

## ПОЛУЧЕНИЕ, ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

**В. П. Якушев, А. Ф. Петрушин**

*ГНУ Агрофизический научно-исследовательский институт Россельхозакадемии*

*Гражданский проспект, 14, Санкт-Петербург, 195220*

*E-mail: vyakushev@agrophys.ru, apetrushin@agrophys.ru*

*Поступила в редакцию 31 мая 2013 г., принята к печати 05 июня 2013 г.*

Рассмотрены возможности получения, обработки и оценки состояния сельскохозяйственных полей по данным дистанционного зондирования, позволяющие оперативно определять состояние мелиоративных систем, составлять карты мелиоративных систем и в совокупности с наземными исследованиями вырабатывать рекомендации по проведению восстановительного ремонта объектов водной мелиорации.

**Ключевые слова:** данные дистанционного зондирования, гиперспектрометр, дешифровка снимков, анализ изображений, анализ данных.

### ВВЕДЕНИЕ

Эффективность сельскохозяйственного производства Северо-Западного региона России напрямую зависит от характеристик водного режима обрабатываемых почв и их кислотности. С целью повышения продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в 70-х годах прошлого столетия был дан старт программе агромелиорации земель. С кислотностью земель боролись с помощью периодического известкования, а для обеспечения оптимальных водных характеристик возделываемых земель проводилась осушительная мелиорация путем прокладки открытых каналов и подземных дренажных систем. Как говорится в пункте 2.1 Положения о проведении планово-предупредительного ремонта мелиоративных систем и водохозяйственных сооружений в РСФСР, «мелиоративная сеть, водохозяйственные сооружения и их оборудование должны находиться под постоянным надзором персонала, ответственного за их сохранность и эксплуатацию». Но фактически в годы «перестройки» соответствующие работы не выполнялись, предприятия сельхозмелиорации были разрушены, а документация на ряд осушительных систем утрачена.

Возрождение плодородия земель сельскохозяйственного назначения необходимо начинать с осуществления мероприятий по их известкованию и работ по проведению капитального ремонта и реконструкции мелиоративных систем. Для оценки

состояния мелиоративных систем наиболее эффективным и наименее затратным представляется подход с использованием данных дистанционного зондирования.

Данные дистанционного зондирования позволяют успешно решать такие важнейшие для агропромышленного комплекса (АПК) задачи, как прогнозирование конечного результата (урожая) сельскохозяйственных культур (Шпаар и др., 2009); обнаружение чрезвычайных ситуаций на полях и оценивание рисков потерь урожая в зависимости от погодных условий и агромелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий, состояния защитных лесных насаждений; учет, инвентаризация и классификация земель с одновременным формированием специализированных крупномасштабных сельскохозяйственных планов и карт (Кулик, Юферев, 2010). В оперативном плане типичными задачами являются: обеспечение текущего контроля состояния посевов и коррекция производственного прогноза с помощью азотных подкормок (Матвеев, 2012); мониторинг темпов уборки урожая одновременно по территориям крупных регионов; определение емкости пастбищ различных типов и продуктивности сенокосов (Михайленко, 2008). Все это открывает возможности для реализации эффективного управления отраслью мелиоративного земледелия на хозяйственном, районном, региональном и федеральном уровнях.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования по применению данных дистанционного зондирования в системе точного земледелия начались в 2004 году на опытных полях Меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии (Ленинградская область, Гатчинский район, д. Меньково); общая площадь хозяйства 538 га., координаты центра хозяйства 59°25' с.ш. 30°01' в.д.

Для проведения работ по аэрофотосъемке обследуемых территорий специали-

стами АФИ был разработан беспилотный радиоуправляемый летательный аппарат (БРЛА), предназначенный для оперативного обследования сельскохозяйственных угодий и мониторинга состояния посевов (рис. 1). Мобильность получения и обработки информации позволяет в кратчайшие сроки выделять однородные технологические зоны поля для дифференцированного внесения удобрений и применения других агрохимикатов (Якушев и др., 2010).



Рис. 1. Радиоуправляемый беспилотный летательный аппарат для аэрофотосъемки

Целевой функцией БРЛА является получение, обработка, анализ и передача пользователю оперативной визуальной и телеметрической информации в реальном масштабе времени. Аэрофотосъемка осуществляется синхронно в видимом и инфракрасном диапазонах с помощью двух цифровых фотокамер. Для получения снимков в инфракрасном диапазоне была осуществлена переделка цифрового фотоаппарата Canon EOS M (для получения снимков в диапазонах от 500 нм до 1000 нм.), а с помощью инфракрасного фильтра устанавливался конкретный интересующий диапазон (680 нм, 720 нм, 760 нм, 850 нм, 950 нм). Результаты обследования полей с помощью БРЛА предназначены для формирования

базы данных информационного обеспечения мелиоративного земледелия.

