

# Использование технологий дистанционного зондирования Земли для решения задач прогноза урожайности зерновых культур в Республике Адыгея

В.И. Повх<sup>1</sup>, Л.А. Шляхова<sup>2</sup>, Е.А. Воробейчик<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Южный региональный информационно-аналитический центр (ЮРИА-Центр)  
344082 Ростов-на-Дону, Буденовский, 27  
E-mail: [dzz@dzz.ru](mailto:dzz@dzz.ru)*

<sup>2</sup>*Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)  
344038 Ростов-на-Дону, Народного Ополчения, 2*

Приводится пример практической реализации одного из актуальных для Юга России аспектов концепции информационно-измерительной системы на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) - это оценка состояния зерновых сельскохозяйственных культур после перезимовки. Считая определяющим фактором в решении поставленной задачи состояние снежного покрова, проведен совместный анализ результатов классификации данных спутниковых съемок и гидрометеорологических наблюдений. Возможность использования информационных технологий на основе данных ДЗЗ для получения интегральных оценок условий зимовки озимых пшеницы и ячменя показана на примере Республики Адыгея.

**Ключевые слова:** данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), классификация данных спутниковых съемок, интегральные оценки, гидрометеорологические наблюдения, опорная наземная информация.

## Введение

Оценка состояния сельскохозяйственных культур в условиях зимовки рассматривается как одна из важнейших задач в основных зерносеющих субъектах Южного федерального округа (ЮФО). Современные средства ДЗЗ из космоса предоставляют уникальные возможности для решения данной задачи в масштабе региона или отдельной республики в составе ЮФО. На состояние сельскохозяйственных культур в условиях зимовки влияет большое количество факторов, отражающих качество посевного материала, соблюдение агрономических технологий сева, агрометеорологические характеристики в осенний период на этапах посева и всходов, рельеф ландшафтов, температура воздуха и количество осадков в зимний период и др. Однако, при соблюдении агрономических технологий и благоприятных природно-климатических факторах в осенний период условия зимовки сельскохозяйственных культур на Юге России в основном зависят от температуры воздуха и состояния снежного покрова. Определяющим можно считать состояние снежного покрова, т.к. оно влияет на жизненно важную характеристику для растений – температуру почвы на глубине узла кущения (температура почвы на глубине 3 см). Для оценки состояния снежного покрова на значительных территориях наиболее информативным является использование данных спутниковых съемок. Обсуждаются результаты совместного анализа тематических карт, составленных при обработке спутниковых снимков выделенных территорий, и метеорологической, а также картографической информации в осенне-зимний период 2007-2008 гг. как пример реализации дистанционного метода интегральной оценки условий зимовки озимых культур (пшеницы и ячменя) на территории Республики Адыгея.

## **Методические вопросы**

### ***Исходная информация данных дистанционного зондирования Земли***

Используемой информацией ДЗЗ являются данные спектрорадиометра MODIS, установленного на борту спутника Тетра, полученные как в оперативном режиме станцией «Скан-Эр», так и как долговременная информация. Исследования в области ДЗЗ в последние годы позволяют считать доказанным, что наиболее эффективно для сельскохозяйственного мониторинга использовать красный (620-670 нм) и ближний инфракрасный (841-876 нм) спектральные каналы прибора MODIS. Данные, получаемые в комбинации этих спектральных каналов (вегетационные индексы NDVI, RVI), наиболее информативны для изучения растительности и имеют максимально возможное для спектрорадиометра MODIS пространственное разрешение (250 м), что является необходимым условием для наблюдения полей сельскохозяйственных культур и оценки их состояния.

### ***Наземная опорная информация***

В блок наземного обеспечения оперативной исходной информации на период космической съемки включены данные о метеоусловиях территориальной сети гидрометеорологической службы, результаты оценки степени увлажнения почв, а также картографический материал по ландшафту. Особое внимание из наземной информации было уделено осенне-зимней динамике метеоданных, характеризующих минимальную суточную температуру воздуха как необходимого параметра в оценке состояния снежного покрова. Кроме того, для проведения тематического анализа космической информации необходимы обучающие выборки синхронно или квазисинхронно измеренных дистанционных и опорных наземных данных на специально отобранных тестовых участках посевов озимых сельскохозяйственных культур. Последние были получены как результаты полевого обследования тестовых хозяйств Красногвардейского района Республики Адыгея. В состав опорных наземных данных также включается информация о размещении и посевных площадях озимых сельскохозяйственных культур в тестовых хозяйствах.

