

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

### КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЮГА РОССИИ

© 2013 г. В. Е. Зинченко<sup>1</sup>, О. И. Лохманова<sup>1\*</sup>, В. П. Калиниченко<sup>2</sup>,  
А. И. Глухов<sup>2</sup>, В. И. Повх<sup>3</sup>, Л. А. Шляхова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Донской научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Рассвет, Ростовская обл.

<sup>2</sup>Институт плодородия почв юга России, п. Персиановский, Ростовская обл.

<sup>3</sup>Южный региональный информационно-аналитический центр, Ростов-на-Дону

\*E-mail: agropoligon@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.10.2012 г.

Показаны особенности пакетной технологии обработки данных аэрокосмических съемок разного пространственного разрешения для оценки состояния сельскохозяйственных культур от отдельного поля до нескольких полей выбранного административного района. Используются процедуры географической привязки исходных изображений к слоям землеустройства, а также классификации данных дистанционного зондирования с учетом севооборота соответствующих культур для исследуемого региона.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, мониторинг сельскохозяйственного производства, классификация объектов

DOI: 10.7868/S0205961413030068

#### ВВЕДЕНИЕ

Применение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в целях мониторинга наземных объектов способствует получению информации о состоянии сельскохозяйственных (с.-х.) культур и земель с.-х. назначения (Козодеров и др., 1998; Shljakhova et al., 2001; Кравцов, Уварова, 2001; Justice et al., 2002; Vina et al., 2004; Баргалева и др. 2005). Методы ДЗЗ также актуальны при принятии решений по управлению продуктивностью земельного фонда юга России. Эти методы позволяют судить об интенсивности антропогенного воздействия на земельные ресурсы, контролировать их использование, определять пути сохранения и перераспределения в свете земельной реформы РФ. Открываются перспективы для разработки новых технологий, технических средств земледелия и мелиорации, принятия мер по уменьшению деградации земельного фонда РФ (Калиниченко, 2003, 2004; Калиниченко и др., 2011).

#### ДАнные ДЗЗ И ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

Для распознавания визуальных образов растительности применяется программа ENVI (Гарбук, Гершензон, 1997; Козодеров и др., 1998). При этом широко распространена концепция вегета-

ционных индексов (Wenwen et al., 2011). Одним из его вариантов является NDVI (Fontana et al., 2012; Maxwel, Sylvester, 2012).

Программное средство ENVI адаптировано для создания на основе NDVI векторных массивов, описывающих границы элементов биogeосистем (Borgogno et al., 2009; Gitelson et al., 2012; Viña et al., 2012.). Это объекты с особой растительностью, например, лес и рядом расположенная степная растительность, водные и водохозяйственные объекты, или объекты антропогенного характера – дороги, каналы, населенные пункты. Для создания таких массивов используются усовершенствованные алгоритмы обработки данных ДЗЗ (Козодеров и др., 2008; Прохоров, Лисецкий, 2011a; Zhang et al., 2011).

Данные ДЗЗ применялись нами для объективного мониторинга земельных массивов в условиях с.-х. производства на базе радиометрических свойств агрофитоценозов. В процессе выполнения работ на основе ENVI были созданы программные продукты обработки данных. Была апробирована пакетная технология, реализованная в Южном региональном информационно-аналитическом центре (ЮРИА-Центр) (Зинченко и др., 2005, 2011, 2012; Повх и др., 2006, 2007, 2009; Povkh et al., 2004, 2005).

Были выполнены следующие исследования: инвентаризация структуры землепользования и посевных площадей; оценка состояния фитоценозов и прогноз их биологической продуктивности; оценка возможностей использования методов ДЗЗ при принятии решений по продуктивности земельного фонда юга России.

### ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ ДЗЗ И НАЗЕМНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

В процессе исследований использованы данные спектрорадиометра MODIS – Terra, Aqua (канал 1 – 620–670 нм и канал 2 – 841–876 нм, пространственное разрешение – 250 м, полоса обзора – 2300 км) (Кравцова, Уварова, 2001; Vина, 2008; Justice et al., 2002; Cescatti, 2012). Применяли также данные высокого пространственного разрешения многозонального сканера МСУ-Э с космического аппарата (КА) “Метеор-3М”. Спектральные диапазоны 500–600, 600–700, 800–900 нм, номинальное пространственное разрешение – 38 м, полоса обзора – 78 км (Гарбук, Гершензон, 1997).

Прием спутниковых данных осуществлялся наземной станцией “СканЭр”. При предварительной обработке информации задействованы программные средства IVAPP, ScasViewer. Обработка цифровых многоспектральных данных проводилась в программной среде ENVI 3.5 (Повх и др., 2006).

Организационно мониторинг земель с.-х. назначения по данным ДЗЗ выполнен в виде системы измерительного и информационного обеспечения. В состав системы входят: программно-аппаратный комплекс приема, первичной обработки и тематического анализа данных ДЗЗ; электронный архив; распределенная сеть сбора и передачи информации. Исходя из аппаратных возможностей, выбраны три уровня целевых территорий: производственное территориальное подразделение с.-х. предприятия (поле), с.-х. предприятие, административный район, область.

Для создания цифровых векторных планов землепользования использованы данные ДЗЗ сверхвысокого (на момент выполнения съемки) пространственного разрешения 4 м: камера КФА-1000, КА “Ресурс-Ф1М” (Киенко, 2000).

Наземная опорная информация включала: состав, органогенез и продуктивность агрофитоценозов на тестовых полигонах; отображение информации в стандартной картографической проекции.

### МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ С.-Х. НАЗНАЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДЗЗ

Сроки проведения ДЗЗ были привязаны к радиометрическим свойствам агрофитоценозов согласно стадиям органогенеза культур (Шульгин, 1978; Повх и др., 2006; Козодеров и др., 2007, 2008; Козодеров, Дмитриев, 2010). Метод составления базы исходных данных – пакетная технология, т.е. наложение результатов очередной съемки на данные предыдущей съемки. Структура землепользования устанавливалась по результатам векторизации растрового изображения пространственного разрешения 4 м, а структура посевных площадей – на базе полученной векторной основы структуры землепользования с учетом данных тестовых полигонов в пакетах по индексам NDVI в программной среде ENVI.

Оценка состояния фитоценозов проводилась по подразделениям структуры посевных площадей (поля, производственные участки из нескольких полей) на полученной векторной основе структуры землепользования. Прогноз биологической продуктивности агрофитоценозов осуществлялся по корреляции реальной урожайности культуры и NDVI соответствующего тестового полигона за прошлый с.-х. год.

