

УДК 631.17

*Т. Е. Федякина,**аспирант, Інститут технічної механіки НАН України та НКА України*

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ КОСМИЧЕСКОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

В работе обоснована совокупность факторов, которые оказывают наибольшее влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур. Исследуемые факторы формирования урожая максимально используют информационные возможности спутниковых систем ДЗЗ.

The combination of factors that have the greatest influence on harvest formation is basing in present research. Examined factors maximum use of information possibilities provided by Earth satellite remote sounding systems.

Ключевые слова: факторы формирования урожая, взаимодействие факторов влияния, информационные возможности спутниковых систем ДЗЗ.

ВСТУПЛЕНИЕ

Управление процессом выращивания сельскохозяйственных культур в силу неодинаковых природно-климатических условий на фоне проведения типовых технологических операций в различных сельскохозяйственных регионах имеет свои специфические черты. Это обусловлено сельскохозяйственным районированием территорий, предусматривающим эколого-биологическое соответствие между культивируемыми видами растений и окружающей их природной средой, опыт которого в полной мере не раскрывает сложного разнообразия взаимодействий, возникающих в динамической системе "климат — почва — хозяйственная деятельность — агробиоценозы — продуктивность". Кроме того, не всегда возможно учитывать особенности качественного состава почвы, количество и распределение осадков, продолжительность цикла вегетации, температурные режимы, вследствие недостатка своевременной и всесторонней информации о контролируемых факторах. Таким образом, на сегодняшний день исследование по обоснованию совокупности таких факторов системы агроэкономического мониторинга, которые дадут возможность управлять процессом выращивания

сельскохозяйственных культур на основе использования информационных возможностей спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), стоит в ряду приоритетных и актуальных.

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

Анализ литературных источников показал, что многие аспекты зонального формирования и программирования урожайности, технологических видов обработки почв и выращивания культур в сельском хозяйстве рассмотрены в работах таких авторов: Масюк Н.Т., Лазаренко П.И., Адаменко Т.И., Тарарико Ю.А., Панфилов В.Д., Минаев В.Г., Ольховский Г.В., Ярчук И.И., Кравцов В.И., Ачасов А.Б. и др.

В научных работах отечественных и зарубежных ученых отмечено, что агроэкономический мониторинг и повышение эффективности производства сельскохозяйственных культур является сложным динамическим процессом, требующим постоянного совершенствования, связанного с углублением и развитием знаний в рассматриваемой области, в частности обоснования совокупности факторов, которые оказывают наибольшее влияние на формирование урожая.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью проводимой работы является обоснование совокупности факторов, которые оказывают наибольшее влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур, максимально использующих информационные возможности спутниковых систем ДЗЗ.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- обзор причин вариабельности урожая;
- анализ особенностей информационного обеспечения в интересах повышения продуктивности растениеводства и функциональных возможностей основных современных спутников ДЗЗ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Урожай сельскохозяйственных культур регулируется действием множества различных факторов, которые и определяют вариабельность урожая сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Основой программы управления урожаем обычно является регулирование и контроль "факторов минимума", к числу которых относятся водный и питательный режим почвы и растений, осуществляемое с помощью агротехнических приемов.

В одних работах в качестве основных факторов, влияющих на урожайность, отслеживались:

- состояние посевов на начало возобновления весенней вегетации,
- влажность воздуха;
- средняя температура воздуха;
- глубина промачивания почвы на начало возобновления весенней вегетации [1].

В других источниках в качестве независимых факторов, с привязкой к фазам вегетации, при формировании урожая сельскохозяйственных культур, были предложены:

- средняя температура воздуха;
- сумма осадков, мм;
- количество минеральных удобрений на 1 га, кг;
- количество органических удобрений на 1 га, тонны [2; 3].

Однако, в силу большого количества факторов, которые предлагается учитывать в процессе формирования урожая, становится актуальной проблема выбора необходимой и достаточной совокупности факторов формирования урожая сельскохозяйственных культур, что станет предпосылкой для наиболее точного прогнозирования и программирования урожая.