С 2011 года на опытных полях Меньковского филиала АФИ ведутся исследования по калибровке и оценке оптической информации, получаемой с гиперспектральной аппаратуры, установленной на борту самолета АН-12. В 2011 и 2012 годах информация получалась с гиперспектрометра в диапазоне от 458 нм до 848 нм в 289 каналах с шириной спектральной зоны 1 нм в начале диапазона и 9 нм в конце диапазона, а в 2013 году планируется исследовать информацию, получаемую в этом же диапазоне, но в 1200 спектральных каналах. Также для оценки состояния опытных полей используются космические снимки со спутника Landsat.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для полученных с помощью летательных аппаратов снимков сначала необходимо провести процедуры географической привязки и ортокоррекции. Ортокоррекция проводится в связи с тем, что в процессе съемки камера направлена не строго перпендикулярно к земле. Для проведения же географической привязки, в свою очередь, необходимо сопоставить контрольные точки на снимке с реальными координатами на поле, измеренными профессиональным GPS-приемником с высокой точностью. В частности, контрольных точек должно быть не менее трех, и расположены они должны быть в разных углах снимка. Необходимо учитывать и тот факт, что начало оси координат снимка находится в левом верхнем углу и координаты по оси Y увеличиваются вниз, а на оси X отсчет производится слева направо.

Для автоматизации и упрощения процедуры географической привязки снимков, а также их обработки нами было разработано специализированное программное обеспечение. На рис. 2 показано диалоговое окно сопоставления точек снимка с реальными координатами на поле. После сопоставления точек снимка с реальными точками исследу-

емого объекта в разработанном программном обеспечении происходит его автоматическая трансформация. Результатом данного преобразования является снимок, в котором каждый пиксель имеет координату глобальной системы позиционирования, что в дальнейшем позволяет получать информацию с обрабатываемых снимков, уже привязанную к глобальной системе координат.

Наиболее важным этапом исследования является обработка и оценка аэрофотоснимков. Разработанная и апробированная специалистами АФИ технология визуального и автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков позволяет охарактеризовать состояние осушительной мелиоративной системы и определить её точное местоположение в глобальной системе координат. Так, на рис. 3 показана мелиоративная система с закрытыми дренажами и осушительными каналами. На данном снимке четко просматривается осушительный канал с подходящей к нему сетью закрытой дренажной системой. Также в левой части снимка отчетливо видно, что закрытая дренажная система закупорена и не происходит отток влаги, что привело к заболачиванию и зарастанию территории кустарником.

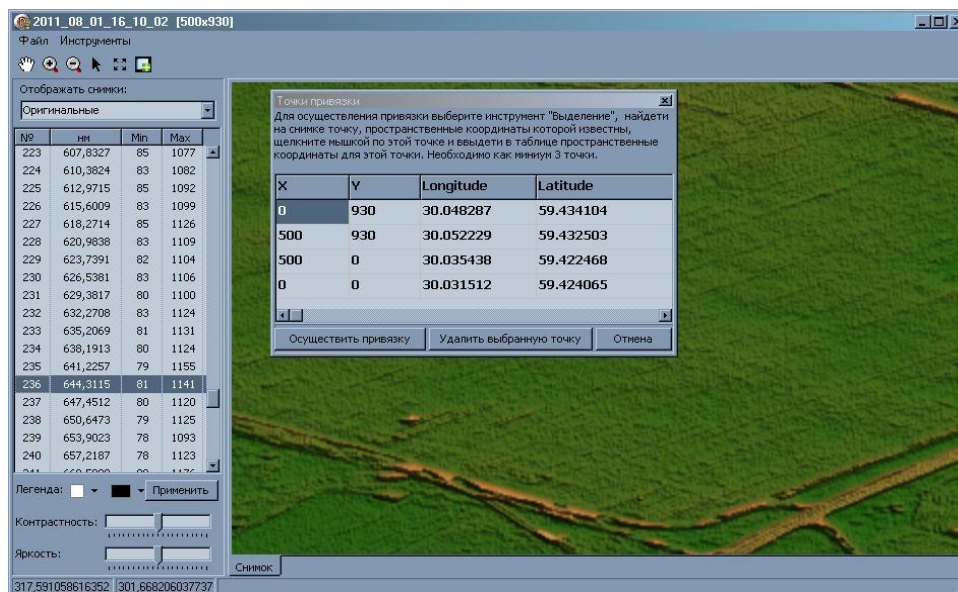


Рис. 2. Сопоставление координат снимка с координатами глобальной системы координат



