система на основі оперативних даних ДДЗ та аналізу ретроспективних статистичних даних кожні два тижні надає відомості (так званий "GreenReport"®) про стан рослинності в розрізі деяких регіонів США.

Ще одним прикладом сучасної локальної системи моніторингу стану агроресурсів та прогнозування урожайності є спеціалізована система сільськогосподарського менеджменту, створена у 2003 р. на базі АПК "Ільїнка" (Російська Федерація), що надає змогу швидко оцінювати положення справ у господарстві та приймати ефективні управлінські рішення. Для управління великим (9000 га) агропромисловим господарством на базі ГІС було створено систему аналізу і підтримки прийняття рішень, що поєднує в єдине ціле дані, отримані за допомогою найсучасніших засобів моніторингу навколишнього середовища, включаючи моніторинг за допомогою методів ДДЗ. За допомогою цієї системи керівництво господарством отримало можливість приймати оперативні і стратегічні рішення на базі реальних даних про стан господарства, зібраних інструментальними засобами [2].

Локальна система моніторингу стану агроресурсів та прогнозування урожайності за даними ДДЗ господарства «Ільїнка» дозволяє:

ГЕОДЕЗІЯ

- відстежувати зміни стану полів і посівів на різних ділянках окремого поля та визначати послідовність їх обробки;
- здійснювати моніторинг для попередження надзвичайних ситуацій (пожеж, підтоплень, випадання граду);
- контролювати використання дорогої техніки за допомогою використання систем глобального позиціонування;
- автоматично генерувати звіти для керівників господарства на основі зібраних інструментальними методами даних;
- накопичувати та зберігати дані, що дозволяє відслідковувати спрямованість та динаміку технологічних процесів;
- представляти вихідні дані у картографічному вигляді;
- проводити багатofакторний аналіз і візуалізацію зібраних даних, що дозволяє легко і швидко їх інтерпретувати.

В Україні окремі елементи системи моніторингу стану агроресурсів та прогнозування урожайності на основі даних ДЗЗ локального рівня використовуються в дослідному господарстві корпорації "АГРО-СОЮЗ" (Синельниківський район Дніпропетровської області) [2].

Висновки. Моніторинг сільськогосподарських земель є необхідною умовою ефективного регулювання агропромислового сектора економіки, а використання ДЗЗ і ГІС в інтересах агропромислового комплексу України є складовою частиною загального процесу інформатизації АПК.

Впровадження методик системи MARS в Україні є надзвичайно перспективним напрямком, дозволить точніше прогнозувати урожайність і валові збори основних сільськогосподарських культур на початку поточного сільськогосподарського сезону, заздалегідь прогнозувати ринок продукції рослинництва.

Література

1. Організація по продовольству й сільському господарству (ФАО - FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/giews>.
2. Кобець М. І. Використання сучасних інформаційних технологій в системах сільськогосподарського менеджменту [Електронний ресурс] / М. І. Кобець. - Режим доступу: www.brc.undp.org.ua/img/publications/ua_adp_aphd_050805.pdf.
3. Savin I. Relative time NDVI mosaics as an indicator of crop growth / I. Savin, T. Nègre // Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng. - 2003. – Vol. 4879. – P. 100-107.
4. Савин И. Ю., Негрэ Т. О новом подходе к использованию NDVI для мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур / И. Ю. Савин, Т. Негрэ // Исследование Земли из космоса. - 2003. – № 4. – С. 91-96.
5. Савин И. Ю. Использование дистанционной информации при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур в Европейском Сообществе [Електронний ресурс] / И. Ю. Савин. - Режим доступу: www.arc.iki.rssi.ru/earth/pres2006/savin.pdf.
6. Doraiswamy P.C. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS / P. C. Doraiswamy, J. L. Hatfield, T. J. Jackson // Remote Sensing of Environment. - 2004. – № 92. – P. 548-559.
7. США Департамент сільського господарства. Зарубіжна сільськогосподарська служба [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fas.usda.gov/pecad>.
8. Агентство з міжнародного розвитку США (USAID). Мережа систем раннього оповіщення голоду [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.fews.net.
9. Приклади бюлетенів, що випускаються програмою MARS-FOOD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agrifish.jrc.it>.
10. Національні системи моніторингу сільськогосподарських земель із застосуванням ДДЗ, у Нідерландах, Австралії, Бельгії [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ears.nl>, <http://www.agrecon.canberra.edu.au>, <http://b-cgms.cra.wallonie.be>.

Надійшла 09.12.2011 р.