### ***Обработка спутниковых данных***

Алгоритм классификации состояния озимых сельскохозяйственных культур включает анализ нескольких космических последовательных съемок целевой территории Республики Адыгея («пакетная» технология [1]), полученных в разные зимние, весенние месяцы, что позволяет решить задачу оценки состояния озимых культур в разных условиях зимовки по изменению величины их вегетационных индексов. В первой половине марта для оценки состояния озимых использовался перпендикулярный вегетационный индекс PVI, как наиболее репрезентативный в случае редкой растительности [2]. Для спутниковых данных второй половины марта использовался нормализованный относительный индекс растительности NDVI. Для интерпретации дистанционной информации создана выборка из сцен космических снимков с безоблачными измерениями земной поверхности, с удовлетворительным радиометрическим качеством и при полном покрытии целевой территории, включая пространственное пересечение разновременных снимков.

### **Оценка состояния озимых культур после перезимовки**

Анализ состояния посевов озимых пшеницы и ячменя для Красногвардейского района Республики Адыгея выполнен на основе использования «пакетной» технологии обработки космических снимков, принятых станцией «СканЭр» в период март-апрель 2008 г., а также наземной опорной информации по тестовым участкам. Тематическая интерпретация космических снимков по значениям вегетационных

индексов позволила получить оценку состояния озимых сельскохозяйственных культур по трем градациям (удовлетворительное, хорошее, отличное) по всей целевой территории, а также на уровне поля для всего района (табл. 1). Проведена количественная оценка площадей, соответствующих каждому из выделенных состояний сельскохозяйственных культур. В представленных результатах за 100% принята площадь, отведенная под каждую культуру (рис. 1). Отмечена тенденция перехода от удовлетворительного состояния в ранний весенний период (начало марта) к хорошему и отличному состоянию в поздний весенний период для всех озимых сельскохозяйственных культур и многолетних трав (рис. 1), что служит предпосылкой для прогноза высокой урожайности в уборочный период по данным дистанционного зондирования Земли.

Таблица 1. Значения вегетационных индексов для рассматриваемого периода времени

Временные интервалы	Оценка состояния озимых культур		
	отличное	хорошее	удовлетворительное
первая половина марта 2008 г. (RVI)	более 3,0	от 2,3 до 3,0	менее 2,3
вторая половина марта – первая половина апреля 2008 г. (NDVI)	более 0,5	от 0,33 до 0,5	менее 0,33
вторая половина апреля 2008 г. (NDVI)	более 0,65	от 0,33 до 0,65	менее 0,33

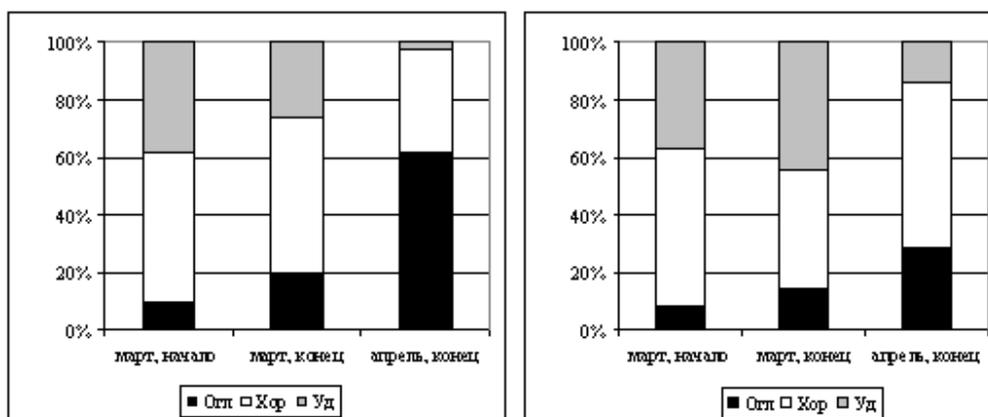


Рис. 1 Оценка состояния озимых культур по данным TERRA/MODIS для Красногвардейский района Республики Адыгея

