# Оценка структуры посевов подсолнечника в Ставропольском крае по данным дистанционного зондирования спектрорадиометра MODIS

В.И. Повх, Г.П. Гарбузов, Л.А. Шляхова

Южный региональный информационно-аналитический центр (ЮРИА-Центр) 344082 Ростов-на-Дону, Буденновский проспект, 27 E-mail: dzz@dzz.ru

Данные дистанционного зондирования Земли и результаты их тематической обработки составляют информационную основу технологии независимого объективного мониторинга ряда параметров сельскохозяйственного производства, непосредственно связанных с радиометрическими свойствами агроценозов. При этом организационно мониторинг земель по данным ДЗЗ определен как измерительная система информационного обеспечения (ИСИО), включающая в себя программно-аппаратные комплексы приема, первичной обработки, тематического анализа данных ДЗЗ, электронные архивы и распределенные сети сбора и передачи информации. Основу подхода к построению космического мониторинга составляет выделение в качестве первичного объекта мониторинга отдельного поля, с уникальными характеристиками, выраженными в табличной и пространственной форме. Мониторинг целевой территории любого ранга складывается из анализа состояния всего множества полей, размещенных на этой территории. Выделяются три основных уровня целевых территорий: уровень хозяйства, уровень района и уровень области, для каждого из которых на базе однотипных методик тематического анализа данных ДЗЗ разрабатывается адаптированная к специфике управленческих задач подсистема ИСИО. Приоритетное значение имеет полномасштабное развертывание районных подсистем ИСИО с последующим развитием информационных возможностей за счет обобщения районных данных и интегрирования их в областную или краевую системы.

#### Введение

Настоящая работа посвящена решению одной из наиболее актуальных задач для Юга России – выделению посевных площадей подсолнечника в севообороте и оценке состояния посевов в предуборочной стадии. Для мониторинга посевов подсолнечника использованы данные красного (620-670 нм) и ближнего инфракрасного каналов (841-876 нм) спектрорадиометра МОDIS ИСЗ "Терра" с 250-метровым пространственным разрешением [1], полученные в период июнь-июль 2006 г.

Практическая реализация тематического анализа космических снимков среднего пространственного разрешения основана на новой технологии, включающей использование цифровых планов землепользования, построенным по данным космической съемки сверхвысокого разрешения. Классификация космических снимков проводилась по "пакетной" технологии, т.е. с анализом нескольких последовательных съемок целевой территории, полученных с достаточно большими временными интервалами, что позволяет решить задачу идентификации посевов подсолнечника в разных фазах вегетации на фоне изменения вегетационных индексов посевов других сельскохозяйственных культур, близких по спектрофотометрическим свойствам к подсолнечнику. Тематическая обработка снимков для решения поставленной задач выполнена в среде специализированного программного обеспечения ENVI 4.1 с использованием алгоритма классификации SAM (Spectral Angle Маррег) с пороговым значением 0.5 и применением обучающей выборки (тестовых участков), задающей количество и тематическое значение выделяемых классов (посевов различных сельскохозяйственных культур) [2].

Полученные оценки пространственного размещения посевов подсолнечника для территории 26 районов Ставропольского края в сочетании с достаточно высокой корреляцией с данными полевых исследований и материалами государственной статистики, свидетельствуют об объективном мониторинге текущего состояния данной культуры и возможности моделирования ее развития, включая прогноз урожайности подсолнечника в разрезе районов и в целом по краю.

#### Постановка задачи

Подсолнечник как предмет исследования, с одной стороны, является основной производственной культурой в структуре товарного сельскохозяйственного производства Юга России. С другой стороны, неисполнение хозяйствами структуры севооборота подсолнечника приводит к потере плодородия пашни. В этом заключается важность и актуальность поставленной задачи в экономике региона. Однако решение этой задачи связано с большими трудностями, поскольку подсолнечник – фенологически растянутая культура (скороспелый, среднеспелый и позднеспелый), удлиняется процесс уборки, фазы вегетации раздвинуты во времени, а разные сорта характеризуются различными спектральными особенностями, выраженными через дешифровочные признаки и параметры.

Если, как общая задача, мониторинг земель по данным ДЗЗ определен как измерительная система информационного обеспечения (ИСИО), включающая в себя программно-аппаратные комплексы приема, первичной обработки, тематического анализа данных ДЗЗ, электронные архивы и распределенные сети сбора и передачи информации, то данную работу следует рассматривать как разработку подсистемы с целью объективной оценки структуры посевов подсолнечника в масштабе края. Основу подхода к построению космического мониторинга составляет выделение в качестве первичного объекта мониторинга отдельного поля, с уникальными характеристиками, выраженными в табличной и пространственной форме. Мониторинг целевой территории любого ранга складывается из анализа состояния всего множества полей, размещенных на этой территории. Выделяются три основных уровня целевых территорий: уровень хозяйства, уровень района и уровень области, для каждого из которых на базе однотипных методик тематического анализа данных ДЗЗ разрабатывается адаптированная к специфике управленческих задач подсистема ИСИО. Приоритетное значение имеет полномасштабное развертывание районных подсистем ИСИО с последующим развитием информационных возможностей за счет обобщения районных данных и интегрирования их в областную систему.