Метод обработки данных ДЗЗ заключался в геокодировании цифрового плана землеустройства и космического снимка путем стандартной геодезической процедуры привязки по ориентирам и реперам исходного изображения к векторному слою землеустройства в пакете. Формирование пакета: геокодирование первого по сроку снимка (базовый снимок); пиксельная привязка очередного снимка к базовому.

Классификация пакета: формирование пространственной обучающей выборки объектов с близкими, в пределах выборки, и отличными от других областей пакета фотометрическими свойствами согласно данным тестового полигона. Размер элемента выборки – отдельное поле или его фотометрически-однородный фрагмент.

Создание рабочей маски связано с требованием ограничения области классификации только объектами, относящимся к регулярной агрокультуре для данной территории. Классификация данных ДЗЗ о выделенных пространственных объектах в маске проводилась экспертно методом подобия. Конечный результат классификации данных ДЗЗ – цифровая карта посевных площадей в градациях признака состояния культуры. Формат представления данных растровой, векторной, табличной форм на всех этапах обработки ДЗЗ совместим с основными программными ГИС-средствами.



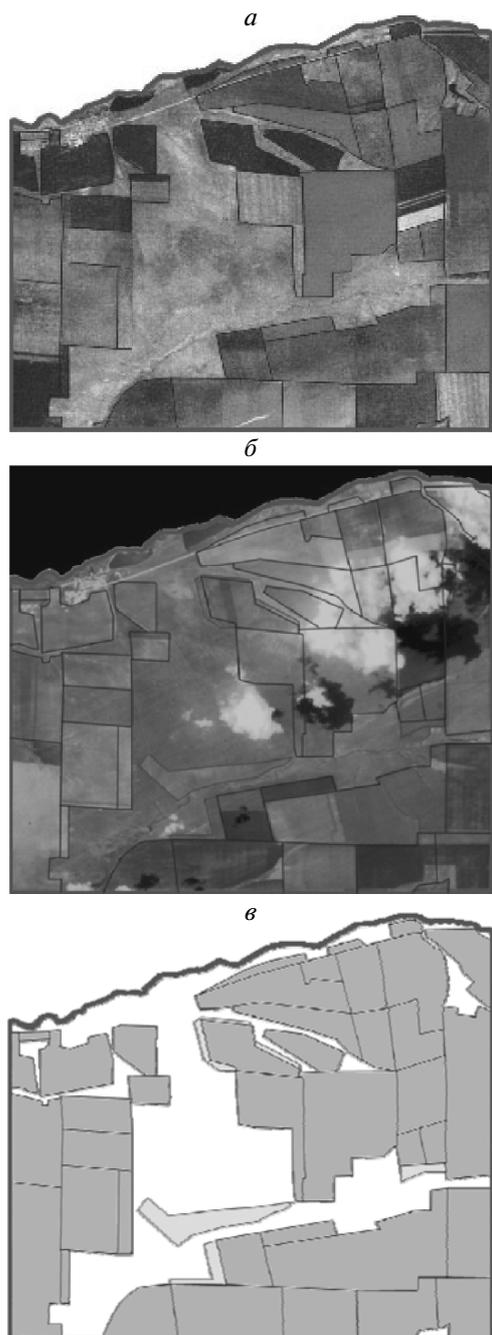
**Рис. 1.** Стадии обработки материалов ДЗЗ для с.-х. предприятия “Совхоз Александровский” Мясниковского р-на Ростовской обл.: *а* – векторный слой “система землепользования”; *б* – целевое маскирование изображения; *в* – результаты классификации данных ДЗЗ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований решена задача векторизации растровых изображений землепользования Ростовской обл., их привязки к существующей официальной картографической проекции.

На рис. 1*а–в* в качестве примера представлены соответствующие стадии обработки материалов ДЗЗ для с.-х. предприятия “Совхоз Алексан-

дровский” Мясниковского р-на Ростовской обл. На рис. 1*а* показаны результаты векторизации растрового изображения и полученная в результате структура землепользования изученного объекта по космофотоснимку аппаратуры КФА-1000 от 01.10.1999 г.; на рис. 1*б* – результат создания рабочей маски: ограничение области классификации только объектами, находящимися в регулярной агрокультуре. В дальнейшем векторный слой



**Рис. 2.** Пример возможности контроля динамики землепользований для с.-х. предприятия «Совхоз Александровский» Мясниковского р-на Ростовской обл.: *а* – структура землепользования по космическому снимку (1995 г.); *б* – структура землепользования по космическому снимку в следующий период наблюдений (1999 г.); *в* – цифровая картосхема динамики землепользования.

использовался как при обновлении существующих карт землепользования, так и при обработке данных ДЗЗ для целевого маскирования изображений. На рис. 1*в* приведены результаты классификации данных ДЗЗ после наложения маски,

что позволяет соотнести качественные и количественные характеристики выделяемых классов агроценозов с объектами векторного слоя.