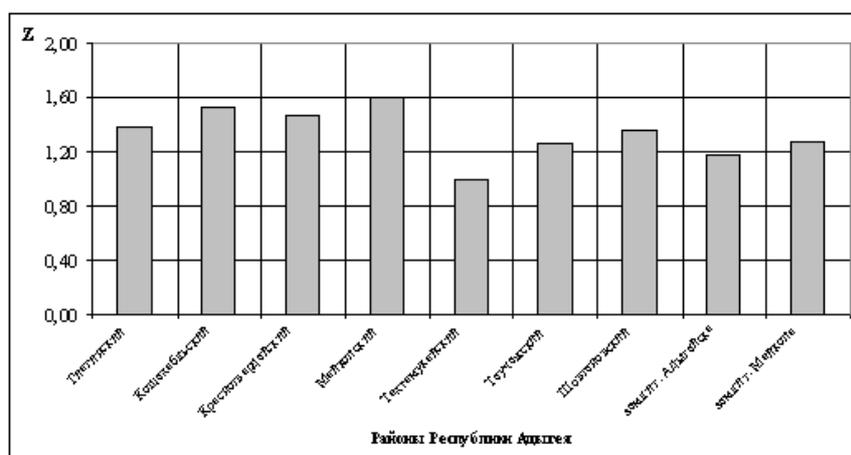


Рис.2 Интегральная оценка Z условий перезимовки озимых сельскохозяйственных культур для районов Республики Адыгея  
( $Z < 1$  – неблагоприятные условия,  $1 \leq Z < 2$  – благоприятные условия)

Таким образом, по независимой методике на основе объективной спутниковой информации получена оценка состояния озимых культур, представленная в виде диаграмм (рис. 1), обобщающих полученные результаты по положительной динамике в состоянии озимых культур в весенний период для Красногвардейского района Республики Адыгея.

### Оценка влияния снежного покрова на условия зимовки сельскохозяйственных культур

На состояние сельскохозяйственных культур (озимых) в период зимовки основное влияние оказывают гидрометеорологические условия, неблагоприятные значения которых или их сочетания могут приводить к стрессам, угнетению или гибели растений. Для оценки отрицательного влияния такого фактора, как действие сильных морозов или отсутствие снежного покрова, проведен совместный анализ спутниковых снимков, дающий возможность оценить состояние снежного покрова и метеоданных, характеризующих минимальную суточную температуру воздуха. Из серии спутниковых снимков, принятых со спутника Terra за рассматриваемый период отобраны пять сцен,

принадлежащих информативным интервалам времени и имеющие минимальное влияние облачности. По каждому из снимков проведена классификация состояния снежного покрова в программной среде ПК ENVI 4.1 и вычислены доли площади каждого класса на площади сельхозугодий по каждому району Республики Адыгея. На основании семейства функциональных агрометеорологических зависимостей А.М. Шульгина [3] вычислены порайонные значения температуры почвы на глубине узла кушения в зависимости от температуры воздуха (минимальной суточной) и состояния снежного покрова. Интегральная оценка состояния снежного покрова и температуры почвы на глубине узла кушения обозначается  $Z$  и представляется нормированными баллами в диапазоне от 1 до 3. Для снежного покрова значение балла, равное 1, соответствует отсутствию снежного покрова, а значение 3 – сплошному снежному покрову. По температуре значение балла, равное 1, соответствует достижению критического значения, угрожающего жизни растений. Для Республики Адыгея принималось, что критическое