# Цель работы

К основным целям работы относятся, во-первых, решение актуальной для юга России практической задачи по выделению посевных площадей подсолнечника по данным ДЗЗ на примере Ставропольского края, во-вторых, разработка информационно-измерительной системы обеспечения объективной инвентаризации структуры посевных площадей подсолнечника. Для достижения поставленных целей использованы следующие данные:

- данные спектрорадиометра MODIS ИСЗ "Терра" в красном (620-670 нм) и ближнем инфракрасном каналах (841-876 нм) с 250-метровым пространственным разрешением [3];
  - данные системы LANDSAT (2000-2002 гг.);
- результаты полевого обследования хозяйств Красногвардейского и Труновского районов Ставропольского края сотрудниками ЮРИА-Центра;
- данные государственной статистики о посевных площадях подсолнечника по Ставропольскому краю.

В блок наземного обеспечения оперативных исходных данных на период космической съемки включены также данные о метеоусловиях, степени увлажнения почв, внесении удобрений на поля. Особое внимание из долговременной опорной информации уделено сезонной динамике температуры воздуха, поскольку дата цветения зависит от суммы накопленных среднесуточных температур и варьирует для разных сортов подсолнечника.

Во время полевых обследований получены оценки состояния подсолнечника по представительной выборке тестовых полей, отражающих распределение основных зональных агроэкологических показателей. Выбор тестовых полей определялся стремлением отразить в тестовых выбор-

ках основные сорта подсолнечника, а также возможностью использовать систематические долговременные данные о состоянии существующих систем опытных, семеноводческих и исследовательских полей.

## Методическое обеспечение мониторинга

Учитывая низкую вероятность облачного покрова над территорией исследуемых районов Ставропольского края по сравнению с другими регионами в период сезонных космических съемок, использованы только сцены космических снимков с безоблачными измерениями земной поверхности, с удовлетворительным радиометрическим качеством и при полном покрытии целевой территории, включая пространственное пересечение разновременных снимков.

## Вспомогательная пространственная информация

При реализации информационной технологии мониторинга по данным ДЗЗ среднего пространственного разрешения (250 м) большое значение имеет поддержка тематического анализа пространственными данными, описывающими текущее землепользование. Качественно новым способом получения опорной пространственной информации является технология с использованием данных космической съемки высокого разрешения — это информация системы LANDSAT по целевой территории. Весь итоговый массив пространственных данных разбит на блоки, соответствующие отдельным районам, внутри блоков информация структурирована по землепользователям, внутрихозяйственное землеустройство описывается сквозной системой идентификационных номеров (ИН) для полей. Формат созданных планов землепользования обеспечивает совместимость как с геоинформационными системами (ГИС), так и с программами обработки изображений (в качестве обменного формата с ГИС приложениями принят формат цифровых данных Arc-View GIS).

#### Технология тематического анализа

Технология тематического анализа данных спектрорадиометра MODIS основана на использовании цифровых планов землепользования, построенных по данным космической съемки высокого разрешения (LANDSAT) с привлечением «пакетной» технологии, т.е. анализа нескольких последовательных съемок целевой территории, полученных с достаточно большими временными интервалами. По сравнению с известными методами дистанционной оценки параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным спектрорадиометра MODIS [4] подобный подход позволяет решить задачу идентификации посевов подсолнечника в разных фазах вегетации на фоне изменения вегетационных индексов посевов других сельскохозяйственных культур, близких по спектрофотометрическим свойствам к подсолнечнику. Кроме того, «пакетная» технология минимизирует объем необходимой опорной информации и затраты по ее получению.

«Пакетная» технология выделения посевов подсолнечника на фоне других активно вегетирующих сельскохозяйственных культур в какой-то степени компенсирует присущие данным спектрорадиометра MODIS информационные ограничения, связанные с небольшим числом каналов, пригодных для оперативного агроэкологического мониторинга. Дополнительно к этому, важное значение имеет использование данных высокого разрешения LANDSAT, которые позволили, несмотря на низкое пространственное разрешение спектрорадиометра MODIS, работать при дешифрировании в рамках пространственно-объектного подхода с надежным выделением в качестве объекта анализа каждое *отдельное поле* севооборота. Последовательно проведенный пространственно-объектовый подход, наряду с «пакетной» технологией обработки снимков, продемонстрировал возможность выявления достоверной структуры посевных площадей для всех 26

районов Ставропольского края по относительно небольшим наборам опорных данных. В рамках определения мониторинга земель по данным ДЗЗ как *измерительной системы информационного обеспечения* (ИСИО) «тестовая обучающая выборка» — это терминологический формат «пакетной» технологии, а «маски обработанных полей», созданные по данным высокого разрешения терминологический формат пространственно-объектного подхода.

На основе использования «пакетной» технологии обработки космических снимков, принятых станцией «СканЭр» 2 июня и 13 июля 2006 г., получены оценки посевных площадей подсолнечника для всех 26 районов Ставропольского края. Технология обработки космических снимков показана на рис. 1. Проверка результатов предложенной методики проводилась на основе сравнения с данными государственной статистики.