Таблица 1. Причины вариабельности урожая

Погодные факторы	- частота и количество выпавших осадков; - солнечная радиация; - температура.
Почвенные факторы	- механический состав, структура и плотность почв; - плодородие (гумусность); - дренирование; - доступность элементов питания; - pH.
Факторы, обусловленные сельскохозяйственной практикой	- потенциал исходного посевного материала; - соблюдение нормы высева; - равномерность развития и созревания; - севообороты; - виды обработки почвы; - предыдущая практика; - недостаточный полив; - недостаточное внесение средств защиты растений; - недостаток основных элементов питания и микроэлементов; - «огрехи» связанные с неисправностью сельхозтехники; - нарушение сроков выполнения агромероприятий.
Географические факторы	- уклон; - положение по отношению сторон света
Биологические факторы	- поражение вредителями (насекомыми, грызунами); - угнетение сорняками; - заболевания различной этиологии (вирусные, грибковые).

В силу ограниченных возможностей имеющихся наземных средств измерения, становится очевидным, что решение задач мониторинга природных покровов Земли в интересах повышения эффективности растениеводства, особенно нуждается в привлечении, наряду с традиционными методами оценки состояния территории, информации ДЗЗ, обладающей свойствами объективности, оперативности и представительности в масштабе региона.

Необходимо отметить, что информация, получаемая с использованием наземных средств, являются "заверочной", необходимой для оптимизации плана съемок со спутников, отбора и обработки изображения.

Особенности информационного обеспечения в интересах повышения продуктивности растениеводства.

Успешное функционирование системы управления процессом выращивания урожая экономически выгодным путем [4] предусматривает организацию системы контроля и измерения с использованием ДЗЗ следующих факторов:

- границ земельных участков;
- качества почвы и динамики его изменения;
- влагосодержания почвы;
- температуры поверхностного слоя почвы;
- распознавание сельскохозяйственных культур и их состояния, характеризующего режим питания растений;
- динамики изменения биомассы в процессе ее развития;
- содержания нитратов, тяжелых металлов и пестицидов в растениях.

Основные требования, предъявляемые к системам ДЗЗ и точности измерения различных параметров при проведении работ в интересах сель-

Таблица 2. Требования к информации ДЗЗ при решении различных задач сельского хозяйства

Решаемая задача	Анализируемые характеристики объектов	Периодичность наблюдений	Обеспечиваемое пространственное разрешение, м	Используемые спектральные диапазоны
Инвентаризация сельскохозяйственных угодий	температура, цвет, индекс вегетации, текстура	72 (часовая) 15 (суточная) годовая	15-20 20-30	VIS,TIR,MW VIS,NIR,JR VIS
Выделение и идентификация различных типов с/х культур	цвет, характеристики отраженного микроволнового излучения	15 (суточная) 72 (часовая)	20-30 30	VIS,NIR MW
Сельскохозяйственное почвоведение	цвет, текстура	квартальная	10-20	VIS,NIR,TIR
Сельскохозяйственная гидрология	цвет	15 (суточная)	30	VIS,NIR
Сельскохозяйственная метеорология				VIS,NIR,MW
Предотвращение сельскохозяйственных катастроф	температура, степень поражения растений	месячная месячная	100 30-50	TIR,MW, VIS,NIR,TIR
Прогнозирование урожаев	температура, альbedo	недельная месячная	30-50 10-20	VIS,MW VIS
Анализ сельскохозяйственного потенциала	цвет, температура, текстура	2 (недельная) месячная 2 (недельная)	10-20 100 10-20	VIS,MW IR,NIR,TIR VIS,MW,NIR

скохозяйственного производства, приведены в табл. 2.

Далее остановимся подробнее на анализе возможностей спутниковых систем ДЗЗ применительно к измерениям и контролю указанных факторов и параметров.

Почвы. Традиционные методы и способы контактных измерений не всегда позволяют определить грунтовые параметры с необходимой для большинства практических задач частотой и детальностью в пространстве, в то время как применение дистанционных методов исследований позволяет оперативно получать достоверную информацию о состоянии грунтов на больших территориях, что дает возможность изучения пространственно-временной динамики состояния земельных ресурсов.