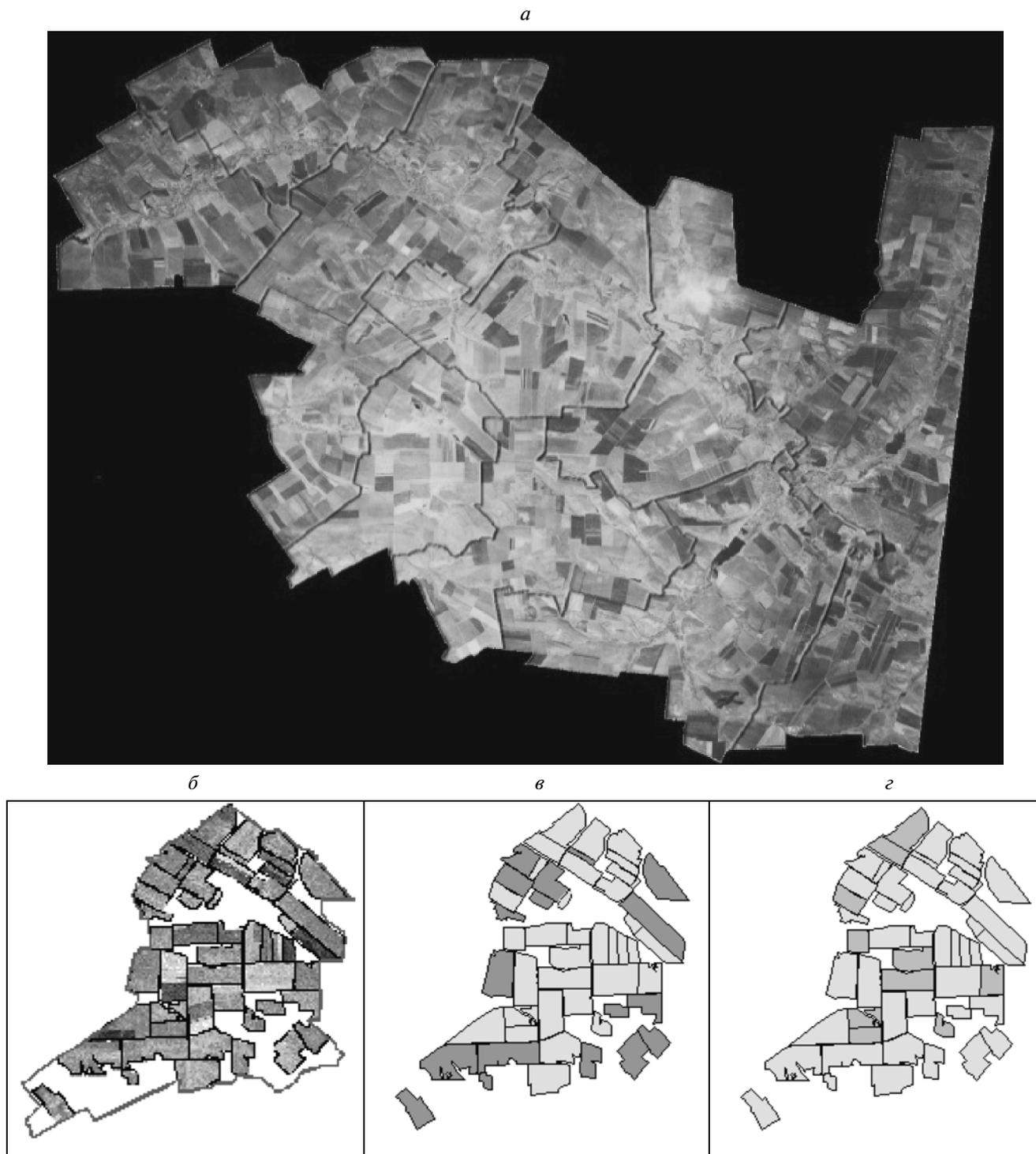
Задачей землеустройства в свете земельной реформы является контроль динамики земельных выделов. Как правило, в наземном исполнении землеустройства в прошлом контроль динамики землепользования выполняли один раз в пять лет. Такая длительность постоянной времени обратной связи в системе регулирования государственного земельного фонда характеризует эту систему как абсолютно нерегулируемую. Ситуация абсолютно нетерпима вследствие отсутствия контроля получаемой с.-х. продукции. Один из основных аспектов решения этой задачи состоит в оперативном контроле динамики землепользований. Примеры представлены на рис. 2*а–2в*.

Из данных рис. 2 следует принципиально новая возможность контроля динамики землепользований по данным ДЗЗ. На рис. 2*а* представлена структура землепользования с.-х. предприятия СКВО Мясниковского р-на Ростовской обл. по исходному космическому снимку, выполненному в начальный период наблюдений. На рис. 2*б* отдельным векторным слоем выделены границы обрабатываемых полей, отсутствовавших в землепользовании в структуре регулярной агрокультуры в предшествующий период дистанционного наблюдения. На рис. 2*в* дана динамика землепользования данного с.-х. предприятия в виде цифровой картосхемы. Площадь новых не учтенных в Земельном кадастре полей составляет 155 га.

Задачами мониторинга с.-х. земель являются контроль их использования по целевому назначению и перераспределение земель между категориями землепользования. Текущими актуальными и более простыми задачами являются контроль использования земель по целевому назначению и перераспределение земель новым пользователям. В качестве критерия для принятия указанных решений можно предложить возможности ДЗЗ на примере анализа снимка КФА-1000 от 01.10.1999 г. на территорию Боковского р-на Ростовской обл. (рис. 3*а–3г*).

Согласно рис. 3*в*, имеет место факт неиспользования земель с.-х. назначения в СПК «Колхоз Красная Заря» Боковского р-на Ростовской обл. Факт легко установить, например, по отсутствию резкой смены NDVI в течение всего лишь одного вегетационного сезона. Когда не ведется обработка земельного участка, фотометрические параметры фитоценоза изменяются медленно.

Несоблюдение агротехники также устойчиво контролируется методами ДЗЗ. На рис. 3*г* представлены площади подсолнечника, который был идентифицирован в качестве культуры в поздние осенние сроки съемки. Оказалось, что подсолнечник не был убран в надлежащие агротехниче-



**Рис. 3.** Пример контроля использования земель по целевому назначению по данным ДЗЗ: *a* – снимок КФА-1000 от 01.10.1999 г. территории Боковского р-на Ростовской обл.; *б* – землепользование СПК “Колхоз Красная Заря”; *в* – неиспользуемые земли СПК (общая площадь 3042 га); *г* – поля с необранным подсолнечником СПК (общая площадь 1488 га).

ские сроки. Факт такого рода также является мотивом к принятию решения о смене пользователя земельного участка.

Важным элементом агротехники служит севооборот, т.е. чередование культур и пара в пространстве земельного участка. Подсолнечник яв-



**Рис. 4.** Анализ места подсолнечника в севообороте на примере землепользования с.-х. предприятия СПК “Каргинский” Боковского р-на Ростовской обл.: *a* – снимок МСУ-Э от 10.08.2000 г. после предварительной обработки; *б* – место подсолнечника в севообороте по двум последовательным годам наблюдений.

ляется классической пропашной культурой, требующей севооборота. При возврате культуры на то же поле севооборота раньше, чем через 5–7 лет,

есть опасность развития заразики подсолнечника – паразитного растения, споры которого долгое время сохраняются в почве. После появления заразики на поле возделывание подсолнечника на нем становится невозможным на долгие годы ввиду практически полного уничтожения растений подсолнечника растением-паразитом. По указанной причине важно выявлять землепользователей, которые нарушают севооборот.

На рис. 4*a*, 4*б* представлен анализ места подсолнечника в севообороте на примере землепользования с.-х. предприятия СПК “Каргинский” Боковского р-на Ростовской обл. по двум последовательным годам наблюдений.

Для Ставропольского края по данным MODIS и Landsat 2006 г. выполнена оценка посевных площадей подсолнечника. Для Советского и Изобильненского районов данные приведены на рис. 5*a*, 5*б*.