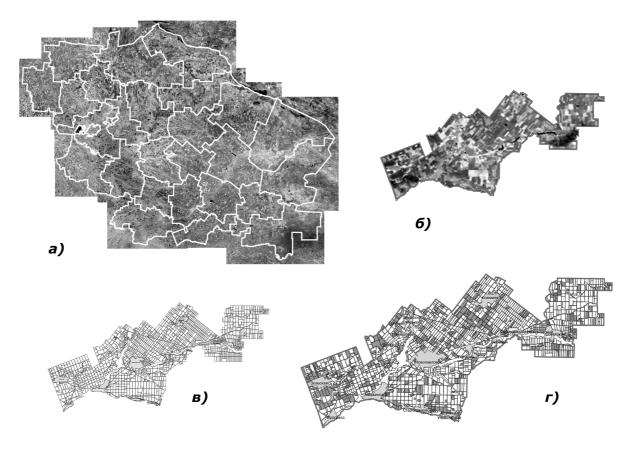


Рис. 1. Технология обработки космических снимков: а) композитное изображение Ставропольского края. Данные системы LANDSAT; б) Кировский район Ставропольского края. «Пакет» данных радиометра MODIS за 2 июня и 13 июля 2006 г., спектральные каналы с 250 м пространственным разрешением; в) векторный слой обрабатываемых полей Кировского района; г) выделение посевных площадей подсолнечника на основе тестовой обучающей выборки и маски обрабатываемых полей

## Результаты

Получена оценка посевных площадей подсолнечника по независимой методике на основе объективной спутниковой информации для 26 районов Ставропольского края. Результаты оценки посевных площадей подсолнечника могут быть отображены не только в табличной форме, но и в виде ситуационных планов, отображающих пространственное размещение посевов подсолнечника как в целом по краю, так и на уровне района, что может представлять большой интерес для решения управленческих, маркетинговых задач в области сельскохозяйственного производства. Пример подобного представления результатов анализа иллюстрирует рис. 2. Высокий коэффициент корреляции при сравнении данных ДЗЗ и материалов государственной статистики по оценке

посевных площадей подсолнечника (рис. 3) свидетельствует об успешном тестировании разработанной методики.

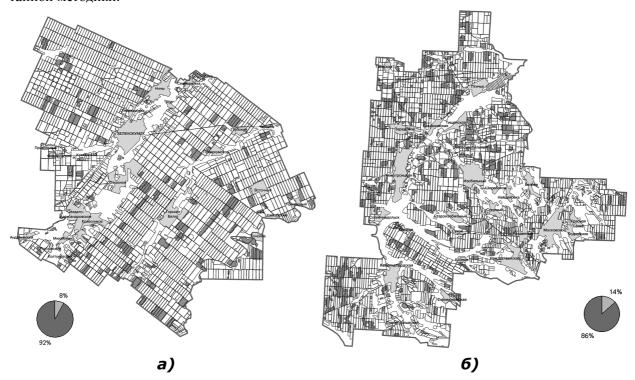


Рис. 2. Размещение посевов подсолнечника в Советском (а) и Изобильненском (б) районах Ставропольского края. На диаграммах показаны доли посевов подсолнечника в общей площади пашни районов

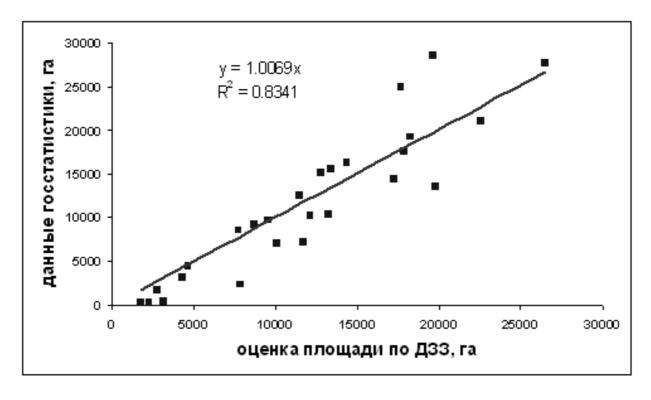


Рис. 3. Сравнение данных госстатистики и данных ДЗЗ

# Литература

- 1. Povkh V., Shljakhova L., Garbuzov G. Operational Monitoring of the Agricultural Production Based on the Observational MODIS Data as a Support for Improving Regional Planning // Proceedings of the 31 ISRSE. St.-Petersburg. 2005. P. 421-424.
- 2. *Повх В.И.*, *Гарбузов Г.П.*, *Шляхова Л.А*. Космический мониторинг сельскохозяйственных угодий Ростовской области // ИЗК. 2006. №3. С. 89-96.
- 3. *Justice C.O.*, *Townshend J.R.G.*, *Vermote E.F. et al.* An overview of MODIS Land data processing and product status // Remote Sensing of Environment. 2002. №83. P. 3-15.
- 4. *Барталев С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А., Савин И.Ю.* Дистанционная оценка параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды. Сборник научных статей. Том 2. М.: «GRAND polygraph», 2005. С.228-236.