Применение спутников ДЗЗ в исследованиях почвенного покрова охватывает две основные группы задач, одна из которых связана с почвенным картографированием, уточнением и составлением средне- и мелкомасштабных почвенных карт, другая — с изучением динамических свойств почв, гумусности, влажности, засоления, эрозии почв.

Типы почв по космическим снимкам могут дешифрироваться по прямым дешифровочным признакам на распаханых землях или полях со всходами зерновых и пропашных культур до 10—20 см и слабо покрытых растительностью (до 10—15%) территориях. Фототон изображения почв разного типа меняется от белого тона изображения солончаков и песков до почти белого у пустынных почв сероземов, а также от светло-каш-

тановых, до почти черного тона изображения чероземов.

Исследование почвенного гумуса является одной из важнейших задач современного почвоведения. С производственной точки зрения очень важным является не только знание общего количества гумуса, но и податливость его к изменению после длительного освоения и культивирования почв.

Космические черно-белые снимки высокого разрешения, выполняемые с интервалом 1—3 года, позволяют оценить динамику изменения содержания гумуса в почвах.

Исследование динамических свойств почв и

контроль неблагоприятных процессов. В связи с усиливающимся воздействием человека на почвы появляется потребность оперативного изучения таких динамических свойств почв, испытывающих изменения в связи с их использованием, как засоленность, эродированность, влажность почв и т. п.

Практически все эти свойства можно изучать по снимкам из космоса не только на качественном, но и на количественном уровне [5].

Засоление относится к числу наиболее динамических параметров почвы, что вызывает необходимость повторного проведения солевых съемок в районах орошения с периодичностью раз в 3—5 лет. Засоленные участки хорошо выделяются на снимках из космоса, в связи с чем на основе установления корреляции засоленности и плотности изображения на космических снимках разрабатывается фотометрический метод оценки засоления почв.

Эродированность почв отражается благодаря развитию форм водной эрозии: плоскостной смыв дает на снимках чередование светлых пятен смытых почв на выпуклых участках склонов и темных пятен намывных почв в понижениях.

Оценку интенсивности эрозии и эффективности противоэрозионных мероприятий можно основывать, как показано в [6], на данных о динамике уменьшения содержания гумуса в слое почвы глубиной около 0,3—0,5 м.

Оценка влажности почв. При определении областей, подверженных эрозиям и обезвоживанию, широко используются результаты измере-

ния почвенной влаги с использованием средств ДЗЗ.

Влажность почвы определяется такими факторами, как интенсивность испарения влаги растениями, поверхностное испарение, просачивание и впитывание влаги поверхностным слоем.

Для количественного изучения влажности почвенного покрова приходится иметь в виду, что на фотометрических и сканерных снимках в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне отражается влажность лишь поверхностной корки, которая может существенно отличаться от влажности деятельного слоя почвы. Для изучения этой характеристики обращаются к съемке в тепловом инфракрасном диапазоне.

Метод контроля за влажностью почв с помощью тепловой инфракрасной съемки основан на фиксации различных температурных характеристик у почв с разным влагосодержанием.

Оценка плотности почв. Применяемые в настоящее время технологии возделывания сельскохозяйственных культур включают операции, выполнение которых требует большого числа проходов по полю сельскохозяйственной техники, основными факторами, определяющими воздействие которой на почву, являются ее плотность, твердость и структурный состав в следах.

В уплотненной почве значительно снижается содержание продуктивной влаги, ограничены возможности использования вносимых удобрений, что и ведет к снижению урожая.

Как отмечалось в работе [7], "можно создать высокий уровень плодородия с помощью минеральных и других удобрений, можно также добиться нормальной водообеспеченности растений, но и в этих случаях чрезмерно высокая плотность не позволит получить достаточно высокий урожай".

Существующие методы определения плотности почвы [8; 9] весьма трудоемки и характеризуются значительной погрешностью. Использование неразрушающих дистанционных методов зондирования, основанных на радиолокационных методах измерения, позволит осуществлять контроль плотности почв и получения данных, характеризующихся высокой степенью достоверности.

