



ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА УКРАЇНІ

УДК 004.9

ВАСЮХІН Михайло Іванович

доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних мереж і телекомунікацій
Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Наукові інтереси: інтерактивні геоінформаційні комплекси оперативної взаємодії.

ТКАЧЕНКО Олексій Миколайович

кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук Національного
університету біоресурсів і природокористування України.
Наукові інтереси: технології програмування, прикладні інформаційні системи, інтелектуальні системи.

КАСІМ Аніса Мохаммадівна

кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Інституту
кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.
Наукові інтереси: геоінформаційні системи різного рівня та призначення.

ІВАНІК Юлія Юріївна

аспірантка Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.
Наукові інтереси: методи та засоби побудови баз картографічних даних.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ТА ПРАКТИЧНИМИ ЗАДАЧАМИ

Сьогодні, коли за даними ООН на Землі голодує кожний шостий її мешканець, при одночасному збільшенні кількості населення та виснаженні сільськогосподарських територій, надзвичайно актуальною постає проблема екологічного та раціонального землекористування із застосуванням новітніх інформаційних технологій.

Останні роки засвідчили тенденцію зростання впровадження наукоємних технологій у всі галузі природокористування, зокрема, в аграрне виробництво. Перебуваючи на стику екологічних, технічних, економічних та правових наук, економіка природокористування має не тільки теоретичне, а й практичне значення. На наш погляд, найбільш перспективною технологією, спрямованою на оптимальне і в той же час комплексне

використання природних ресурсів у результаті господарської діяльності людини з метою запобігання їх виснаження та екологічної безпеки, є прецизійне землеробство (ПЗ). При цьому ПЗ розглядається як невід'ємна частина ресурсозберігаючого екологічного сільськогосподарства та передбачає застосування інтегрованої системи управління, а не окремих її розрізнених елементів. Це зумовлює побудову такої системи ПЗ, яка б суміщала у собі характеристики геоінформаційної, навігаційної та експертно-аналітичної систем.

Природно, що згаданою проблемою займаються науковці та аграрії всіх розвинених країн, а Україна, як країна, що посідає провідне місце в світі за своїм аграрно-економічним потенціалом, просто не може залишатися осторонь. Саме тому нагальної потреби набуває вирішення проблеми створення національної системи практичної реалізації технології ПЗ.

Дослідження здійснюється в рамках наукової роботи «Розробити теоретичні засади, методи та інформаційні

технології побудови комп'ютерних засобів та систем на основі інтегрованого використання методів обробки знань, редуційного паралелізму та реконфігурування», яка виконується в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, та в межах науково-дослідної роботи № 0113U003858 «Теоретичні основи і технологія побудови геоінформаційної системи прецизійного землеробства», що проводиться на кафедрі комп'ютерних мереж і телекомунікацій Національного університету біоресурсів і природокористування України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Як зазначено у звіті [14; 15], запровадження ПЗ спричинить ефект у різних напрямках:

- зростання ефективності використання ресурсів;
- підвищення попиту на кваліфікованих спеціалістів;
- зміна в структурі аграрного виробництва;
- позитивний вплив на навколишнє середовище тощо.

Серед основних напрямків досліджень в рамках економіки природокористування, до яких відносяться: природно-ресурсний потенціал; екологічні проблеми та способи їх вирішення; розробка методів раціонального природокористування; економічне забезпечення природоохоронних заходів; державне регулювання природокористування, пріоритетним є проектування і розгортання відповідного проблемно-орієнтованого програмного забезпечення, що якомога охоплює перераховані фактори.

Для побудови системи ПЗ з інструментальними можливостями геопросторового аналізу необхідно вирішити питання вибору відповідної геоінформаційної системи (ГІС), яка б забезпечувала надання актуалізованої картографічної інформації. В даний час на ринку є ряд виробників програмного забезпечення ГІС-спрямування або з подібними підсистемами: "Панорама", "Digitals", "PHOTOMOD", "ERDAS IMAGING", "IDRISI", "ArcGIS", "MapInfo", "Гіс 6", "AgroClever" та ін. Кожен з програмних комплексів відрізняється функціональністю та позиціонуванням (призначенням). Типовим недоліком існуючих систем, з точки зору використання в рослинництві, є, з одного боку, надлишковість саме ГІС-складової для задач управління агротехнологічними операціями, з іншого – відсутність достатньої для агро-виробництва функціональності та інтеграції з ERP-системами (Enterprise Resource Planning), уже встанов-

леними в господарствах. Картина доповнюється високою ціною таких програмних пакетів, що є не менш важливим для аграрної сфери.