Рис. 3. Мелиоративная система с закрытыми дренами и открытыми осушительными каналами

В этой связи важно отметить, что аэрофотоснимки позволяют оперативно произвести оценку закустаренности сельскохозяйственных полей, рассчитать соответствующие площади вымочек и спланировать объемы агромелиоративных работ. В качестве примера на рис. 4 приведена визуальная «картинка» открытой осушительной системы, где можно наблюдать полное зарастание каналов кустарником, что указывает на необходимость проведения их очистки от растительности.

Перспективным направлением мониторинга земель являются гиперспектральная съемка и анализ гиперспектральных изображений как наиболее эффективные и быстро развивающиеся информационные технологии обработки данных дистанционного зондирования (ДЗЗ). Гиперспектральные снимки, в отличие от других данных ДЗЗ, позволяют получать более точную и детальную информацию. Данные о величине отражения энергии от объектов земной поверхности дают обширный материал для решения задач идентификации объектов исследуемой поверхности, определения их состояния и

динамики, выделения различий между близкими классами. Как показано на рис. 5, выделение однородных зон на основе данных гиперспектральной съемки позволяет установить зоны неоднородности, но точно определить состояние растительности в данных зонах можно только при детальном наземном исследовании. В качестве примера можно отметить, что на рис. 5 большая зона, выделенная фиолетовым цветом, при изучении в поле показала зону переувлажнения, которая возникла из-за неработающей закрытой дренажной системы.

При визуальной оценке гиперспектральных снимков каждый спектральный канал представляет собой монохроматическое изображение. Для визуального определения наиболее информативной комбинации спектральных каналов был разработан модуль генерации композитных снимков (рис. 6), позволяющий получать цветное (RGB) изображение, состоящее из трех спектральных каналов. Данный подход позволяет визуально подобрать такую комбинацию спектральных каналов, при которой более четко выделяются зоны неоднородности.