Температура почвы. Для измерения поверхностной температуры почвы используются микроволновые радиометрические снимки. Этот метод позволяет обеспечить температурное разрешение с точностью не хуже 0,1Т [10].

Определение состава сельскохозяйственной культуры требует привлечение материалов многозональных съемок, или их повторения в течение сезона вегетации, или использования обоих факторов, что повышает надежность дешифрирования. Разделение сельскохозяйственных культур по многозональным сканерным снимкам выполняется с использованием спектральных

образцов культур или эталонных участков с известными культурами, причем основные зерновые культуры выделяются с очень высокой точностью (98%).

Оценка состояния сельскохозяйственных культур, биомассы растительности в различные периоды вегетации выполняется различными методами. Состояние озимых культур после перезимовки оценивается по различию цвета здоровых и погибших растений. В течение вегетационного периода на фоне зеленой биомассы на зерновых полях спектральные характеристики черного пара резко отличаются.

Заблаговременное определение областей вымерзания озимых посевов, толщина снежного покрова в которых недостаточна, и оценка возможных последствий таких вымораживаний осуществляется с использованием спутниковой информации о характеристиках снежного покрова, что позволяет прогнозировать начало таяния снега и определять интенсивность эрозии.

Отмечается, что при определении состояния и степени повреждения (заболеваемости) растений, оптимальными спектральными диапазонами являются:

— в августе: 0,44—0,46; 0,58—0,62; 1,0—1,4; 1,5—1,8 мкм;

— в сентябре на высоте 1000 м от уровня моря: 0,55—0,58; 1,0—1,4; 1,5—1,8; 8,0—14,0 мкм;

— в сентябре на высоте 2000 м от уровня моря: 0,58—0,62; 0,66—0,72; 1,0—1,4; 1,5—1,8 мкм.

В общем случае для выявления мест скопления вредных насекомых и определения районов, в которых необходимо провести заблаговременную химическую обработку, применяются данные ДЗЗ, полученные при наблюдении растительного покрова.

Также данные ДЗЗ позволяют измерять распределение индекса вегетации сельскохозяйственных культур, который необходим при определении объемов и качества урожая, планировании необходимых средств для переработки, хранения и перевозки сельскохозяйственной продукции. В течение сезона вегетации отражающая способность растительности меняется в красном и ближнем инфракрасном каналах и зависит от многих факторов, в том числе от количества зеленой фитомассы и густоты растительного покрова. На картах вегетационного индекса участки с различным состоянием растительности или объемом фитомассы изображаются различными цветами. Обнаженная почва без растительности и различные породы дают значение вегетационного индекса около нуля (белый и серый тон). По мере возрастания густоты растительности растут значения вегетационного индекса (красные и зеленые тона).

Изучение спектральных характеристик сельскохозяйственной растительности. Дистанцион-

ное спектрометрирование Земли позволяет проводить разработку методики оперативного дистанционного определения степени загрязнения почв тяжелыми металлами и нитратами.

Следует учитывать, что ни химический состав, ни концентрация загрязненных веществ, напрямую дистанционному определению не подлежат. Дистанционно могут быть определены либо физическое выражение наличия вещества определенного химического состава, в виде вызванного им изменения физического поля, либо результаты воздействия (физического, химического, биологического и т. д.) загрязняющего вещества на объекты окружающей среды, которое привело к изменению тех или иных признаков.

В системе "порода — вода — почва — растение" осуществляется транспортировка растворенных веществ, которые, переходя в поровый раствор породы, могут как накапливаться в растениях, так и определенным образом влиять на состояние в них хлорофилла и отраженного ими света. Повышенное содержание в растениях ряда тяжелых металлов способно изменить оптические характеристики их листьев.

Таким образом, исследуя спектры отражения листьев растений, можно определить наличие в их составе соответствующих элементов, потребляемых растением из почвы и, следовательно, выявить участки территорий зараженных тяжелыми металлами.

Суть методики дистанционного контроля воздействия агрохимикатов на растения состоит в фиксировании бортовым спектрометрическим устройством отраженного от растений излучения или вызванной этим излучением у растений флуоресценции. Так, например, перекорм растений азотными удобрениями вызывает стрессовое состояние, что, в свою очередь, сказывается на содержании хлорофилла.