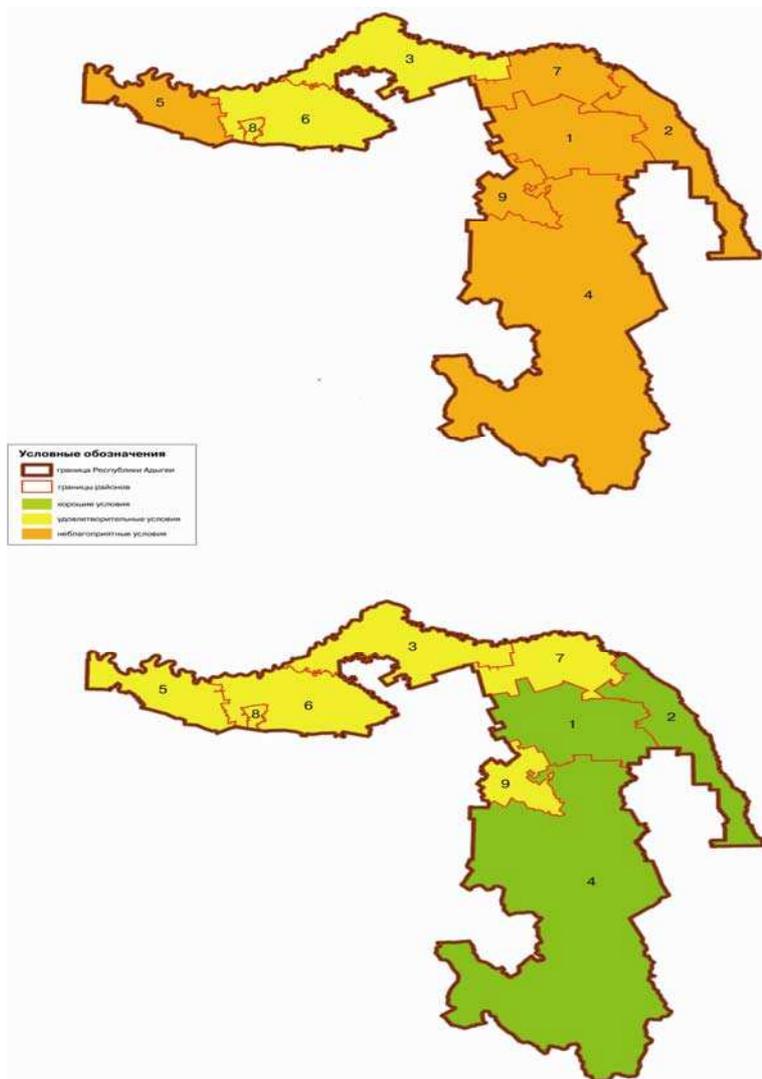


Рис.3 Тематическая карта интегральной оценки условий перезимовки озимых сельскохозяйственных культур для районов Республики Адыгея (декабрь 2007 г., январь 2008 г.)

значение температуры на глубине узла кушения составляет для озимой пшеницы от -16 до -18 градусов, а для озимого ячменя соответственно от -15 до -16 градусов. Результаты проведенного анализа на основе предложенного подхода к оценке условий зимовки с учетом влияния состояния снежного покрова на всей территории Республики Адыгея представлены в виде диаграммы с порайонной интегральной оценкой (рис. 2), а также в виде картосхем для зимних месяцев 2007–2008 гг. (рис. 3), отражающих три степени условий перезимовки: удовлетворительное, хорошее и отличное. Снижение бальности и ухудшение условий в январе 2008 г. (рис. 3) объясняется понижением температуры воздуха в первой половине месяца и отсутствием снежного покрова в некоторых районах.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об удовлетворительных условиях зимовки сельскохозяйственных культур по всем районам Республики Адыгея.

Сравнение результатов обработки спутниковых данных по значениям вегетационных индексов с целью оценки состояния озимых сельскохозяйственных культур (рис. 1) при положительной динамике в весенний период и результатов анализа условий перезимовки, проведенным по гидрометеорологическим данным (рис. 2-3), констатирует их согласованность и свидетельствует о причинах нескольких градаций состояния озимых сельскохозяйственных культур в ранневесенний вегетационный период на территории Республики Адыгея.

### **Заключение**

Решение актуальной для Республики Адыгея для юга России задачи по оценке состояния озимых культур после перезимовки на основе вегетационных индексов, полученных по данным TERRA/MODIS, имеет практическую значимость для Юга России, поскольку предложенная технология позволяет зафиксировать динамику развития озимых сельскохозяйственных культур и дает возможность оценить успешность проводимых агротехнических мероприятий. Полученные результаты являются основным сегментом информационно-измерительной системы обеспечения прогноза урожайности озимых культур.

### **Литература**

1. *Повх В.И., Шляхова Л.А., Гарбузов Г.П.* Оценка структуры посевов подсолнечника в Ставропольском крае по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сб. научных статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2006. Т. II. С.381–386.
2. *Барталев С.А., Луян Е.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, потенциально опасных объектов и явлений. Сб. научных статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т. II. С.228 – 236.
3. *Шульгин А.М.* Агрометеорология и климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 200 с.

# Application of the Earth's remote sensing technologies to solve problems of the grain-crops yield forecast in Adygeya Republic

V.I. Povkh, L.A. Shlyakhova, E.A. Vorobeychik

*South Regional Information & Analytical Centre*

*E-mail: [dzz@dzz.ru](mailto:dzz@dzz.ru)*

An example is given of the practical realization of one of the urgent aspects of the information and measurement system concept for the South of Russia using remote sensing data of the Earth (RSDE). This concept is concerned with the agricultural grain-crops condition assessment after wintering. Considering the snow cover state as a definite factor in the solution of the asserted problem, a joint analysis is conducted of the satellite data classification results and the hydro-meteorological observations. An opportunity of the information technologies application using the RSDE is shown on the Adygeya Republic's example to gain integral estimates of the winter wheat and barley condition after wintering.

**Keywords:** remote sensing data, the satellite data classification, hydro-meteorological observations, integral estimates, data base of ground observations.