Рис. 4. Заросшие открытые осушительные каналы

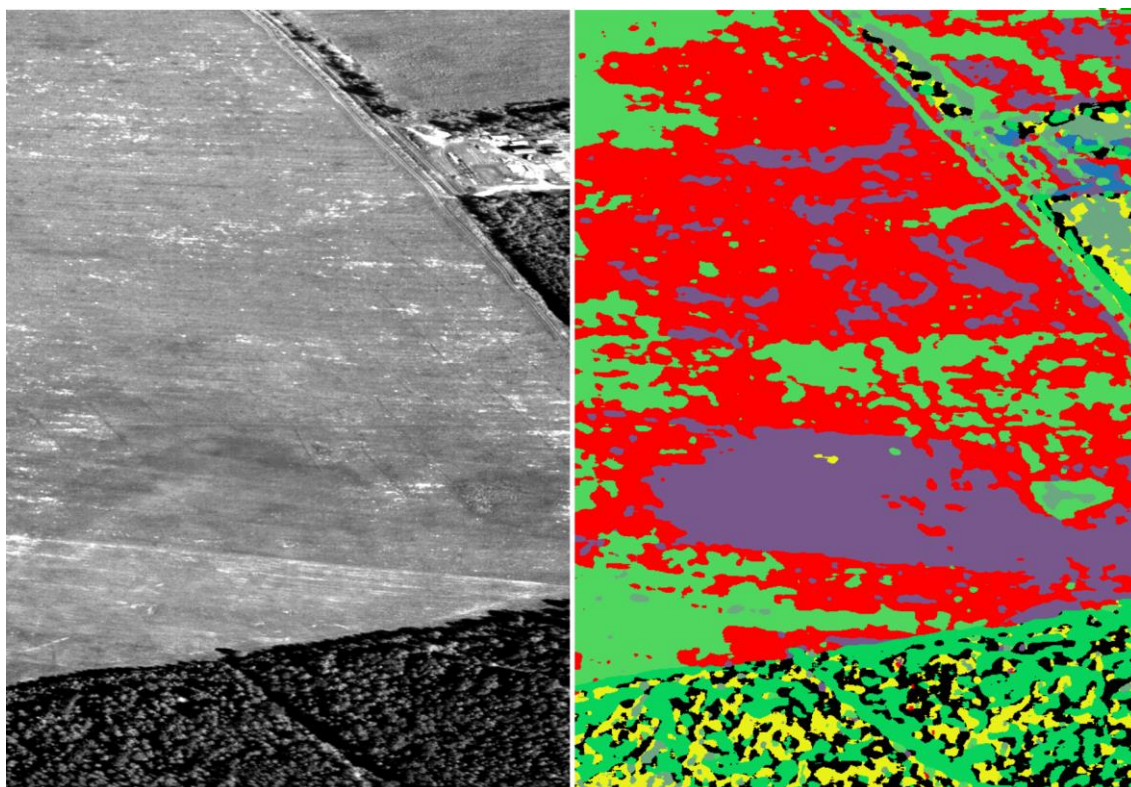


Рис. 5. Оценка состояния дренажной системы по данным гиперспектральной съемки

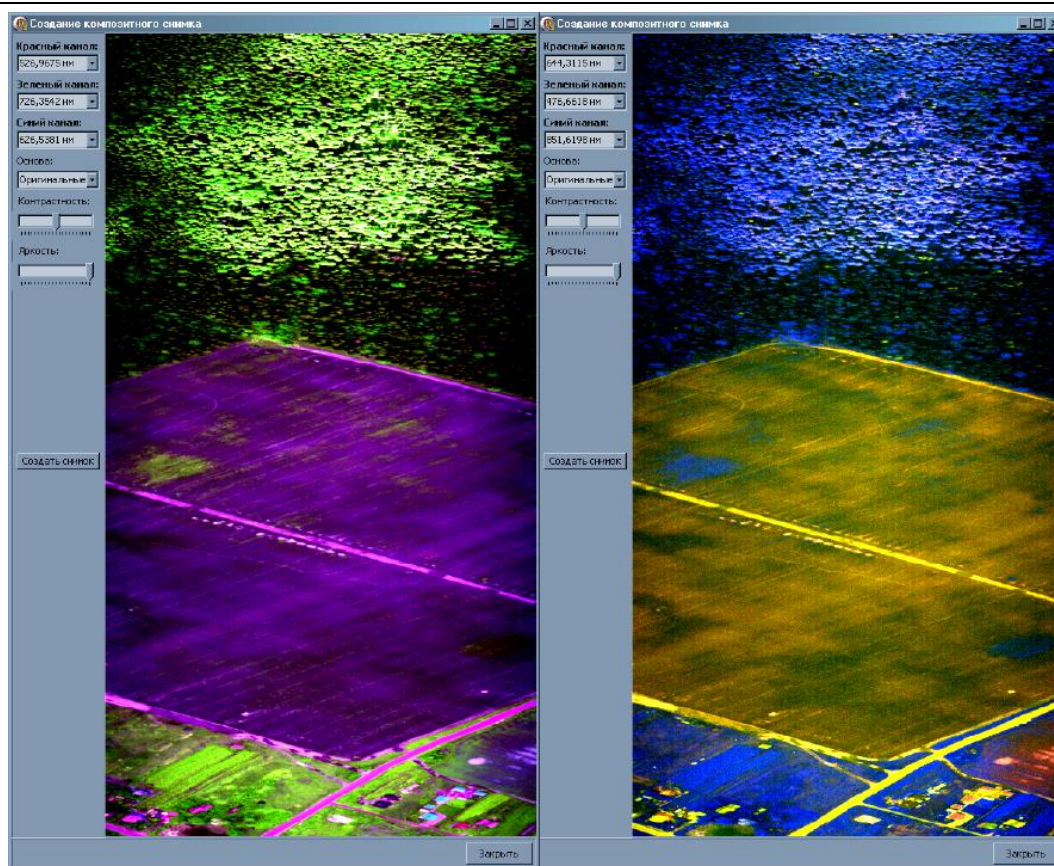


Рис. 6. Диалоговое окно генерации композитного снимка

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка состояния сельскохозяйственных полей по данным дистанционного зондирования позволяет получить обширный пул качественной пространственной информации об агробιοлогическом состоянии посевов и среды их обитания, оперативно определять состояние мелиоративных систем, составлять карты мелиоративных систем, проводить оценку водного баланса и в совокупности с наземными исследованиями выработать рекомендации по проведению реконструкции или капитального ремонта объектов водной мелиорации. Всю данную информацию в дальнейшем планируется включать в базу данных разрабатываемой системы поддержки агро мелиоративных решений для выработки рекомендаций по планированию и управлению агротехническими мероприятиями на сельскохозяйственных полях в рамках отдельных хозяйств (Петрушин, 2012).