Спутниковая информация также дает возможность выделять области, нуждающиеся во внесении удобрений, что дает возможность корректировать применяемые дозы удобрений для получения максимума отдачи.

Использование подобной информации позволит сохранить в землепользовании значительные площади плодородных земель за счет снижения и последующего прекращения загрязнения их пестицидами и удобрениями, а применение последних — свести до научно и экономически обоснованного минимума.

Как видно из проведенного анализа, не все факторы вариабельности урожая сельскохозяйственных культур возможно контролировать с помощью спутниковых систем ДЗЗ. Эти сведения могут быть полезны при разработке новых спутниковых систем в будущем.

Функциональные возможности основных современных спутников ДЗЗ.

Для успешного применения в сельском хозяйстве достаточно, чтобы системы ДЗЗ отвечали следующим условиям:

- возможность осуществления сбора данных, их коррекции и первичной обработки в течение 24—48 часов;

- высокое спектральное решение (порядка 10—20 нм) для повышения точности определения биофизических параметров растительного покрова;

- разрешение на местности должно составлять порядка 5 м для спектрозональной съемки;

- высокое временное решение, обеспечивающее 5—6 сеансов получения информации в течение периода вегетации;

- возможность предоставления результатов тематической интерпретации данных в доступных для пользователя форматах [11].

Эти требования удовлетворяют основные современные природоресурсные спутники:

- американские спутники Ikonos, Terra и Aqua;

- французский — SPOT-5;

- израильские спутники EROS-B, -C;

- немецкий — RapidEye;

- японский — ALOS;

- российские — "Ресурс-ДК1", "Монитор-С";

- тайванский — Formosat-2;

- индийские IRS-P5 (Cartosat-1) и Cartosat-2.

Основные системы изучения природных ресурсов, функционирующие в настоящее время, можно разделить, с некоторой степенью условности, на две большие группы [12]:

- системы, оснащенные оптической аппаратурой ДЗЗ: SPOT-5 (Франция), IRS-P5 (Индия), "Ресурс-ДК1" (Россия), QUICKBIRD (США), Ikonos (США), RapidEye (Германия), Terra (радиометр MODIS);

- радиолокационные (РА) системы изучения природных ресурсов: ERS (Европейское космическое агентство), JERS (Япония), RADARSAT (Канада), WorldView-2 (США), ALOS (Япония), TerraSAR-X (Германия).

В ходе решения широкого круга задач, в интересах растениеводства, используются различные спектральные диапазоны.

Для решения задач землепользования оптимальными спектральными диапазонами являются: панхроматический, 0,56; 0,6; 0,64 и 0,68 мкм.

Интервал 1,55—1,75 мкм оказался очень важным для распознаваемости основных зерновых культур на протяжении всего периода вегетации [5].

Для оценки гумусовой составляющей почв используются спектральные диапазоны: 0,55—0,58; 0,62—0,66; 0,66—0,72; 0,8—1,0 мкм, которые обеспечиваются всеми спутниками, оснащенными оптической аппаратурой ДЗЗ.

Для определения влажности почвы как одно-

го из важнейших элементов гидрологического цикла могут быть использованы:

- многоспектральные изображения земной поверхности в оптическом диапазоне и ближней ИК-области;

- данные аппаратуры, работающей в микроволновом диапазоне спектра в пассивном режиме;

- регистрация теплового излучения в тепловом ИК-диапазоне.

Спутниковые системы, оснащенные оптической аппаратурой.

Сенсор PRISM, которым снабжен японский спутник ALOS, в основном предназначен для картографирования. Для него характерны высокая разрешающая способность и достаточно широкая полоса съемки.

Прибор SPOT-5/VEGETATION имеет спектральные каналы с точной радиометрической калибровкой, оптимизированные для наблюдения растительности, широкий угол обзора, высокое радиометрическое разрешение и пространственное разрешение, равное приблизительно 1 км.