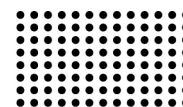
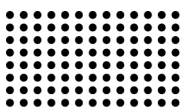
У розвинутих країнах, як Великобританія, ФРН, США, Канада впровадження систем ПЗ є нормою останні кілька десятиріч [11; 12; 13]. Щодо найближчих наших сусідів, активно теоретичними проблемами застосування технологій ПЗ займаються науковці російського федерального центру науково-технічної інформації "Меліоводінформ", зокрема Белавцева Т.М., Якушев В.П., Якушев В.В. та ін. [1; 10]. В Україні цією проблематикою займаються фахівці провідних навчальних та науково-дослідних установ аграрного спрямування [4; 5; 6; 7; 8].

Мета статті – огляд можливостей та визначення перспективи вітчизняних технологій обробки різномірної інформації, включаючи картографічні дані, програмного забезпечення для аналітичних розрахунків і геопросторової навігації щодо впровадження новітніх систем ПЗ в Україні, а також вироблення рекомендацій по переходу на геоінформаційні технології в сфері управління природними ресурсами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

З огляду на бурхливий розвиток комп'ютерних засобів та їх широке впровадження в усі сфери людської діяльності, ПЗ є стратегією менеджменту, яка використовує інформаційні технології для обробки даних, що надходять з різних джерел, з метою прийняття обґрунтованих рішень при управлінні угіддями [10]. Технологія ПЗ в поєднанні з геоінформаційними системами та глобальними системами позиціонування – GPS (Global Positioning System) дозволяє забезпечити посилений контроль за проведеними сільськогосподарськими операціями і відстежити зміну ситуації в часі в кожній точці контуру ділянки поля, провести порівняльний аналіз обстановки, що складається, з прогнозованим вектором розвитку подій.

Розробка такої комбінованої системи ґрунтується на використанні прийнятих стандартів проектування і розробки програмного забезпечення (ДСТУ ISO/IEC 15288:2005 "Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу системи", ДСТУ 3149-95 "Система стандартів з баз даних. Мова баз даних SQL з розширенням цілісності", ДСТУ 4302:2004 "Інформаційні технології. Наставови



щодо документування комп'ютерних програм", ДСТУ ISO/IEC 12119-2003 "Інформаційні технології. Пакети програм. Тестування і вимоги до якості", ДСТУ ISO/IEC 14764-2002 "Інформаційні технології. Супроводження програмного забезпечення" тощо).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В основі ПЗ лежить управління продуктивністю посівів, що враховує варіабельність середовища росту рослин. У процесі природокористування здійснюється суспільне споживання різних видів природних ресурсів, таких як землі, ліси, корисні копалини, атмосферне повітря, вода тощо. Як показали дослідження [16], розораність земель у світі в останні роки досягла небаченого максимуму, табл. 1, що за умови зростання кількості населення на планеті спонукає до впровадження інтенсивних методів використання земель. Крім технологічних аспектів оптимізації використання ресурсів у господарюванні, сучасні системи управління роботою агропідприємств повинні передбачати вирішення питань забезпечення екологічності виробництва, якості і безпеки виробленої продукції відповідно до розроблених стандартів [2].

Як приклад можна навести досвід компанії "Дружба Нова" (Чернігівський регіон) по започаткуванню подібного підходу з впровадження ПЗ у сільськогосподарське виробництво. Для детального фізико- та агрохімічного обстеження властивостей родючості ґрунту використовується GPS-керована система – мобільний автоматизований комплекс з автоматичним ґрунтовим пробовідбірником, який дозволяє достатньо швидко відбирати ґрунтові зразки з доволі точною прив'язкою координат їх розміщення у просторі та часі. Так, одна міні-проба відбирається за 3-5 секунд (залежно від складу ґрунту), а в перебігу робочого дня розмір площі, яка обстежується, сягає від 400 га при щільності відбору – одна гніздова проба на ділянку площею 3-5 га при 20 точкових пробах ґрунту (з глибини 0-30 см) на один зразок, і від 600 га – при відборі з однорідних по рельєфу і електропровідності зон [8]. Також в компанії застосовується прилад, який дозволяє проводити одночасне визначення електропровідності ґрунту в прошарку від 0 до 30 см і від 0 до 90 см. Інтервал запису даних – одна секунда, що дає в результаті 100 і більше точок по даним електропровідності на одному гектарі. При цьо-

му обсяг даних у багато разів щільніше, ніж це можливо при відборі ґрунтових проб з сіткою в 1 або 0,5 га.