Установлена высокая степень корреляции данных государственной статистики и результатов, полученных с использованием методов ДЗЗ. Поскольку последние имеют неизмеримо более высокую оперативность, очевидна их перспектива как официального и юридически значимого инструмента управления использованием земельного фонда.

Результаты тематического анализа данных ДЗЗ дают несколько градаций состояния культуры в пределах поля, поэтому полученная структура данных о пространственных объектах более детальна, чем базовая схема землепользования. Исследование временных и пространственных аспектов сукцессии агроландшафтной системы при мониторинге севооборотов позволяет оценить вид агроценоза независимо от градаций состояния культуры внутри поля.

Важной стадией органогенеза озимых культур является их развитие в позднеосенний, зимний и ранневесенний периоды. В это время на юге РФ, ввиду отсутствия сплошного устойчивого снежного покрова, имеется возможность получать космические снимки о текущем состоянии растений. На рис. 6*a*, 6*б* приведены текущие оценки условий перезимовки озимых культур для Республики Адыгея в декабре 2007–январе 2008 гг., выполненные по снимкам среднего разрешения MODIS на основе NDVI, метеорологических данных и метеорологических функциональных соотношений (Шульгин, 1978). Последующими съемками установлено, что оценки меняются и в дальнейшем, до весны, причем наиболее высокая корреляция состояния посевов и будущей урожайности имеет место для поздневесеннего периода оценок.

Экологическая реакция видов на изменяющиеся условия внешней среды изучена на примере мониторинга озимой пшеницы по данным космического ДЗЗ. Использована методика иденти-

фикации посевов по дешифровочному признаку NDVI. Индекс имеет прямую связь с уровнем фотосинтетической активности растений и служит индикатором состояния культурного агроценоза. Дешифрование посевов озимых зерновых выполнено с пространственным разрешением 250 м.

На рис. 7 представлена карта-схема Кагальницкого р-на с учетом данных спектрорадиомера MODIS. Двумя градациями показаны посевные площади озимых зерновых в хорошем и удовлетворительном состоянии. Указана доля общих посевных площадей, занятых посевами озимых, и доли посевов озимых в хорошем и удовлетворительном состоянии.

Полученные оценки посевных площадей и состояния озимых зерновых в ранневесенний период служат базой для моделирования возможной урожайности. Моделирование выполнено на базе данных об урожайности и фотометрических свойствах агрофитоценоза соответствующей культуры в аналогичных условиях развития по прошедшему с.-х. году (рис. 8).

Результаты прогноза урожайности озимых зерновых по данным космической съемки в 2002 г. для Кагальницкого р-на Ростовской обл. показаны на диаграммах (рис. 9) в трех градациях урожайности (менее 3.0 т/га, от 3.0 до 4.0 т/га, более 4.0 т/га). Коэффициент корреляции прогноза и реально зафиксированной урожайности составил 0.81 при статистической стандартной ошибке оценки урожайности 0.45 т/га.

В результате предлагаемой нами пакетной технологии достигнуты следующие цели: контроль посевов озимых культур и подсолнечника, соблюдение агротехники, в том числе развития растений на ранних стадиях органогенеза, соблюдение севооборота землепользователями, качество использования земель с.-х. назначения в регулярной агрокультуре, прогноз урожайности основных с.-х. культур.

Для практических приложений в с.-х. производстве требуются иные параметры, чем NDVI. В прикладном земледелии требуется информация о глубине обработки почвы, качестве семян, пространственной неоднородности выпадения осадков, стоке, впитывании, потоках воды, уплотнении почвы ходовыми системами с.-х. техники и других параметров (Chen et al., 2012; Comar et al., 2012; Dematté et al., 2009; Qu et al., 2012; Long, Singh, 2012). В этом смысле существуют естественные ограничения данных аэрокосмического мониторинга (Brown et al., 2012; Ciganda et al., 2012). В отличие от NDVI должна решаться более углубленная задача распознавания наблюдаемых объектов и поэлементного восстановления объема фитомассы для разных типов растительного покрова, как это показано в работе (Козодеров и др., 2008) для случая лесного биогеоценоза.

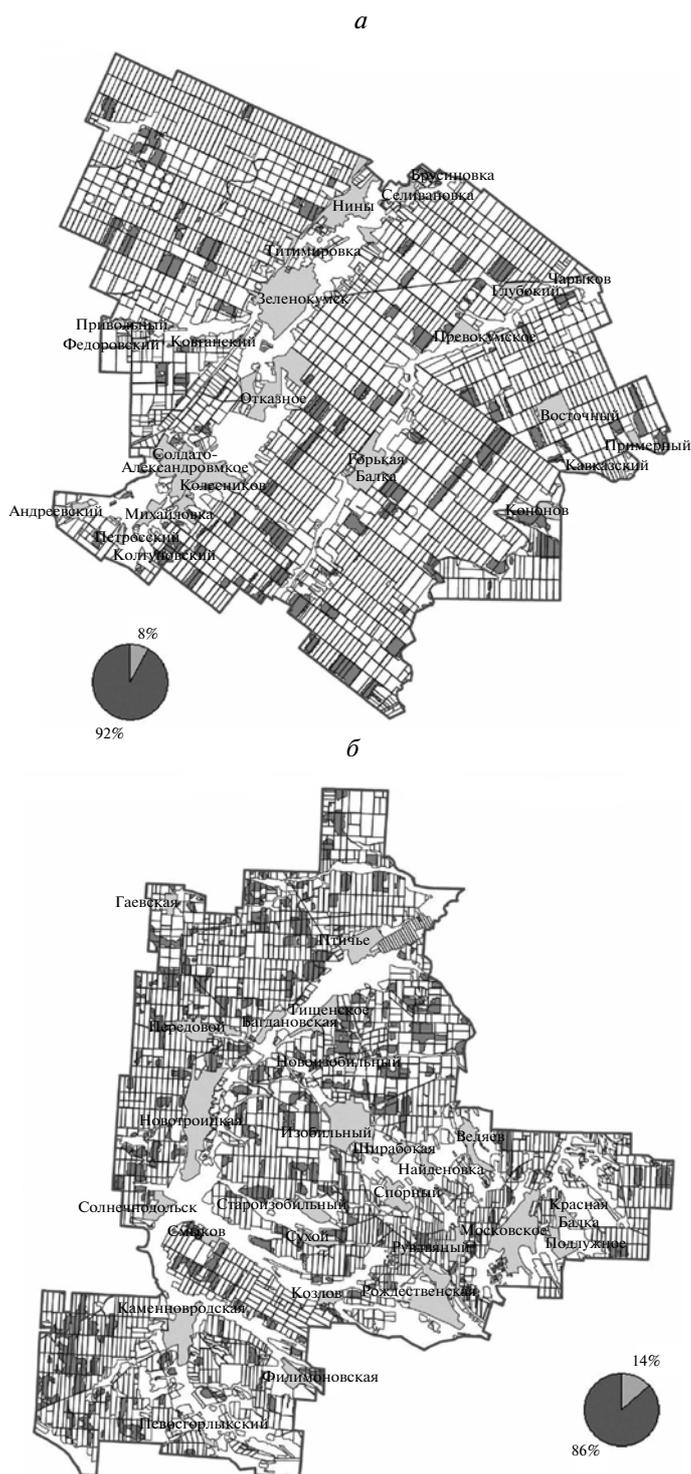


Рис. 5. Оценка посевных площадей подсолнечника в Ставропольском крае по данным MODIS и Landsat 2006 г.: а – в Советском р-не; б – в Изобильненском р-не.