Наибольший интерес для мониторинга изменения качества растительного покрова представляет американский сенсор MODIS, установленный на американских спутниках Terra и Aqua. Прибор MODIS ведет съемку поверхности Земли с ежедневной периодичностью и пространственным разрешением 250 м (в надир) в каналах 620—670 нм, 841—876 нм и 500—1000 м в остальных каналах видимого, инфракрасного и теплового диапазонов.

Еще одним популярным источником цифровых данных является индийская система IRS-P5, цель которой состоит в обеспечении картографических приложений, путем использования панхроматических снимков высокого разрешения позиционируемых с высокой точностью.

Не уступают по информационным характеристикам немецкая система RapidEye, каждый из пяти спутников которой имеет следующие возможности:

- оснащение мультиспектральной оптико-электронной камерой для съемки с пространственным разрешением 6,5 м;

- выполнение съемки одного и того же района Земли с периодичностью 24 ч с ежедневной площадью покрытия 4 млн кв. км;

- выполнение съемка земной поверхности в пяти спектральных каналах. Уникальным для спутников высокого разрешения является канал "крайний красный" (red-edge), который оптимально подходит для наблюдения за изменениями состояния растительного покрова [13].

Космические снимки RapidEye наиболее эффективны для решения следующих задач:

- определения площадей, занятых разными культурами;

- определения границ полей;

- контроля состояния посевов и созревания растений;

- оценки содержания хлорофилла (с использованием диапазона "крайний красный");

- контроля плотности посевов;

- прогноза урожая;

- планирования времени начала сбора урожая.

В качестве основных источников оперативной информации ДЗЗ предполагается использовать данные от украинского спутника "Січ-2", запуск которого запланирован на декабрь 2010 года. Спутник весом 158 кг предназначен для исследования Земли в оптическом диапазоне и будет оснащен оптическим сканером украинского производства с разрешающей способностью 6—7 м.

Радиолокационные системы ДЗЗ.

Установка на космических аппаратах радиолокационного оборудования позволяет получать точную информацию о земной поверхности независимо от состояния атмосферы, освещенности в районе цели и позволяют выполнять заявки на съемку в течение нескольких суток.

РЛ системы позволяют получать изображения с разрешением на местности до единиц метров (RADARSAT-1, ALOS (PALSAR), TerraSAR X, ERS-2, ENVISAT-1).

Сравнительные характеристики существующих аппаратов сверхвысокого разрешения по основным параметрам представлены в табл. 3.

К числу факторов, сдерживавших до недавнего времени развитие практических систем мониторинга, относятся ограниченная доступность данных съемки, отсутствие необходимых программно-технических средств, недостаточное развитие методов тематической обработки спутниковых изображений. Появившиеся в последние годы спутниковые системы делают данные ДЗЗ качественно более доступными для пользователей [14].

Ведущими фирмами поставщиками коммерческой космической информации ДЗЗ являются: SPOT Image (Франция), Radarsat International (Канада), MacDonald Dettwiler & Associates (Канада), Earth Watch Inc. (США), Orbital Imaging Corp. (Orbimage) (США), Space Imaging Eosat (США), ImageSat Int (бывшая West Indian Space Ltd Израиль, США), "Совинформспутник" и "Совзвонд" (Россия).

Обеспечение данными ДЗЗ пользователей Украины является основным видом деятельности таких предприятий, как ГНПЦ "Природа", "Днепркосмос" и др.

В результате анализа современного состояния агрономической науки, имеющихся сведений о ресурсном обеспечении сельскохозяйственного производства в Украине и его продуктивности, их сопоставления с информационными возможностями спутниковых систем ДЗЗ, в качестве независимых факторов, с привязкой к фазам вегетации,

при формировании урожая сельскохозяйственных культур предлагается выбрать:

- среднюю температуру воздуха;
- сумму осадков, мм;
- количество минеральных удобрений на 1 га, кг;
- количество органических удобрений на 1 га, тонны.

Кроме перечисленных выше факторов, при прогнозировании урожайности предлагается учитывать наличие сильной взаимосвязи между содержанием продуктивной влаги в почве и режимов питания растений, определяемым количеством внесенных удобрений, ведь именно учет взаимосвязей между факторами, повышает точность исследований.