Подальший аналіз, інтерпретація та інтерполяція даних електропровідності та рельєфу, отриманому завдяки точному GPS-приймачу, виконується за допомогою багатофункціонального програмного ПС-пакету "ManifoldSystem 8.0". В свою чергу, після надходження протоколу результатів вимірювань відібраних зразків ґрунту (з власної вимірювальної агрохімічної лабораторії) відповідні дані вводяться в таблицю зазначеної ПС-програми, окремо по кожному полю. Програма обраховує введені дані і за допомогою рівняння Крігінга інтерполює сферичну модель розподілу певного показника ґрунтової родючості по полю і створює електронну агрохімічну картограму [8].

Ще одним локомотивом розробки і впровадження систем ПЗ є Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП України), у складі якого є науково-дослідні установи і господарства, котрі розташовані на всій території України. Одним із найбільш вдалих прикладів розробок Українського навчально-наукового інституту інформаційного і телекомунікаційного забезпечення агропромислової та природоохоронної галузі економіки НУБіП України спільно з науково-виробничим об'єднанням "Кривбасакадемінвест" є програмний комплекс "AgroMine", адаптований для вітчизняних виробників у галузі рослинництва [9]. Система включає в себе дві складові – інформаційно-аналітичну та геоінформаційну, кожна з яких складається з блоків, що передбачають проведення певного аналізу або дослідження. Всі вони взаємопов'язані між собою і підпорядковані головному завданню – мінімізувати витратну частину, досягти максимального ефекту, тобто врожайності – при безумовному дотриманні всіх вимог агрокультури і агротехніки.

Поряд із блоками для вирішення задач управління ресурсами агропідприємства, ведення реєстру полів, надання доступу до електронних довідників рослинницької тематики та розрахунковими модулями оптимального внесення добрив і визначення нормативних агрохімічних показників, програмна система пропонує ПС-модуль, який містить наступний набір функцій побудови:

контурів полів, рис. 1, з можливістю використання даних GPS-пристроїв;

цифрових рельєфних карт на основі космофотознімків;
 карт господарства з розділенням угідь за призначенням, типом засіяної культури тощо;
 ґрунтово-агрохімічних карт, рис. 2;
 карт диференційованого внесення добрив, рис. 3, та засобів захисту рослин;

кольорового розділення ділянок за вмістом речовин та іншими агротехнологічними характеристиками;
 3D-зображень об'єктів господарства;
 накладання векторних картографічних об'єктів на растрові зображення, у тому числі отримані після обробки космічних знімків.

Таблиця 1

Сумарна площа орних земель у світі: в минулі роки і в прогнозі

Показники	Орні землі, що використовуються, у млн. га					Річний приріст, у %		Масова частка розорених земель, у %		У підсумку, у млн. га	
	1961/63	1979/81	1997/99	2015	2030	1961-1999	1997/99-2030	1997/99	2030	1997/99	2030
Категорії країн	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Південна Африка	119	138	156	262	288	0.77	0.72	22	28	803	743
Північно-Східна Африка	86	91	100	89	93	0.42	0.23	87	94	13	6
Латинська Америка та Кариби	104	138	159	223	244	1.22	0.57	19	23	863	822
Південна Азія	191	202	205	210	216	0.17	0.13	94	98	13	4
за виключенням Індії	29	34	35	38	39	0.37	0.12	162	168	-14	-16
Східна Азія	176	182	227	233	237	0.89	0.06	63	65	134	129
за виключенням Китаю	72	82	93	105	112	0.82	0.43	52	60	89	75
Країни, що розвиваються	676	751	848	1017	1076	0.68	0.37	34	39	1826	1706
за виключенням Китаю	572	652	713	889	951	0.63	0.46	32	37	1781	1652
за виключенням Китаю та Індії	410	483	543	717	774	0.81	0.54	27	32	1755	1633
Промислові країни	379	395	387	-	-	0.07	-	44	-	487	-
Країни з перехідною економікою	291	280	265	-	-	-0.19	-	53	-	232	-
У всьому світі	1351	1432	1506	-	-	0.34	-	36	-	2682	-

Структурно цей модуль є окремим додатковим компонентом програмної системи "AgroMine", що роз-

ширює її функціональність. Технологічною програмною платформою його розробки є платформа "K-Mine" [9].