Возникает необходимость более глубокого понимания энергетики геосистем (Лисецкий, 2011а, 2011б; Лисецкий, Нарожняя, 2011). Возрастает роль изучения режима почвообразования (Дем-



Рис. 6. Тематическая карта интегральных условий перезимовки озимых с.-х. культур в Республике Адыгея: а – декабрь 2007 г.; б – январь 2008 г.

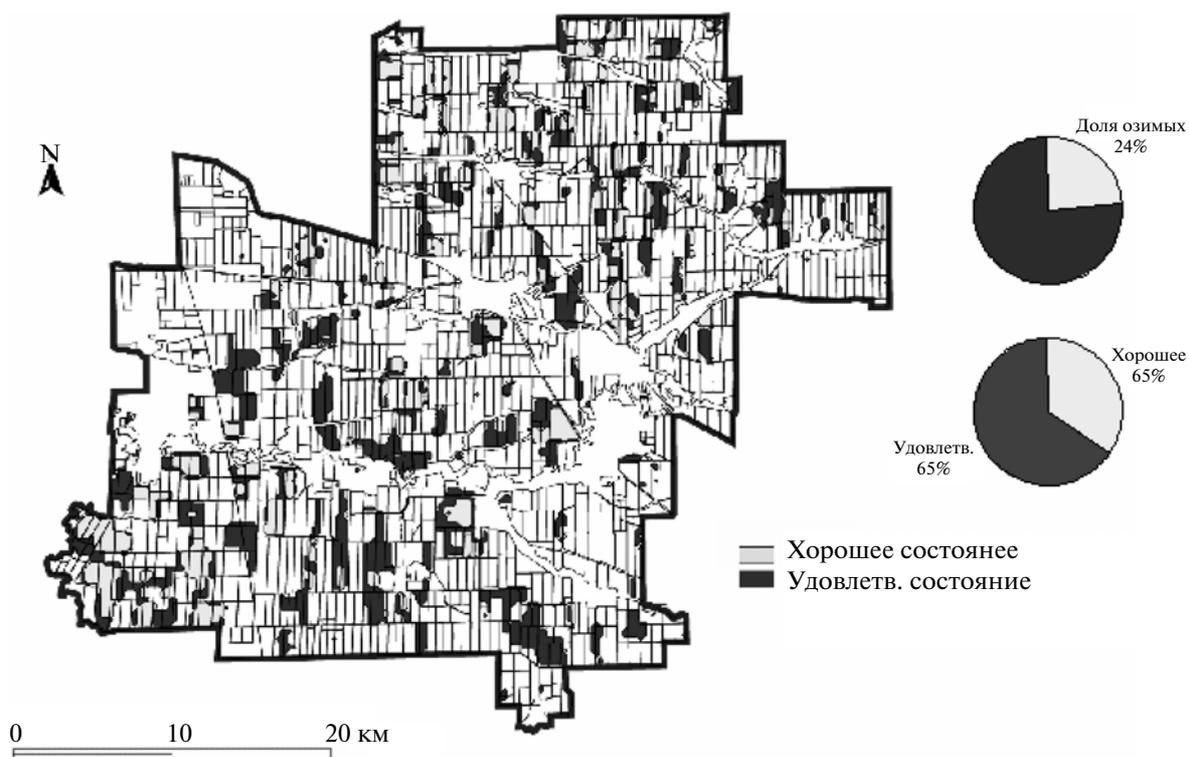


Рис. 7. Кагальницкий р-н Ростовской обл. Состояние озимых зерновых по данным космического ДЗЗ (февраль 2002 г.).

кин и др., 2012а, 2012б; Калиниченко и др., 2011). Требуется создание баз данных агропочвоведения и экологии (Куст и др., 2011; Макеев, 1996; Шеин, 2010; Шоба, 2009). Расширяется информационная база описания структуры почвенного покрова (Артоболевский и др., 2009; Котляков, Тишков, 2009).

На рис. 10 представлен аэроснимок, выполненный подразделением землепользования Донского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Снимок отражает сильную дифференциацию структуры растительного покрова, следующую из дифференциации структуры почвенного покрова

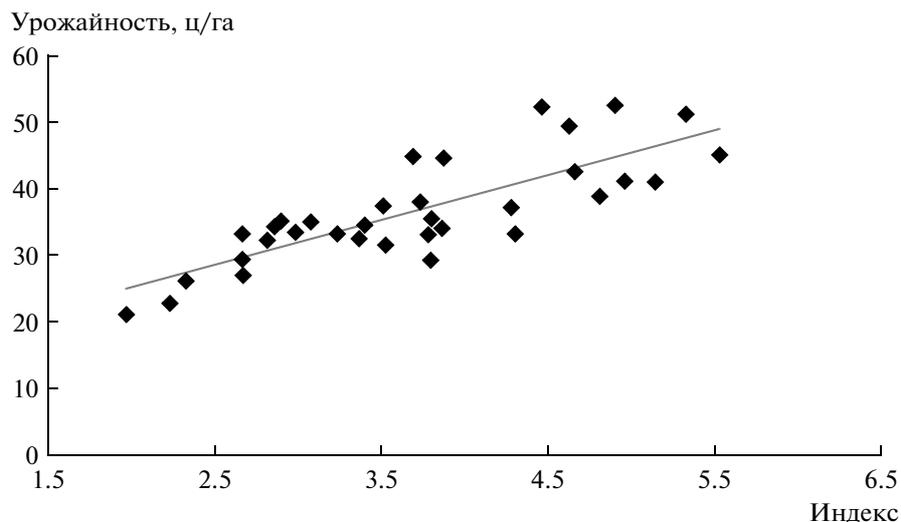


Рис. 8. Эмпирическая зависимость между оптическим индексом вегетации посевов озимых зерновых и урожайностью, рассчитанная по тестовой выборке полей по данным 2001 г.