ВЫВОДЫ

Таким образом, объективная и оперативная информации о факторах формирования урожая сельскохозяйственных культур, предоставляемая средствами ДЗЗ, может стать довольно мощным ресурсом, не менее важным и существенным для достижения высокой эффективности растениеводства, чем материально-технические ресурсы. Это объясняется все возрастающей необходимостью выявления на основе получаемой информации наиболее целесообразных технологических приемов выращивания урожая, отвечающих реально складывающимся условиям.

Однако, успешная реализация этого потенциала предполагает разработку четкой методологии выявления рациональных путей и средств достижения высокой эффективности растениеводства на основе использования информации ДЗЗ, при затратах, оправданных с позиции рыночной экономики.

Внедрение такой методологии даст возможность рационализировать процесс управления выращиванием урожая, позволит вырабатывать адекватные управленческие решения, оперативно контролировать ситуацию на полях, что приведет к экономии энергоносителей, а в конечном итоге — к росту производительности, снижению себестоимости продукции и повышению эффективности хозяйствования.

Литература:

1. Свисюк И. В. Погода, интенсивная технология и урожайность озимой пшеницы / И. В. Свисюк. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 226 с.
2. Лазаренко П.И. Эколого-биологические основы сельскохозяйственного районирования территорий (на примере Днепропетровской области) / П.И. Лазаренко. — Днепропетровск: Пороги, 1995. — 476 с.

Таблица 3. Характеристики радиолокационных КА

Наименование	Страна	Дата запуска	Разрешение, м	Диапазон	Захват, км
Существующие космические аппараты					
SAR-Lupe	Германия	19.12.2006	0,5	X	5x5
TerraSAR-X	Германия	15.06.2007	1,0	X	10x5
COSMO-SkyMed-1	Италия	08.06.2007	1,0	X	10
COSMO-SkyMed-2	Италия	09.12.2007	1,0	X	10
COSMO-SkyMed-3	Италия	24.10.2008	1,0	X	10
COSMO-SkyMed-4	Италия	6.11.2010	1,0	X	10
TerraSAR-L	Великобритания	2010	1,0	L	10
Tandem-X	Германия	21.06.2010	1,0	X	10x5
RISAT	Индия	20.04.2009	1,0	C	10

Наземные средства ДЗЗ.

3. Ярчук И.И. Роль агроэкологических факторов в выращивании урожая озимой пшеницы / И.И. Ярчук, А.Д. Артюх // Вісник аграрної науки. — 1998. — № 5. — С. 26—30.

4. Макаренко П.Н. ДЗЗ в развитии АПК / П. Н. Макаренко, Т.Е. Федякина // Економіка: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. — 2010. — Випуск 264. — Том VI. — С. 1529—1540.

5. Кравцов В.И. Космические методы картографирования / В.И. Кравцов. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 240 с.

6. Красовский Г. Я. Аэрокосмический мониторинг поверхностных вод / Г. Я. Красовский. — Научный совет по космическим исследованиям для народного хозяйства МКС АН СССР, 1998. — 213 с.

7. Макаренко П. Н. Аграрный сектор в мировой и национальной экономике Украины / П. Н. Макаренко, П. И. Лазаренко, И. Г. Кириленко, А. М. Леонтьев; под ред. П. Н. Макаренко. — Днепропетровск: Пороги, 1995.

8. ГОСТ 7057-81

9. ГОСТ 24096-80

10. Эскизный проект "Січ". ПЗ 1.2

11. Кобец Н.И. Применение данных дистанционного зондирования Земли в системах точного земледелия / Н.И. Кобец // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (Серия "География"). — Том 15 (54). — № 1 (2002). — С. 67—75.

12. Гарбук С.В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С.В. Гарбук, В.Е. Гершензон. — М.: Издательство А и Б, 1997. — 297 с.

13. Абросимов А.В. Перспективы применения данных дистанционного зондирования Земли из космоса для повышения эффективности сельского хозяйства России / А.В. Абросимов, Б.А. Дворкин [Электронный ресурс компании "Совзона"].

14. Кашкин В.Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учебное пособие / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. — М.: Логос, 2001. — 264 с.

Стаття надійшла до редакції 16.03.2011 р.