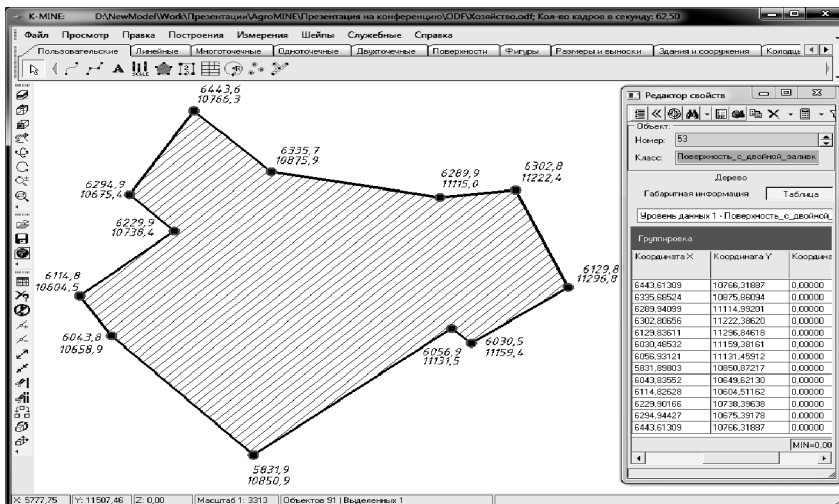
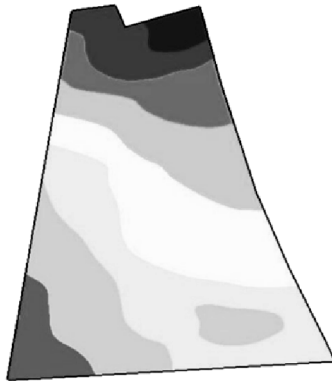


Рисунок 1 – Побудова контурів поля за допомогою GPS-навігатора

Розподіл вмісту фосфору



37,8...52
52...66
66...80
80...94
94...108
108...122
122...136
136...150

Рисунок 2 – Приклад ґрунтового-агрохімічної карти

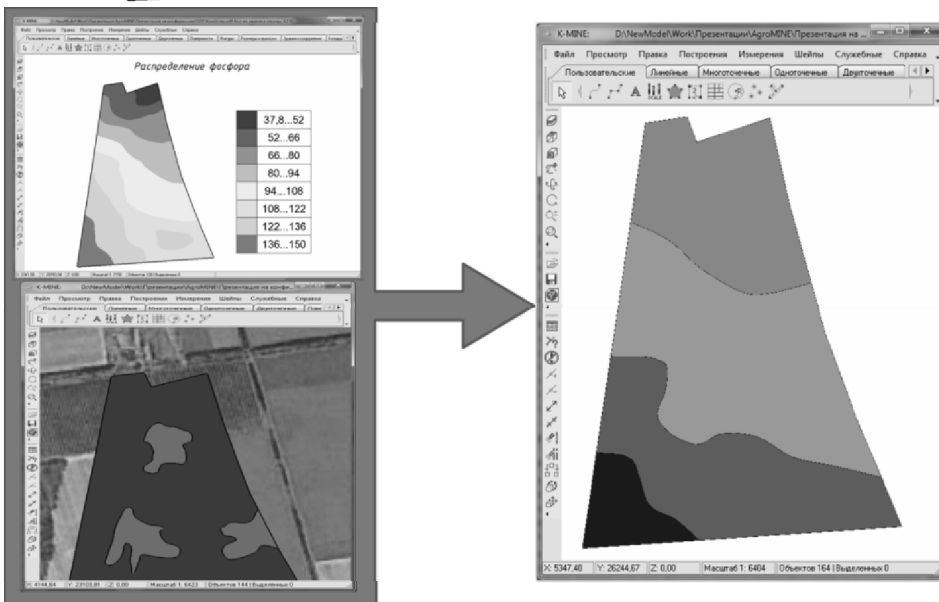


Рисунок 3 – Карта для диференційованого внесення добрив

В цілому вказаний ГІС-модуль дозволяє виконувати необхідний обсяг робіт щодо створення та управління динамічної просторово-інформаційної моделі полів – здійснювати геопросторову прив'язку атрибутивних даних про поля та інші типи сільгоспугідь, візуалізувати територіальний розподіл земель, виявляти особливості мезо- і мікрорельєфу, виділяти зони відчуження та зони ризикованого землеробства тощо. Також блок геоінформаційного моделювання володіє інструментарієм, що дозволяє графічно оцінити ефективність виконаних агротехнологічних заходів. Задачі цього блоку можуть бути використані ще й в логістиці підприємства.