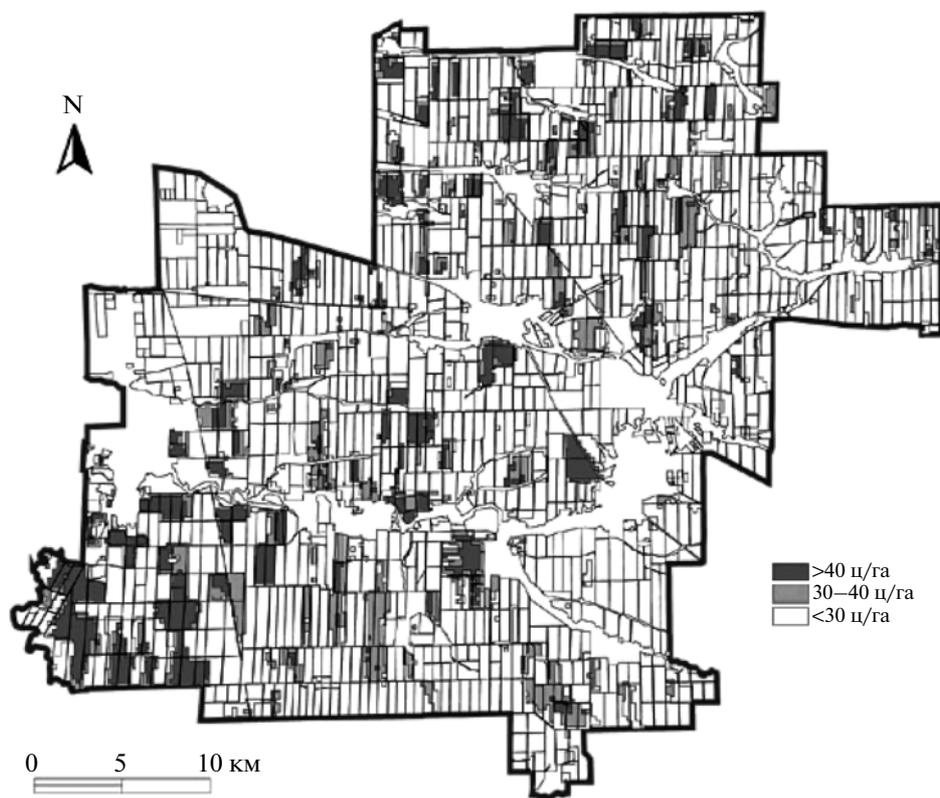


Рис. 9. Прогноз урожайности озимых зерновых по данным космической съемки в феврале 2002 г., Кагальницкий р-н Ростовской обл.

(Калиниченко и др., 2011). Природная структура почвенного покрова согласно снимку обусловлена несколькими геоморфологическими элементами рельефа. В северной части снимка расположен небольшой тальвег, который занят талой водой.

Имеется локальное слабовыраженное понижение рельефа, оно направлено от центра снимка на юго-восток. Вдоль понижения расположены несколько западин, в которых наблюдается локальное угнетение растений от переувлажнения — относитель-

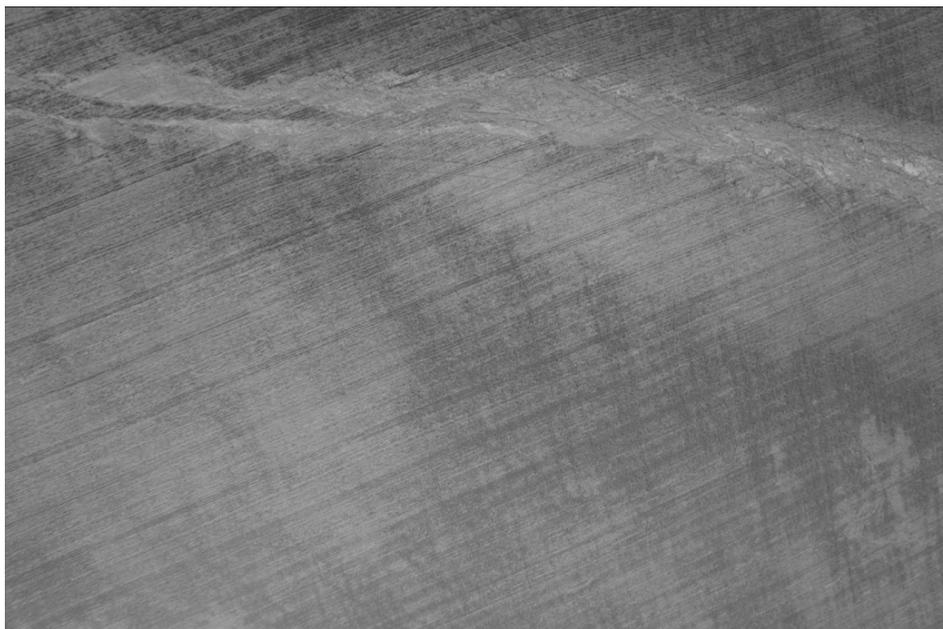


Рис. 10. Аэроснимок посевов озимой пшеницы с беспилотного летательного аппарата “Рассвет”, 11.02.2011, 12:44.

но светлые контуры изображения. Понижение окаймлено двумя мезоповышениями рельефа, расположенными относительно него на северо-восток и юго-запад. В пределах этих контуров культурные растения развиты слабо еще с осени, ввиду малого стартового запаса воды в почве.

Исходя из результатов дополнительной съемки с помощью беспилотного летательного аппарата “Рассвет” Таганрогского института ЮФУ, только 5–10% территории землепользования, охваченной снимком, характеризуется приемлемой, с точки зрения нормального органогенеза озимой пшеницы, структурой растительного покрова. Актуальной является задача оценки качества земельных угодий с использованием материалов аэрокосмических съемок.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные космического ДЗЗ и результаты их тематического дешифрирования дают объективную информацию о текущем состоянии с.-х. производства, определяют эффективность управления производством.

Агропочвы юга России являются объектом с ярко выраженным преобладанием вклада локальной микронеоднородности. Были показаны некоторые примеры использования ДЗЗ как главного инструмента для объективной характеристики биогеоэкологической системы и развития современных представлений о целостности ее отдельных уровней отображения в материалах аэрокосмической съемки (Xian et al., 2012).