Вместе с тем, несмотря на актуальность и высокую эффективность, дистанционное зондирование сельхозугодий в информационном обеспечении мелиоративного земледелия пока не получило широкого распро-

странения. Основными факторами, сдерживающими применение дистанционного зондирования земли в АПК, являются недоступность для специалистов сельскохозяйственного производства оперативных аэро- и космоснимков, отсутствие достаточного научного задела в данной области, а также несоответствие технической базы систем спутникового и авиационного зондирования содержанию задач аграрного профиля. Так, по данным Федерального космического агентства «Роскосмос», для аграрного сектора может использоваться в настоящее время только один отечественный космический аппарат «Ресурс-ДК1», который не удовлетворяет ряду требований АПК по спектральным диапазонам и разрешающей способности. По мнению агентства, для выхода России на современный уровень рынка космических услуг по предоставлению данных дистанционного зондирования земли первоочередной задачей является разработка перспективных гиперспектральных приборных средств, использование которых позволит эффективно осуществлять мониторинг состояния посевов, почвенного покрова, водохозяйственных и лесных объектов.

С другой стороны, дистанционное зондирование представляет собой косвенное наблюдение или измерение состояния земной поверхности. Данный подход позволяет получать вместо конкретных параметров состояния посевов и почвенного покрова только некоторые связанные с ними оптические показатели отражения. Поэтому остается актуальной разработка новой теории дешифрирования и эффективных методов оценивания и диагностики состояния посевов и среды их обитания по оптической информации. Новая теория, разрабатываемые методы и подходы нуждаются в широкой апробации и валидации на конкретных объектах АПК.

В этой связи весьма своевременным мероприятием стало рассмотрение в конце апреля 2013 года вопроса «Развитие дистанционных технологий мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, объектов водохозяйственного и лесного комплексов» на совместном заседании бюро Отделения земледелия, Отделения мелиорации, водного и лесного хозяйств, Отделения защиты растений и биотехнологий и Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии. Ученые академии, приглашенные специалисты ФКА «Роскосмос» и других организаций, оценив состояние и перспективы развития технологий мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, наметили пути их совершенствования совместными усилиями. На данном заседании было принято постановление, где, в частности, были сформулированы следующие приоритетные исследования по ДДЗ:

- Считать важнейшим направлением в работе научных учреждений отделений Россельхозакадемии проведение фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по разработке методов и программно-технических средств управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур на базе комплексного применения наземных систем наблюдения и средств дистанционного зондирования посевов и среды обитания растений, объектов водохозяйственного и лесного комплексов;

- На базе научно-исследовательских учреждений Россельхозакадемии создать сеть базовых тестовых полигонов для верификации данных дистанционного зондирования Земли, валидации спутниковых снимков по данным авиационных и наземных наблюдений, а также для отработки новых технологий в земледелии и мелиорации;

- Агрофизическому НИИ подготовить программу проведения исследований в НИУ Россельхозакадемии по изучению специфических и неспецифических оптических характеристик растений при дефиците основных макро- и микроэлементов с целью разработки критериев и методов выявления вида и степени обеспеченности растений элементами питания;

- Для координации исследований и разработки дистанционных технологий мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, объектов водохозяйственного и лесного комплексов создать Научный совет с привлечением ученых и специалистов ФКА «Роскосмос» и других организаций данного профиля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кулик К. Н., Юферев В. Г. 2010. Компьютерное математико-картографическое моделирование агролесоландшафтов на основе аэрокосмической информации // Доклады РАСХН. № 1. 2010. С. 52–54.
- Матвеев Д. А. 2012. Дифференцированное внесение азотных удобрений на основе оценки оптических характеристик посевов яровой пшеницы. Автор. канд. дисс. СПб., АФИ.
- Михайленко И. М. 2008. Прогнозирование состояния травостоя в системе управления качеством кормов в молочном животноводстве // Вестник Россельхозакадемии, № 2. С. 10–13.
- Петрушин А. Ф. 2012. Опыт разработки программного обеспечения для обработки и дешифрирования гиперспектральных аэрофотоснимков. // Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. (к 80-летию Агрофизического НИИ). Материалы Международной конференции. Санкт-Петербург, 20–21 сентября 2012 г. СПб.: Любавич. С. 540–543.
- Шпаара Д., Захаренко А. В., Якушева В. П. (ред.). 2009. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture). СПб-Пушкин. 397 с.
- Якушев В. П., Канаш Е. В., Конев А. А., Ковтوخ С. Н., Лекомцев П. В., Матвеев Д. А., Петрушин А. Ф., Якушев В. В., Буре В. М., Осипов Ю. А., Русаков Д. В. 2010. Теоретические и методические основы выделения однородных технологических зон для дифференцированного применения средств химизации по оптическим характеристикам посева (практическое пособие). СПб. 59 с.