У НУБіП України розробкою технологій ПЗ займаються вже багато років [4]. Як полігони для випробування та впровадження наукових розробок, використовують відокремлені підрозділи НУБіП України, зокрема, "Великоснітинське навчально-дослідне господарство

ім. О.В. Музиченка" та "Агрономічну дослідну станцію", що спеціально пристосовані для проведення наукових досліджень, реалізації наукових напрацювань у різних галузях сільського господарства, здійснення заходів щодо охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів.

На жаль, факти застосування вищезгаданих інноваційних технологій в аграрному секторі економіки нашої країни носять поодинокий характер і є, скоріше, винятком. Нестача фінансування, відсутність потужної наукової бази, а, отже, брак відповідних кваліфікованих спеціалістів безумовно стримують широке впровадження систем ПЗ в Україні.

Надію втілює та обставина, що за останні роки з'явилися нові технічні, програмні та комунікаційні можливості для створення більш досконалих інформаційних систем ПЗ, включаючи використання технологій і

сервісів, які стали доступними в результаті конверсії. Так, в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України накопичено великий досвід розробки сучасних геоінформаційних систем різного призначення з використанням крупномасштабних карт і побудовою відповідних мультимасштабних баз картографічних даних, а також ряду інтелектуальних інформаційних технологій, що в сполученні, по-перше, може дати велику роздільну здатність зображення обраних ділянок місцевості, а, по-друге, – надати можливість робити ці бази у реальному часі [3].

Крім того, на нашу думку, до основних завдань, які повинні бути вирішені для переходу до широкого впровадження в господарства України технології ПЗ, належать такі:

- у ґрунтознавстві та меліорації – це виявлення таких особливостей ґрунтового покриву сільгоспугідь, які треба змінювати в оптимальному напрямі за допомогою технологічних прийомів з максимальним врахуванням його впливу на продуктивність агроценозу;

- у рослинництві – оцінка потенційної продуктивності сортів сільськогосподарських культур в конкретних екологічних умовах та їх чутливості до добрив, фітогормонів й інших засобів;

- в агрофізиці – побудова моделей енерго- і масо-переносу в системі "ґрунт-рослина-атмосфера", дослідження варіабельності основних агрофізичних характеристик ґрунту, які є визначальними при виборі технології вирощування сільськогосподарської культури та впливають на продукційний процес і дозволяють прогнозувати його результат;

- в агрометеорології – розробка нових методів прогнозування метеоумов та їх впливу на продукційний процес, створення автономних агрометеорологічних станцій з автоматичним збором інформації [1].

За своєю суттю природокористування, яке ґрунтується на застосуванні ПЗ, має бути раціональним, оскільки спрямовується на забезпечення використання природних ресурсів таким чином, щоб сприяти зни-

женню матеріально-сировинних витрат і підвищення прибутку в сфері агровиробництва. Але для цього все ще необхідна всебічна комплексна раціоналізація виробництва на основі мінімізації відходів, ліквідації необґрунтованих втрат і широкого застосування вторинної сировини.

В даний час ведуться роботи зі створення інформаційних технологій і технічних засобів для диференційованого поверхневого і локального внесення мінеральних і органічних добрив, меліорантів відповідно до оптимальної програми їх застосування.

ВИСНОВКИ

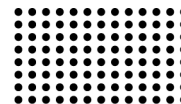
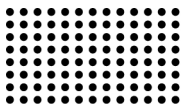
На сьогоднішній день серед основних перепон на шляху до широкого впровадження системи ПЗ в реальних українських умовах є необхідність наявності парку нової агротехніки, видатки на додаткове обладнання і програмне забезпечення, потреба у висококласних спеціалістах для налагодження і супроводу системи. Готові закордонні рішення у більшості випадків не є оптимально адаптованими для конкретних умов вітчизняного господарювання, що призводить до надлишкових витрат.

Крім технологічних задач, системи ПЗ потребують також вирішення задачі інтеграції з системами управління агропідприємства. Проблемою при цьому може стати стиківка програмних і технічних компонентів від різних виробників. При розробці таких систем важливим є необхідність забезпечити модульність та відкритість програмного забезпечення на рівні прикладного програмного інтерфейсу.