Полученные результаты могут использоваться в управлении земельными ресурсами территории.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артоболевский С.С., Бабурин В.Л., Бакланов П.Я и др.* Стратегии пространственного развития в Российской Федерации: географические ресурсы и ограничения // Изв. РАН. Сер. географическая. 2009. № 3. С. 8–17.
- Барталев С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А., Савин. И.Ю.* Дистанционная оценка параметров с.-х. земель по спутниковым данным спектрорадиомера MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов / Под. ред. Е.А. Лупяна, О.Ю. Лавровой. Вып. 2. Т. 2. М.: GRANP polygraph, 2005. С. 228–236.
- Гарбук С.В., Гершензон В.Е.* Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: А и Б, 1997. 297 с.
- Демкин В.А., Борисов А.В., Демкина Т.С., Удальцов С.Н.* Эволюция почв и динамика климата степей юго-востока русской равнины в эпохи энеолита и бронзы (IV–II тыс. до н.э.) // Изв. РАН. Сер. географическая. 2012а. № 1. С. 46–57.
- Демкин В.А., Золотарева Б.Н., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Ельцов М.В., Удальцов С.Н.* Динамика свойств степных палеопочв сарматского времени (II в. до н.э. – IV в. н.э.) в связи с вековой изменчивостью увлажненности климата // Почвоведение. 2012б. № 2. С. 142.
- Зинченко В.Е., Повх В.И., Калинин В.П.* Управление плодородием почв на основе дистанционного зондирования агроландшафтов Ростовской области // Мат. Междун. научно-практ. конф. “Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного

- комплекса". 1–4 февраля 2005 г. П. Персиановский, 2005. С. 21–24.
- Зинченко В.Е., Повх В.И., Лохманова О.И., Глухов А.И., Калиниченко В.П.* Возможности и перспективы дистанционного зондирования Земли при мониторинге земель сельскохозяйственного назначения // Мат. Междун. научно-практ. конф. "Инновации в науке, образовании и бизнесе – основа эффективного развития АПК". 1–4 февраля 2011 г. П. Персиановский. 2011. Т. 2. С. 108–111.
- Зинченко В.Е., Повх В.И., Лохманова О.И., Калиниченко В.П., Зинченко А.Е.* Использование космических съемок и наземных обследований для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур // Вестн. Российской академии с.-х. наук. 2012. № 1. С. 45–47.
- Калиниченко В.П.* Природные и антропогенные факторы происхождения и эволюции структуры почвенного покрова. М.: МСХА, 2003. 376 с.
- Калиниченко В.П.* Устойчивость агроэкосистем как условие реализации федеральной программы повышения плодородия почв на 2002–2005 гг. (на примере Ростовской обл.) // Докл. Российской академии с.-х. наук. 2004. № 6. С. 27–30.
- Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Безуглова О.С., Ладан Е.П., Генева Е.Д., Илларионов В.В., Зинченко В.Е., Морковской Н.А., Черненко В.В., Ильина Л.П.* Изменение почв солонцового комплекса за 30-летний период после отвальной, трехъярусной и нового приема роторно-фрезерной обработки // Почвоведение. 2011. № 8. С. 1010–1022.
- Киенко Ю.П.* Рекомендации по использованию космических съемок со спутника "Ресурс-Ф1М" № 2. Госцентр "Природа". М., 2000.
- Козодеров В.В., Дмитриев Е.В.* Аэрокосмическое зондирование почвенно-растительного покрова: модели, алгоритмическое и программное обеспечение, наземная валидация // Исслед. Земли из космоса. 2010. № 1. С. 69–86.
- Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Борзяк В.В.* Инновационная технология обработки многоспектральных космических изображений земной поверхности // Исслед. Земли из космоса. 2008. № 1. С. 56–72.
- Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Косолапов В.С., Головкин В.А., Дмитриев Е.В.* Восстановление объема фитомассы и других параметров состояния почвенно-растительного покрова по результатам обработки многоспектральных спутниковых изображений // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 1. С. 57–65.
- Козодеров В.В., Косолапов В.С., Ушаков С.А. и др.* Космическое земледие: информационно-математические основы / Под ред. В.А. Садовниченко. М.: МГУ, 1998. Т. 1. 756 с.
- Котляков, В.М., Тишков А.А.* Стратегия устойчивого развития России в начале XXI века: инновационные векторы и место географического прогноза // Инновации. 2009. № 9. С. 74–81.
- Кравцова В.И., Уварова И.А.* Гиперспектральная система MODIS для глобального мониторинга Земли // Информ. бюл. ГИС Ассоциации. 2001. № 2. С. 39–41.
- Куст Г.С., Розов С.Ю., Стома Г.В., Андреев П.В.* Педогеохимическая индикация особенностей устойчивого функционирования Приволжской оросительной системы (Саратовская обл.) // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 47. С. 5–17.
- Лисецкий Ф.Н.* Историко-экологические этапы трансформации восточно-европейских степей // Усп. совр. естествознания. 2011а. № 5. С. 33–36.
- Лисецкий Ф.Н.* Ритмика почвообразования и солнечная активность // Совр. пробл. науки и образования. 2011б. № 1. С. 6–9.
- Лисецкий Ф.Н., Нарожняя А.Г.* Энергетические и экологические оценки геосистем // Пробл. регион. экол. 2011. № 2. С. 100–105.
- Макеев А.О.* Обеспечение сетевого доступа и информационного обмена с применением www-технологий к информационным системам и базам данных в области агропочвоведения и экологии // Информ. бюл. РФФИ. 1996. Т. 4. № 7. С. 46.
- Повх В.И., Гарбузов Г.П., Шляхова Л.А.* Космический мониторинг с.-х. угодий Ростовской обл. // Исслед. Земли из космоса. 2006. № 3. С. 1–8.
- Повх В.И., Гарбузов Г.П., Шляхова Л.А.* Оценка структуры посевов подсолнечника в Ставропольском крае по данным дистанционного зондирования спектрометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов / Под. ред. Е.А. Лупяна, О.Ю. Лавровой. Вып. 4. Т. 2. М.: Азбука-2000, 2007. С. 284–289.
- Повх В.И., Шляхова Л.А., Воробейчик Е.А.* Использование технологии дистанционного зондирования Земли для решения задач прогноза урожайности зерновых культур в Республике Адыгея // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов / Под. ред. Е.А. Лупяна, О.Ю. Лавровой. Вып. 6. Т. 2. М.: Азбука-2000, 2009. С. 419–424.
- Прохорова О.В., Лисецкий Ф.Н.* Применение геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли для расширения сети ООПТ (на примере степных ландшафтов Воронежской области) // Вестн. Воронежского гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2011. № 1. С. 184–187.
- Шейн Е.В.* Гидрология почв: этапы развития, современные тенденции, ближайшие перспективы // Почвоведение. 2010. № 2. С. 175–185.
- Шоба С.А.* Горизонты почвоведения: итоги и перспективы // Почвоведение. 2009. № 5. С. 515–520.
- Шульгин А.М.* Агрометеорологическая климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 200 с.
- Borgogno F., D'Odorico P., Laio F., Ridolfi L.* Mathematical models of vegetation pattern formation in ecohydrology // Rev. Geophys. 2009. V. 47. № RG1005. doi:10.1029/2007RG000256.
- Brown M.E., Beurs de K.M., Marshall M.* Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over 26 years // Rem. Sens. Environ. 2012. V. 126. P. 174–183.
- Cescatti A., Marcolla B., Vannan S.K.S., Pan J.Y., Roman M.O., Yang X., Ciais P., Cook R.B., Law B.E., Matteucci G., Migliavacca M., Moors E., Richardson A.D., Seufert G., Schaaf C.B.* Intercomparison of MODIS albedo retrievals and