Доцільно на базі НУБіП України та інститутів Національної академії наук України, зокрема Інституту кібернетики, створити підґрунтя для розвитку та імплементації системи ПЗ, опираючись на результати досліджень складових інститутів НУБіП, рівень підготовки кадрів, а також на можливість ряду науково-дослідних станцій, які є відокремленими структурами університету.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Belavtseva T.M. Tehnologii tochnogo zemledeliya, ih perspektivy i vozmozhnosti ispolzovaniya na meliorirovannykh zemlyah: Nauchno-tehnicheskii obzor. - Federalnoe gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie (FGNU TsNTI "Meliovodinformat"), M.: 2009. s. 8-15.
2. Vasyuhin M., Kasim A., Tkachenko A., Ivanik Yu. Razrabotka osnov postroyeniya avtomatizirovannoy sistemyi agroekologicheskogo monitoringa, pasportizatsii i otsenki zemel, zagryaznennyih v rezultate antropogennoy deyatel'nosti // VESTNIK HNTU #1(46), 2013 g. – S.237-239.



3. Vasyuhin M.I. Osnovy interaktivnykh navigatsionno-upravlyayuschih geoinformatsionnykh sistem: Monografiya / M.I.Vasyuhin.- K.: Lira-K, 2006.- 536 s.
4. Voytyuk D.G. Metodi realizatsiyi sistemi tochnogo zemlerobstva / D.G.Voytyuk, L.V. Aniskevich, G.R.Gavrilyuk, M.S.Volyanskiy // Naukoviy vlsnik Natslalnogo agrarnogo unlvrsitetu. – 1998. – #9. – S.67-69.
5. Garam V.P., Pashko A.O. Suchasne upravlnnya agrotehnologichnim protsesom u roslinnitstvl // Nauka ta Innovatsiyi. – 2005. – T.1. – # 2. – S. 110-116.
6. Kontseptualnl osnovi pobudovi sistemi tochnogo zemlerobstva UkraYini / V.I.Kravchuk , G.L.Baranov // Tehnlka APK. – 2000. – # 9. – S. 4-8.
7. Kravchuk V., Lyubchenko S., Kozelkov S., Baranov G. Prognoz rozvitku tehnologiy virobnitstva produktsiyi roslinnitstva z vikoristannnyam Informatslyno-keruyuchih zasoblv // Innovatslynl tehnologiyi v APK. – 2010. – #4(7). – S.4-5.
8. Materialyi doklada na mezhdunarodnom konsiliume "Sistemnyiy podhod v sovremennom agroproizvodstve. Ispolzovanie informatsionnyih i energosberegayuschih tehnologiy v rastenievodstve" / S.Gayday, generalnyiy direktor SOOO "Druzhba-Nova". – VARVA, iyul 2011 g.
9. Tkachenko O.M. Geoprostorova skladova Informatslyno-anallichnoYi sistemi u galuzl roslinnitstva // Naukoviy vlsnik Natslalnogo unlvrsitetu bloresurslv l prirodokoristuvannya UkraYini. – 2013. – #184. – Ch.1. Serlya "Tehnlka ta energetika APK". – S.150-157.
10. Yakushev V.P. i dr. Tochnoe zemledelie: sostoyanie issledovaniy i zadachi agrofiziki // Agrofizicheskie i ekologicheskie problemyi selskogo hozyaystva v 21 veke. – SPb. AFI, 2002. # 3.
11. Barreto H.J., Westerman R.L. YIELDFIT: A computer program for determining economic fertilization rates // Journal of Agronomic Education. – 1987. – Vol. 16, pp 11-14.
12. Bill R., Nash E., Grenzdörffer G. GIS in Agriculture / SpringerHandbook of Geographic Information. – 2012, pp 461-476.
13. Bongiovanni R., Lowenberg-Deboer J. Precision Agricultureand Sustainability // Precision Agriculture. – 2004. – Vol.5, Issue 4, pp 359-387.
14. Precision Agriculture in 21st Century. Geospatial andInformation Technologies in Crop Management. –Washington: National Academy Press, 1997. – 149 p.
15. Robertson M., Carberry P., Brennan L. The economicbenefits of precision agriculture: case studies fromAustralian grain farms. – CSIRO, 2007. – 46 p.
16. World agriculture: towards 2015/2030. An FAO Perspective /Edited by J. Bruinsma. – London: Earthscan PublicationsLtd., 2003. – 432 p.