- in situ measurements across the global FLUXNET network // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 323–334.
- Ciganda V.S., Gitelson A.A., Schepers J.* How deep does a remote sensor sense? Expression of chlorophyll content in a maize canopy // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 126. P. 240–247.
- Chen Q., Laurin G.V., Battles J.J., Saah D.* Integration of airborne lidar and vegetation types derived from aerial photography for mapping aboveground live biomass // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 108–117.
- Comar A., Baret F., Viénot F., Yan L., Solan de B.* Wheat leaf bidirectional reflectance measurements: Description and quantification of the volume, specular and hot-spot scattering features // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 26–35.
- Dematté J.A.M., Fioriob P.R. Ben-Dorc E.* Estimation of soil properties by orbital and laboratory reflectance means and its relation with soil classification // *Open Rem. Sens. J.* 2009. V. 2. P. 12–23.
- Fontana F.M.A., Coops N.C., Khlopenkov K.V., Trishchenko A.P., Riffler M., Wulder M.A.* Generation of a novel 1 km NDVI data set over Canada, the northern United States, and Greenland based on historical AVHRR data // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 171–185.
- Gitelson A.A., Peng Y., Masek J.G., Rundquist D.C., Shashi Verma, Andrew Suyker, John M. Baker, Jerry L. Hatfield, Meyers T.* Remote estimation of crop gross primary production with Landsat data // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 404–414.
- Justice C.O., Townshend J.R.G., Vermote E.F. et al.* An overview of MODIS Land data processing and product status // *Rem. Sens. Environ.* 2002. V. 83. P. 3–15.
- Long D., Singh V.P.* A Two-source Trapezoid Model for Evapotranspiration (TTME) from satellite imagery // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 370–388.
- Maxwell S.K., Sylvester K.M.* Identification of “ever-cropped” land (1984–2010) using Landsat annual maximum NDVI image composites: Southwestern Kansas case study // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 186–195.
- Povkh V., Shljakhova L., Garbuzov G.* Operational Monitoring of the Agricultural Production Based on the Observation MODIS Data as a Support for Improving Regional Planning // *Proc. 31th ISRSE.* June 20–25, 2005. St. Petersburg. P. 421–424.
- Povkh V.I., Vorobeychik E.A., Shljakhova L.A. et al.* Detailed monitoring of agricultural production based on the MODIS radiometer data // *Proc. SPIE: Rem. Sens. Agricult., Ecosyst., and Hydrology.* 2004. V. 5232. P. 548–552.
- Qu M., Li W., Zhang C., Wang S.* Effect of Land Use Types on the Spatial Prediction of Soil Nitrogen // *GIScience and Rem. Sens.* 2012. V. 49. № 3. P. 397–411.
- Shljakhova L.A., Povkh V.I., Garbuzov G.P.* MSS/Resource-01 imagery for crop growth and yield studies // *IRS 2000: Current Problems in Atmospheric Radiation.* Virginia, 2001. P. 133–135.
- Vina A., Bearer S., Zhang H., Ouyang Z., Liu J.* Evaluating MODIS data for mapping wildlife habitat distribution // *Rem. Sens. Environ.* 2008. V. 112. P. 2160–2169.
- Vina A., Hebery G.M., Gitelson A.* Satellite monitoring of vegetation dynamic: Sensivity enhancement by the wide dynamic range vegetation index // *Geophys. Res. Lett.* 2004. V. 31. P. L04503.
- Vina A., Tuanmu M.-N., Xu W., Li Y., Jiaguo Q., Ouyang Z., Liu J.* Relationship between floristic similarity and vegetated land surface phenology: Implications for the synoptic monitoring of species diversity at broad geographic regions // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 121. P. 488–496.
- Wenwen C., Jinling S., Jindi W., Zhiqiang X.* High spatial- and temporal-resolution NDVI produced by the assimilation of MODIS and HJ-1 data // *Canad. J. Rem. Sens.* 2011. V. 37. № 6. P. 612–327, 10.5589/m12-004.
- Xian G., Homer C.G., Aldridge C.L.* Effects of Land Cover and Regional Climate Variations on Long-Term Spatiotemporal Changes in Sagebrush Ecosystems // *GIScience and Rem. Sens.* V. 49. № 3. 2012. P. 378–396.
- Zhang K., Hu B., Wang J., Pattey E., Smith A.M.* Improving the retrieval of the biophysical parameters of vegetation canopies using the contribution index // *Canad. J. Rem. Sens.* 2011. V. 37. № 6. P. 643–652, 10.5589/m12-006.

## Land Monitoring from Space of Agricultural Fields in the Southern Part of Russia

V. E. Zinchenko, O. I. Likhmanova, V. P. Kalinitchenko, A. I. Glukhov,  
V. I. Povkh, G. P. Garbuzov, L. A. Shljakhova

*Don Science and Technology Institute of Agriculture, Rassvet, Rostov Region*

*Institute of Soil Fertility Southern Russia, Persianovsky, Rostov Region*

*Southern Regional Information and Analytical Center, Rostov-on-Don*

Characteristic features are shown of a packet technology of airspace data processing with different spatial resolution to assess the state of agricultural crops from a separate field to several fields for the selected administrative region. Procedures are employed of initial imagery geographical referencing to land use layers as well as of remote sensing data classification taking into account the crop rotation of the related canopies for the region under study.

**Keywords:** remote sensing of the Earth, agricultural production monitoring, classification of objects